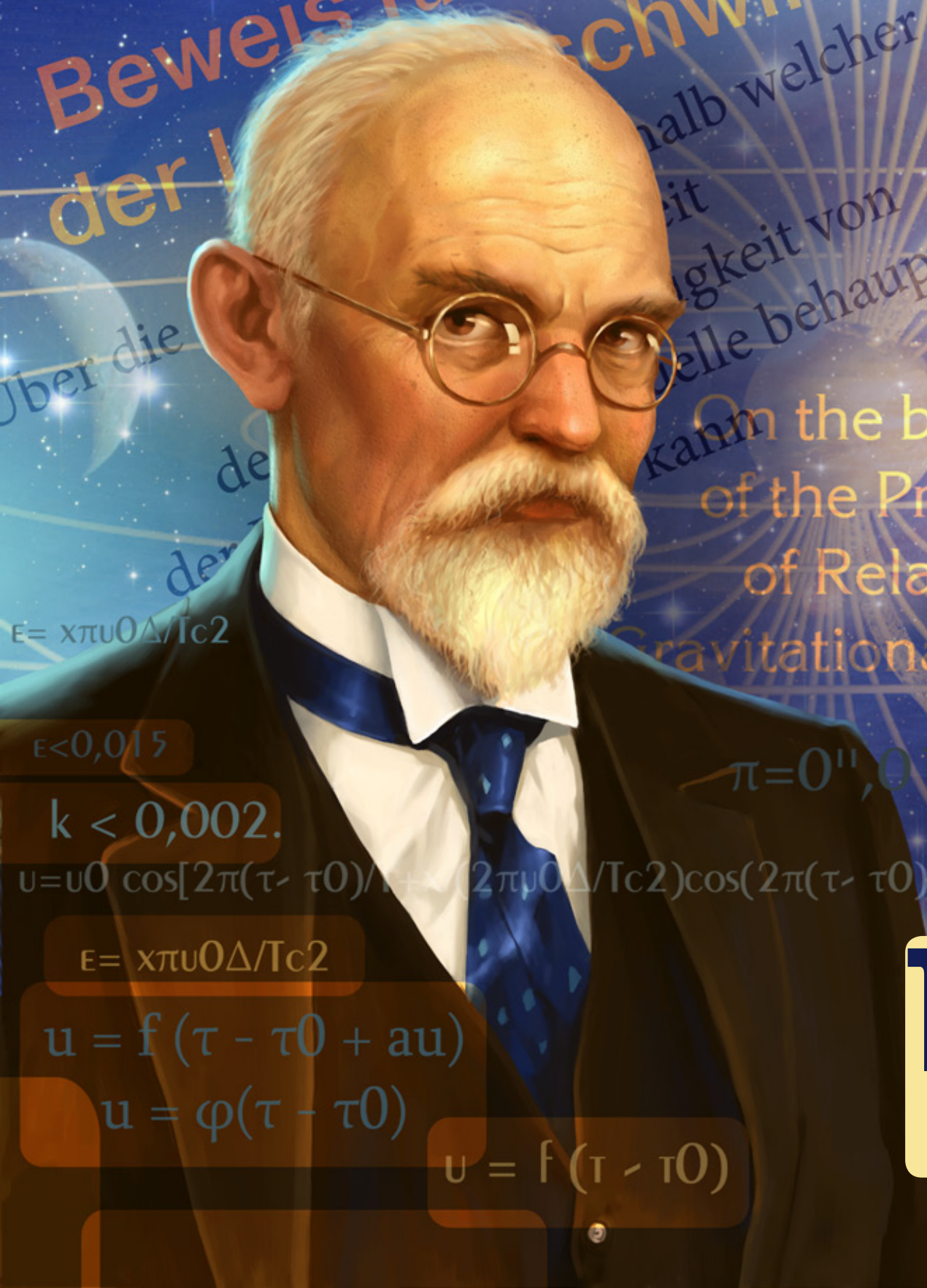


МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



$$E = \chi \pi u_0 \Delta / T c^2$$

$$\epsilon < 0,015$$

$$k < 0,002.$$

$$u = u_0 \cos[2\pi(\tau - \tau_0)/T] + \chi (2\pi u_0 \Delta / T c^2) \cos(2\pi(\tau - \tau_0)/T)$$

$$E = \chi \pi u_0 \Delta / T c^2$$

$$u = f(\tau - \tau_0 + a u)$$

$$u = \varphi(\tau - \tau_0)$$

$$u = f(\tau - \tau_0)$$

On the bearing  
of the Principle  
of Relativity

Gravitational Astron

$$\pi = 0'', 014, \epsilon = 0,0$$

12  
2013  
Часть I

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (59) / 2013

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.**

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

**Ответственный редактор:** Кайнова Галина Анатольевна

**Международный редакционный совет:**

Айрян Заруи Геворковна, *кандидат филологических наук, доцент (Армения)*

Арошидзе Паата Леонидович, *доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)*

Атаев Загир Вагитович, *кандидат географических наук, профессор (Россия)*

Велковска Гена Цветкова, *доктор экономических наук, доцент (Болгария)*

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, *доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)*

Игисинов Нурбек Сагинбекович, *доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)*

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

Нагервадзе Марина Алиевна, *доктор биологических наук, профессор (Грузия)*

Прокопьев Николай Яковлевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Прокофьева Марина Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)*

Ребезов Максим Борисович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)*

Хоналиев Назарали Хоналиевич, *доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)*

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

**Художник:** Евгений Шишков

**Верстка:** Павел Бурьянов

На обложке изображен Виллем де Ситтер (1872–1934) — нидерландский астроном.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: info@moluch.ru; http://www.moluch.ru/.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Конверс», г. Казань, ул. Сары Садыковой, д. 61

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

<b>Евстегнеева А.С.</b> Применение компьютера в курсе математики средней школы .....	1
<b>Крымская Ю.А., Титова Е.И., Ячинова С.Н.</b> Построение математических моделей в прикладных задачах.....	3
<b>Пономаренко А.Н.</b> Метод суммирования расходящихся рядов путем сведения к повторному ряду .....	6
<b>Расулова З.Д.</b> Построение резольвенты обобщенной модели Фридрихса .....	18
<b>Редькина Т.В., Кучукова Н.Н.</b> Построение 2+1-мерных интегрируемых уравнений.....	20
<b>Силин Е.С.</b> Сильные средние уклонений операторов Валле Пуссена .....	25

### ФИЗИКА

<b>Горбачкова Л.А.</b> Педагогические технологии на службе у физики.....	33
<b>Григорьева Ж.В.</b> Организация исследовательской деятельности учащихся по физике .....	35
<b>Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Козлов А.М., Бесклеткин В.В., Авдеев А.С., Чернов М.В., Габзалилов Э.Ф., Киряков Г.А.</b> Моделирование системы АИН ШИМ — асинхронный двигатель ( $Z_1 = 6$ ) с классическим типом обмотки индуктора.....	37

<b>Хасанов М.К.</b> Особенности разложения газогидрата в пористой среде .....	48
---	----

### ХИМИЯ

<b>Барышникова Е.А., Забенькина Е.О.</b> Использование адсорбционных свойств глауконита бондарского месторождения Тамбовской области в процессах водоподготовки .....	52
<b>Бекмурадова Ф.К.</b> К разработке задач современного контекста химии в изучении теоретико-методологических аспектов преподавания.....	55
<b>Козырева А.Ю., Калугин А.А.</b> Исследование влияния добавок некоторых спиртов на экстракционно-фотометрическое определение алюминия .....	56
<b>Шмаль И.И.</b> Расчет суспензий в выпарных аппаратах .....	59

### ИНФОРМАТИКА

<b>Агеева С.П.</b> Разработка мобильного приложения для связи администрации и жителей города ....	62
<b>Андреева А.Д., Меньшиков И.Л., Мокрушин А.А.</b> Обзор систем машинного перевода.....	64
<b>Варданян Н.А.</b> Приобретение обучающимися позитивного социального опыта через сетевой клуб «Клуб — 7Я» .....	66

<b>Гапонов И.Ю.</b> Сущность и методы функционирования скрытых каналов в пространственных областях изображения.....68	<b>Гарькин И.Н., Глухова М.В.</b> Устранение неравномерных осадок зданий на ленточных фундаментах..... 110
<b>Мусатенко К.А.</b> Компьютерная модель для лабораторной работы «Выбор оптимальной траектории движения транспортного робота с использованием задачи о коммивояжере» ..... 71	<b>Горячев Н.В., Меркульев А.Ю., Юрков Н.К.</b> Средства и методики анализа и автоматизированного выбора систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры... 112
<b>Пушкарева Ю.С., Раводин О.М.</b> Экспертная система, предназначенная для оптимального выбора сталей, испытывающих влияние агрессивных сред .....75	<b>Гягяева А.Г., Сорокина Л.А., Кожанова Е.Р.</b> Автоматизация отрисовки контура детали для подготовки управляющих программ для ЧПУ.. 115
<b>Романенко Ю.В., Раводин О.М.</b> Модель для исследования качества управления транспортным роботом .....79	<b>Данилов А.М., Болтышев С.А., Петренко В.О.</b> Многокритериальный синтез эпоксидного композита повышенной плотности ..... 118
<b>Симанков В.С., Юрченко А.С.</b> Установление тождественной связи информационного и репутационного рисков в общей структуре рисков органов государственной власти .....83	<b>Денисенко Е.П., Денисенко П.Е.</b> Четырехчастотный метод мониторинга волоконных решеток Брэгга ..... 122
<b>Устинова Л.В., Самойлова И.А., Фазылова Л.С.</b> Применение мультимедиа технологий при создании программы развития речи .....85	<b>Емельянова Т.А., Денисова А.П.</b> Определение теплопроводности слоев новой конструкции многослойной стены малоэтажных зданий ..... 125
<b>Юнусова Г.Н.</b> Компьютерно-интерактивное и индивидуально-групповое обучение предметам путём создания автоматизированной компьютерной программы .....88	<b>Калыгина Л.А., Савенкова В.В.</b> Применение адаптивных фильтров для анализа сигналов ..... 128
<b>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	
<b>Абдуллаев А.Б.</b> Методика расчета гранулометрического состава дисперсных материалов.....92	<b>Капустин А.Е., Данилов А.М.</b> Методы ранговой корреляции в маркетинге... 134
<b>Арискин М.В., Куценко Е.В.</b> Исследование статической работы клееных рам .....94	<b>Костин Д.А., Разуваев А.В., Кожанова Е.Р.</b> Автоматизация расчета дополнительного источника тепла..... 138
<b>Арискин М.В., Куценко Е.В.</b> Расчет многорядных соединений на клеенных шайбах в программном комплексе SCAD .....96	<b>Кущевский Н.А., Кошевка Ю.В.</b> Изучение процесса формирования материалов при комплексном воздействии динамических нагрузок и разных жидкостно-активных рабочих сред..... 141
<b>Безрукова Т.В., Мишустина С.Н., Асеева Е.Н., Мишустин О.А., Асеева С.Д.</b> Разработка 3D моделей резьбовых соединений ..... 100	<b>Меркульев А.Ю., Горячева Е.П., Юрков Н.К.</b> Открытая архитектура современного информационно-измерительного комплекса.. 147
<b>Будылина Е.А., Гарькина И.А., Сухов Я.И.</b> Математическое моделирование кинетических процессов в дисперсных системах..... 104	<b>Меркульев А.Ю., Юрков Н.К.</b> Обоснование выбора первичных преобразователей информационно-измерительного комплекса исследования теплоотводов..... 150
<b>Воронов В.В., Чурилин А.В.</b> Исследование реологических свойств импрегнатора ..... 107	<b>Москвин А.Ю.</b> Элементный анализ кроя исторического костюма..... 152
	<b>Мыца В.В., Домбровская О.Н.</b> Методические основы организации конструкции мужской рубашки Подолья ..... 158
	<b>Поздняков Е.В., Малюков С.В.</b> Машины для удаления пней и древесно-кустарниковой растительности на вырубках .. 161

<b>Пчелинцев И.А., Гарькина И.А.</b> Математическое моделирование композитов по экспериментальным данным.....	165	<b>Черепанов К.А.</b> Общие принципы формирования и развития (реконструкции) застройки с учетом ландшафтных свойств территории.....	189
<b>Решетникова Е.В., Гилева А.Е.</b> Геометрическая нелинейность в задаче расчета напряженно-деформированного состояния оболочек вращения .....	168	<b>Черепанов К.А.</b> Влияние организационно-административных свойств территории на развитие территории.....	195
<b>Скачков Ю.П., Снежкина О.В., Кочеткова М.В., Корнюхин А.В.</b> Особенности напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных элементов .....	172	<b>Чухланцева С.В., Ширяев С.А., Кащеев С.А.</b> Доставка грузов потребителям с использованием различных схем работы транспортных компаний .....	200
<b>Славинская А.Л., Гайдашевская Е.Б.</b> Прогнозирование развития ассортимента детской одежды по сезонам и назначению ....	175	<b>Шафиков Д.Р.</b> Разработка нечеткого алгоритма управления подачей топлива в двигатель, а также управления торможением колес автомобилей многоцелевого назначения .....	202
<b>Строев В.М., Куликов А.Ю., Ключева И.Н., Акиньшина В.С.</b> Разработка и исследование алгоритма коррекции ночных изображений бюджетных web-камер.....	180	<b>Яковлев А.А., Чибисов А.В., Раммус С.Ю., Сорокин В.С.</b> Использование программного модуля синтеза физического принципа действия для концептуального проектирования технологических лазеров на углекислом газе .....	206
<b>Фадеева Г.Д., Паршина К.С., Маркелова И.В.</b> Рентабельное использование нанотехнологий в строительных материалах .....	187		



# МАТЕМАТИКА

## Применение компьютера в курсе математики средней школы

Евстегнеева Алёна Сергеевна, магистр  
Челябинский государственный педагогический университет

Современное образование немыслимо без применения информационных технологий, которые проникли во все сферы человеческой деятельности. Компьютерные усовершенствования за короткий отрезок времени изменили традиционные взгляды на процессы изучения окружающего мира в образовательном аспекте. В современном мире уже невозможно представить себе обучение без мультимедийных технологий. Это касается и фундаментальной дисциплины — математики.

Принцип наглядности обучения в современном образовании — это использование разнообразных средств представления соответствующей учебной информации. При изучении математики очень важно понимать глубокий смысл исследуемых объектов, видеть суть решаемой задачи, а не только использовать стандартные алгоритмы для получения результата. Компьютер как средство обучения может быть результативно внедрен во все этапы учебного процесса. Тем не менее, прежде чем использовать компьютерные технологии на уроках, надо ответить на следующий вопрос: для каких тем школьного курса математики целесообразно прибегнуть к поддержке компьютера? Можно выделить следующие критерии отбора учебного материала по математике для эффективного применения компьютера как мощного инструментального средства: значительные затруднения или невозможность решения задач из этого раздела учебного материала с использованием других средств обучения; эффективность реализации аспекта математической деятельности; значимость данного материала для усвоения содержания учебного предмета; реальное решение задач такого типа на практике в условиях использования компьютерных средств. В качестве примера, мы приводим некоторые темы школьного курса математики, которые удовлетворяют выше обозначенным требованиям: приближенное решение уравнений; исследование поведения функций и построение их графиков; приближенное вычисление интегралов и площадей фигур; некоторые численные решения дифференциальных уравнений; приближенное вычисление объемов тел вращения, расстояния между двумя заданными в координатах

скрещивающимися прямыми, решение треугольников; решение практических задач, сводящихся к нахождению наибольшего и наименьшего значений функции; решение различных вычислительных задач из курса алгебры и начала анализа, геометрии. ([1]).

Рассмотрим, более детально, в качестве примера применения математического моделирования, следующую задачу: Пусть дана функция  $f(x) = \frac{\sin x}{x}$ . Используя

компьютер с соответствующих программным обеспечением, (для данной задачи мы использовали программу *Advanced Grapher 2.2*) необходимо выяснить, к чему стремится данная функция при  $x \rightarrow 0$ . ([3])

Применяя компьютерные средства, учащиеся получают таблицу значений данной функции, где в качестве начального значения аргумента сначала выбрано  $x=-2$ , а все остальные получаются по закону геометрической прогрессии со знаменателем  $q=0,5$ . Затем так же для начального значения  $x=2$ . Исходя из анализа полученной таблицы учащиеся приходят к выводу:  $\frac{\sin x}{x} \xrightarrow{x \rightarrow 0} 1$ .

Данный вычислительный эксперимент не может считаться математическим доказательством, тем не менее, он является эффективным методическим инструментом в формировании понятия предела функции на интуитивно-наглядной основе. Такое применение компьютера открывает новые возможности для форм учебной деятельности учащихся, связанных с наблюдением и опытом, позволяющим предвидеть, самостоятельно открыть тот или иной математический факт. ([2])

Приложение компьютерных технологий просто необходимо для более эффективного и продуктивного изучения такой отрасли математики как геометрия. Как показывает практика, большинство учащихся испытывают определенные трудности при построении и анализе стереометрических чертежей. Эта проблема является следствием естественных причин, ведь при построении стереометрического чертежа обучающиеся должны придерживаться правил построения изображений пространственных фигур, что приводит к искажению начальной

формы их плоских составляющих. Из этого можно сделать вывод, что в базовом курсе геометрии, построенном на принципе «Я — в пространстве», формирование и развитие умений учащихся строить и анализировать стереометрические чертежи — одна из центральных дидактических целей. Реализация именно этой дидактической цели и призвано служить использование компьютерных технологий в учебном процессе по геометрии, в особенности на начальных стадиях базового курса. Использование компьютера вносит в ход формирования и развития пространственного мышления учащихся ряд безусловных преимуществ, которыми в частности являются: исследование свойств геометрических фигур на основе их плоских изображений в зависимости от изменений внешних и внутренних характеристик на динамично меняющемся чертеже; возможность одновременной работы с несколькими экземплярами изображения одной и той же пространственной фигуры, полученными в различных проекциях; возможность выполнять построения на изображении данной фигуры в соответствии с условиями задачи, получая последовательность стереометрических чертежей, отражающую основные этапы построения; исследовать свойства пространственных фигур методом перехода к оригиналу их плоских элементов.

В качестве примеров коллективных и индивидуальных форм организации деятельности учащихся на основе компьютерных технологий рассмотрим компьютерные демонстрации и компьютерный эксперимент.

Компьютерные демонстрации являются естественным средством организации коллективной деятельности учащихся на уроках геометрии. Их применение предполагает планирование ключевых результатов наблюдения. Учитель должен четко представлять планируемые итоги наблюдения и организовать деятельность учащихся таким образом, чтобы они смогли сформулировать их самостоятельно после серии наблюдений.

Рассмотрим компьютерную демонстрацию на примере куба. При этом будем рассчитывать на то, что в классе присутствует мультимедийный проектор. Итак, на экране компьютера имеем изображение куба.

*Демонстрация 1.* Вращение куба с двумя выделенными параллельными ребрами.

*Планируемый результат:* параллельные ребра куба изображаются параллельными и равными отрезками.

Учитель имитирует на компьютере вращение куба в пространстве, концентрируя внимание учащихся на поведении двух выделенных ребер, что у них меняется, что сохраняется?

*Демонстрация 2.* Вращение куба с выделенной гранью.

*Планируемый результат:* грань куба изображается параллелограммом.

Учитель снова имитирует вращение куба в пространстве, обращая внимание учащихся на изменение формы выделенной грани и нахождении свойств, которые сохраняются при построении любой проекции куба.

*Демонстрация 3.* Вращение куба с выделенной серединой ребра.

*Планируемый результат:* середина ребра куба изображается серединой изображающего это ребро отрезка.

В основе этой демонстрации лежит имитация вращения куба в пространстве с выделенной серединой какого-либо ребра в исходном положении куба. Необходимо установить, что это точка всегда является серединой получаемого отрезка.

По мнению М. Н. Марюкова компьютерный эксперимент на уроках геометрии — это способ получения истины, который предшествует строгому математическому доказательству. Он считает, что рационально использовать компьютерный эксперимент в тех случаях, когда требуется ([4]):

1. Подтвердить или опровергнуть гипотезу.

2. Выявить свойства геометрических фигур при наложенных на неё дополнительных условиях, связанных с изменением её внутренних характеристик.

3. Найти значения внутренних характеристик геометрической фигуры, при которых выполняется заданное условие на её элементы и связи между ними.

4. Найти элемент геометрической фигуры с заданными свойствами.

В основе проведения компьютерного эксперимента лежат следующие возможности:

— Возможность изменять внутренние характеристики модели в соответствии с условиями задачи.

— Устанавливать форму и размер геометрической фигуры методом перехода к оригиналу её плоских элементов.

— Возможность строить компьютерные модели геометрических фигур с использованием компьютерных средств.

Рассмотрим пример компьютерного эксперимента: «Требуется определить, что диагональное сечение куба являются прямоугольниками».

Установим этот факт экспериментальным путем, который предшествует строгому математическому доказательству. Для этого на компьютерной модели куба выделим какое-либо диагональное сечение и перейдем к его оригиналу (рис. 1). Мы получим прямоугольник  $ABC_1D_1$ . Аналогично исследуем другие диагональные сечения и в каждом случае получаем прямоугольник. Проведенный эксперимент позволяет выдвинуть гипотезу исследования: диагональные сечения куба являются прямоугольниками.

Компьютерный эксперимент может быть продуктивно использован в качестве средства организации как коллективной, так и индивидуальной работы. Коллективная форма занятия возможна при введении новых геометрических понятий, при подготовки восприятия учащимися формулировок и доказательств геометрических теорем. Как один из вариантов применения индивидуального компьютерного эксперимента, можно назвать его организацию в форме лабораторной работы на уроках геометрии. Предложенный учителем такой вид проведения урока, представляет собой систему исследовательских за-



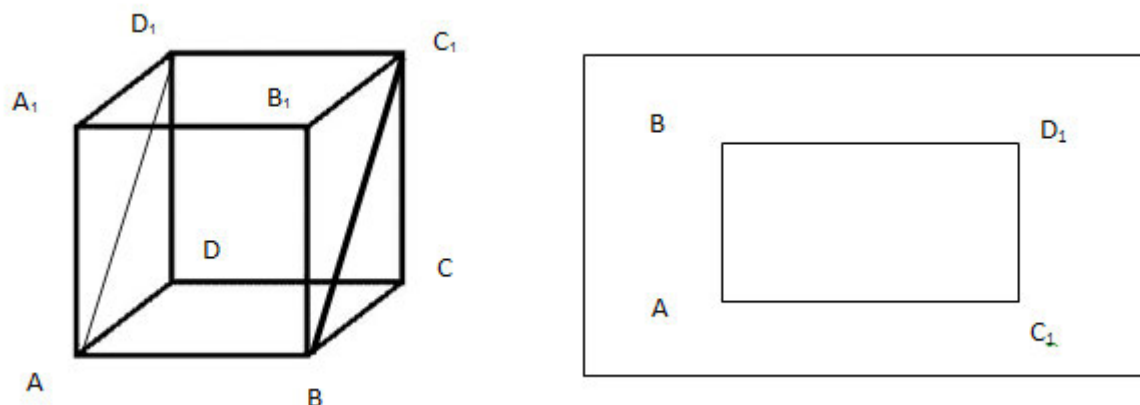


Рис. 1

даний. Выполнение которых и обработка результатов эксперимента подчинены решению. Определенных дидактических задач, которые ставит перед собой обучающий на каждой конкретной ступени обучения.

Так же компьютер позволяет в несколько ином виде, по сравнению с традиционным, организовать практику учащихся по освоению алгоритмов решения некоторых

задач. Взять на себя долгую и нудную вычислительную работу, а основное внимание ученика сосредоточить на главных моментах осваиваемого материала — суть требований к компьютерным программам. При выполнении этих условий деятельность ученика не будет затрудняться несущественными моментами, следовательно, усвоение знаний будет осуществляться более успешно.

Литература:

1. Брановский Ю. С. Совершенствование методической системы обучения математике в средней школе на основе использования персональных компьютеров: Дисс. канд. пед. наук. — М., 1991.
2. Ефремова Д. Д. Использование компьютерной программы Advanced Grafer при изучении свойств графиков функций в классе. В сб. Проблемы совершенствования математической подготовки в школе и вузе. Выпуск 7. — М. МПГУ, 2002.
3. Шабунин М. И., Ткачёва М. В., Фёдорова Н. Е., Доброва О. Н. Алгебра и начала математического анализа. Дидактические материалы. 10 класс. 4-е изд. — М.: Просвещение, 2012. — 142 с.
4. Методика преподавания математики в средней школе. Общая методика/ Сост. Р. С. Черкасов, А. А. Столяр. — М.: Просвещение, 1995. 336 с.

## Построение математических моделей в прикладных задачах

Крымская Юлия Александровна, студент;

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук, доцент;

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Косновым целям обучения математике относится формирование умений строить математические модели простейших реальных явлений, исследовать явления по заданным моделям, конструировать приложения моделей. Одним из средств реализации этой цели является метод математического моделирования. Под математическим моделированием, в узком смысле слова, понимают описание в виде уравнений и неравенств реальных физических, химических, технологических, биологических, экономических и других процессов. Для того чтобы

использовать математические методы для анализа и синтеза различных процессов, необходимо уметь описать эти процессы на языке математики, то есть описать в виде системы уравнений и неравенств. При построении модели используются такие операции мышления, как анализ через синтез, сравнение, классификация, обобщение, которые способствуют его развитию. Составление математической модели, перевод задачи на язык математики готовит студентов к моделированию реальных процессов и явлений в их будущей профессиональной деятельности.

Особую роль математическое моделирование играет в экономической и научной сфере деятельности.

Рассмотрим применение математического моделирования при решении транспортных задач в экономике, а также математическую модель в задачах по теории цепей Маркова, в теории вероятностей. Чем и покажем значение математического моделирования в разных областях.

**1. Математическое моделирование в экономике.** Математическая модель транспортной задачи является математической моделью задачи линейного программирования. Среди множества решений системы ограничений необходимо найти такое неотрицательное решение, при котором целевая функция принимала бы минимальное значение. Как и любая другая задача линейного программирования, транспортная задача может быть решена при помощи симплекс-метода. Благодаря особому устройству системы ограничений общая процедура симплекс-метода в применении к транспортной задаче сильно упрощается. Хотя для транспортной задачи существуют несколько весьма простых и удобных методов отыскания начального допустимого решения (опорного плана). Транспортные задачи закрытого типа, когда запас груза на базах совпадает с объемом потребности предприятий, решаются двумя методами: северо-западного угла и минимальной стоимости. Транспортные задачи открытого типа, когда запасы превышают потребности или наоборот, сводятся к задачам закрытого типа путем введения фиктивного пункта назначения (в случае превышения груза на базах над общими потребностями предприятий) или фиктивного поставщика (в случае превышения спроса над запасами на базах).

Отметим, что процесс моделирования состоит из следующих этапов: 1) перевод предложенной задачи на язык математических терминов, то есть построение математической модели задачи (формализация); 2) решение задачи (решение внутри модели); 3) перевод полученного результата (математического решения) на язык, на котором была сформулирована исходная задача (интерпретация полученного решения).

Наиболее ответственным и сложным является *первый этап* — построение математической модели. Оно осуществляется логическим путем на основе анализа изучаемого явления (процесса) и требует умения описать явление (процесс) на языке математики. *Второй этап* — этап решения задачи в рамках математической теории можно еще назвать этапом математической обработки формальной модели. Он является решающим в математическом моделировании. Именно на этом этапе применяются все математические методы (логические, алгебраические, геометрические и т. д.) для формального вывода следствий из исходных допущений модели. На стадии математической обработки рассматриваются абстракции. Этот этап представляет собой дедуктивное ядро моделирования. На *последнем этапе* моделирования полученные выводы проходят через еще один процесс перевода — с языка математики обратно на есте-

ственный язык. Всё выше сказанное проиллюстрируем примером.

*Пример.* На базах имеется запас сырья необходимого для производства четырех предприятий. На первой базе — 60 т., на второй — 90 т., на третьей — 140 т. Первому предприятию для производства требуется 40 т. сырья, второму — 30 т., третьему — 100 т., четвертому — 120 т. Найти оптимальный план задачи методом северо-западного угла, зная, что стоимость перевозок с первой базы на первое предприятие равна 4 ед., на второе — 2 ед., на третье — 3 ед., на четвертое — 4 ед., со второй базы на первое предприятие равна 2 ед., на второе — 4 ед., на третье — 3 ед., на четвертое — 5 ед., с третьей базы на первое предприятие равна 6 ед., на второе — 5 ед., на третье — 4 ед., на четвертое — 6 ед.

I этап. Формализация. Построим математическую модель задачи в виде таблицы:

Б \ П	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	Запасы
Б <sub>1</sub>	4	2	3	4	60
Б <sub>2</sub>	2	4	3	5	90
Б <sub>3</sub>	6	5	4	6	140
Потребности	40	30	100	120	290

II этап. Внутримодельное решение. Заполнение таблицы начнем с верхней левой клетки. Стоимость перевозки одной тонны груза с первой базы к первому потребителю равна 4. Перевезем с базы Б<sub>1</sub> 40 тонн груза на П<sub>1</sub>. И величину этой перевозки запишем в клетку (1,1). Потребности первого предприятия полностью удовлетворены. Запас на первой базе изменился — теперь это 20 тонн.

Б \ П	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	Запасы
Б <sub>1</sub>	4 40	2	3	4	20
Б <sub>2</sub>	2	4	3	5	90
Б <sub>3</sub>	6	5	4	6	140
Потребности		30	100	120	290

Не рассматривая клетки первого столбца, снова берем левую верхнюю клетку из оставшихся. Это клетка (1,2). С первой базы перевезем оставшиеся 20 тонн на второе предприятие. Его потребность не удовлетворена на 10 тонн.

Б \ П	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	Запасы
Б <sub>1</sub>	4 40	2 20	3	4	
Б <sub>2</sub>	2	4	3	5	90
Б <sub>3</sub>	6	5	4	6	140
Потребности		10	100	120	290

Помещаем в клетку (2,2) 10 тонн груза для второго предприятия, тем самым изменился запас на второй базе. Продолжая распределение, выбираем клетку (2,3). Направляем все 80 тонн со второй базы на третье предприятие. Оставшиеся 140 тонн с третьей базы распределяем соответственно на третье и четвертое предприятия. Получим окончательную таблицу, в которой необходимо проверить суммы поставок по строкам и столбцам.

Б \ П	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	Запасы
Б <sub>1</sub>	4 40	2 20	3	4	60
Б <sub>2</sub>	2	4 10	3 80	5	90
Б <sub>3</sub>	6	5	4 20	6 120	140
Потребности	40	30	100	120	290 290

III этап. Интерпретация. Переведем результат с математического языка на язык исходной задачи. Число занятых клеток в составленном плане равно шести. Число базисных переменных также должно быть равно шести:  $m + n - 1 = 6$ . Это означает, что полученный методом северо-западного угла план является опорным.

Как и в случае любого моделирования, математическая модель не описывает полностью изучаемое явление, и возникают вопросы о применимости полученных таким образом результатов. Существуют методы первоначального распределения поставок, связывающие выбор клетки с величиной издержек. Так, в методе минимальной стоимости на каждом этапе выбирается та клетка из свободных, которой соответствует минимальный коэффициент издержек. Например, в рассмотренном примере распределительная таблица, созданная по методу минимальной стоимости, выглядит следующим образом:

Б \ П	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	Запасы
Б <sub>1</sub>	4	2 30	3 30	4	60
Б <sub>2</sub>	2 40	4	3 50	5	90
Б <sub>3</sub>	6	5	4 20	6 120	140
Потребности	40	30	100	120	290 290

Можно было бы ожидать, что в смысле близости к оптимуму допустимые решения, построенные с учетом затрат, будут лучше планов, построенных диагональным методом северо-западного угла. Однако на практике это не так. Необходимо обращать внимание студентов на то, что математическая модель и реальный процесс не тождественны между собой. Как правило, математическая модель строится с некоторым упрощением и при некоторой идеализации.

2. Математическое моделирование в теории вероятностей. Пусть производятся последовательные испытания, в каждом из которых может произойти одно и только одно из  $k$  несовместных событий  $A_1^{(s)}, A_2^{(s)}, \dots, A_k^{(s)}$ , образующих полную группу. Эта последовательность образует цепь Маркова, если условная вероятность в  $(s+1)$ -м испытании ( $s = 1, 2, 3, \dots$ ) соответствует событию  $A_i^{(s+1)}$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ), после того как в  $s$ -м испытании, произошло событие известное нам, зависящее только от того, каким было событие, произошедшее в  $s$ -м испытании, и не изменяющееся от дополнительных сведений о том, какие события происходили в более ранних испытаниях. Чаще всего рассматриваются однородные цепи Маркова, в которых условная вероятность появления события  $A_j^{(s+1)}$  в  $(s+1)$ -м испытании при условии, что в  $s$ -м испытании осуществилось событие  $A_i^s$ , не зависит от номера испытания. Эту вероятность назовем вероятностью перехода и обозначим буквой  $p_{ij}$ ; в этом обозначении первый индекс обозначает результат предшествующего испытания, а второй — указывает, в какое состояние перейдет система в последующий момент времени.

Полная вероятностная картина возможных изменений, осуществляющихся при переходе от одного испытания к непосредственно следующему, задается матрицей

$$\pi_1 = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1k} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{k1} & p_{k2} & \dots & p_{kk} \end{pmatrix}$$

составленной из вероятностей перехода, называемой матрицей перехода. Рассмотрим примеры цепей Маркова и приведем их математическую модель.

Пример: Предположим, что частица находится на прямой и движется по этой прямой под влиянием случайных толчков, происходящих в моменты  $t_1, t_2, t_3, \dots$ . Частица может находиться в точках с целочисленными координатами  $a, a + 1, a + 2, \dots, b$ ; в точках  $a$  и  $b$  находятся отражающие стенки. Каждый толчок перемещает частицу вправо с вероятностью  $p$  и влево с вероятностью  $q = 1 - p$ , при условии, что частица не находится у стенки. Если частица находится у стенки, то любой толчок переводит ее на единицу внутрь промежутка между стенками. Данный пример блуждания частицы представляет собой типичную цепь Маркова. Аналогично можно рассматривать случай, когда частица прилипает к одной из стенок или к обеим из них.

Напишем матрицу перехода для описанного примера, для случая частицы, блуждающей между двумя отражающими стенками, это будет нашей математической моделью. Если обозначим через  $A_1$  событие, состоящее в пребывании частицы в точке с координатой  $a$ , через  $A_2$  — пребывание в точке с координатой  $a + 1$ , ..., через  $A_s$  ( $s = b - a + 1$ ) — пребывание в точке с координатой  $b$ , то матрица перехода будет иметь вид (1).

Так же приведем пример математической модели в виде матрицы перехода (2) для блуждания частицы между двумя поглощающими стенками. Обозначения событий и остальные условия сохраним те же, что и в предыдущем примере. Разница будет лишь в том, что частица, попавшая в состояния  $A_1$  или  $A_s$ , остается в них с вероятностью равной единице.

$$\pi_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ q & 0 & p & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q & 0 & p & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\pi_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ q & 0 & p & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q & 0 & p & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Известно, что для решения задачи в рамках одной и той же модели может быть предложено много различных методов. В теории вероятностей и математической статистике хорошо известна история Центральной Предельной Теоремы, которая была получена многими различными методами, из которых напомним теорему Муавра-Лапласа, метод моментов Чебышева, метод характеристических функций Ляпунова, методы, примененные Линдбергом и Феллером. В настоящее время для решения практически важных задач могут быть использованы современные информационные технологии на основе метода статистических испытаний и соответствующих датчиков псевдослучайных чисел.

При решении задач посредством моделирования студенты учатся переводу жизненных проблемных ситуаций в абстрактные модели и наоборот. Использование моделирования способствует усилению творческой направленности процесса обучения, развитию умственных способностей, а тем самым развитию науки в целом.

Литература:

1. Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах — М.: Высшая школа, 1986. — 319 с.
2. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А.М Моделирование с позиций управления в технических системах // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 2 — С. 138–142.
3. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. — М.: Либроком, 2011. — 448 с.
4. Ермолаева Е. И. Математическое моделирование физических процессов в теории вероятностей // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 10 — с. 13–14.
5. Козин Р. Г. Математическое моделирование. Примеры решения задач. — М.: МИФИ, 2010. — 177 с.

### Метод суммирования расходящихся рядов путем сведения к повторному ряду

Пономаренко Артем Николаевич, студент  
 Национальный педагогический университет имени Драгоманова (г. Киев, Украина)

В статье представлены формулы и методы нахождения обобщенных сумм знакопеременных рядов, в основном расходящихся, путем преобразования к повторным рядам вложенного типа.

Общий вид повторных рядов вложенного типа:  $S = \sum_{n=i}^{\infty} \left[ f \left( n, \sum_{k=n}^{\infty} a_k \right) \right]$

Расходящиеся знакопеременные ряды можно классифицировать по таким трем классам:

1. Ряды с постоянным радиусом обвертывания:  $\sum_{n=1}^{\infty} l(-1)^{n+1} \quad (l = const.)$

Сумма такого ряда равна  $\frac{l}{2}$ , этот результат достигается многими методами, которые, в силу их известности, демонстрировать в данной статье нет смысла.

2. Ряды с ограниченным радиусом обвертывания:  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n (-1)^{n+1}$ , где  $\lim_{l \rightarrow \infty} a_n = l \quad (l = const.)$

Например ряд:  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n+1} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} - \frac{2}{3} + \frac{3}{4} - \frac{4}{5} + \dots$ , его обобщенной суммой будет  $\ln 2 - \frac{1}{2}$

3. Ряды с бесконечным радиусом обвертывания:  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n (-1)^{n+1}$ , где  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \infty$

Самым известным таким рядом является:  $1 - 2 + 3 - 4 + \dots + (-1)^{n+1} n + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} n (-1)^{n+1}$

**Формула 1:**  $\sum_{n=1}^{\infty} n a_n = \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{k=n}^{\infty} a_k \right)$

*Доказательство:*  $\sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{k=n}^{\infty} a_k \right) = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_k + \dots) + (a_2 + a_3 + a_4 + \dots + a_{k+1} + \dots) + \dots$

$\dots + (a_n + a_{n+1} + a_{n+2} + \dots + a_{n+k} + \dots) + \dots = a_1 + 2a_2 + 3a_3 + \dots + na_n + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} n a_n$

Пусть  $\sum_{n=1}^{\infty} n a_n$  - абсолютно сходящийся ряд. Тогда по известной теореме, если некоторый ряд  $\sum_{v=1}^{\infty} u_v$  сходится абсолютно, то и любой повторный ряд, составленный из его членов в произвольном порядке, сходится, и притом к той же сумме. И наоборот; абсолютная сходимость повторного ряда ведет за собою абсолютную сходимость одиарного, составленного из его членов и при том к той же сумме.

Далее, пусть ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} n a_n$  сходится не абсолютно, либо и вовсе расходится. По равенству в доказательстве, любой

член ряда  $n a_m$  будет полностью просуммирован после начала суммирования  $m$ -го ряда в двойном ряде  $\sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{k=n}^{\infty} a_k \right)$ , т. е. ряда  $(a_{n_m} + a_{(n+1)_m} + \dots + a_{(n+k)_m} + \dots)$ .

Тогда каждому возрастанию номера  $m$  будет отвечать факт следующего полностью просуммированного члена ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} n a_n$

Исходя из этого, ряд, у которого сумма  $\pm \infty$  преобразится в ряд с аналогичной суммой:  $\pm \infty$ , а знакопеременный ряд с некоторой обобщенной суммой  $K$  будет преобразован в ряд с такой же суммой. Этим доказательство завершается.

*Следствие 1.1:*  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \sum_{k=n}^{\infty} \frac{a_k}{k} \right]$

*Следствие 1.2:*  $\sum_{n=i}^{\infty} \left[ \sum_{k=n}^{\infty} a_k \right] = \sum_{n=i}^{\infty} (n-i+1) a_n$

*Следствие 1.3:*  $\sum_{n=i}^{\infty} a_n = \sum_{n=i}^{\infty} \left[ \sum_{k=n}^{\infty} \frac{a_k}{k-i+1} \right]$

Наглядно, формула 1 представляет собою преобразование ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} n a_n$  в сумму бесконечного количества рядов

$\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ , каждый последующий из которых лишен первого члена в сравнении с предыдущим:

$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + \dots + a_n + \dots +$   
 $+ a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + \dots + a_n + \dots +$   
 $+ a_3 + a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + \dots + a_n + \dots +$   
 $+ a_4 + a_5 + a_6 + a_7 + \dots + a_n + \dots +$   
 $\dots$   
 $+ a_m + a_{m+1} + \dots + a_n + \dots +$

Пусть ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$  сходится к сумме  $A$  (сумма  $A$  может быть и обобщенной). Тогда нетрудно заметить, что  $\sum_{n=2}^{\infty} a_n = A - a_1$ ,  $\sum_{n=3}^{\infty} a_n = A - a_1 - a_2, \dots$ ,  $\sum_{n=m}^{\infty} a_n = A - a_1 - a_2 - \dots - a_m$ .

Самым простым применением формулы 1 может быть суммирование ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{2^n}$ ;

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{2^n} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \sum_{k=n}^{\infty} \frac{1}{2^k} \right] = \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right) + \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots \right) + \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \dots \right) + \dots = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \dots = 2$$

Следующим применением формулы 1 есть суммирование ряда:  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1+2+\dots+n}{n!}$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1+2+\dots+n}{n!} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2+n}{n!} = \frac{1}{2} \left( \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2}{n!} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n!} \right) = \frac{1}{2} \left( \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{k=n}^{\infty} \frac{n}{n!} \right) + e \right)$$

Так как  $e = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n!} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=n}^{\infty} \frac{1}{n!} = (e-1) + (e-1-1) + \left( e-1-1-\frac{1}{2!} \right) + \dots$ , то

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=n}^{\infty} \frac{n}{n!} = (e) + (e-1) + (e-1-1) + \dots = 2e$$

Исходя из этого,  $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1+2+\dots+n}{n!} = 1,5e$

Следует заметить, что хоть формула 1 с ее следствиями, знакопеременный ряд с некоторой обобщенной суммой  $K$  преобразует в ряд с такой же суммой, но радиус обвертывания при этом может и не совпадать. Первым примером того

будет суммирование по формуле 1, ряда:  $1 - 2 + 3 - 4 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} n(-1)^{n+1}$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} n(-1)^{n+1} &= \sum_{n=1}^{\infty} \left( \sum_{k=n}^{\infty} (-1)^{k+1} \right) = (1-1+1-1+\dots) + (-1+1-1+1-\dots) + (1-1+1-1+\dots) + \dots = \\ &= \left( \frac{1}{2} \right) - \left( \frac{1}{2} \right) + \left( \frac{1}{2} \right) - \dots = \frac{1}{4} \end{aligned}$$

В данном случае для отыскания суммы, ряд с бесконечным радиусом обвертывания был преобразован в ряд, у которого радиус обвертывания есть число постоянное.

Вторым примером может быть ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2}$ . Применение к нему следствия 1.1, которое является частным случаем формулы 1, дает равенство:

$$\frac{1}{2} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=n}^{\infty} \frac{1}{n} (-1)^{k+1} = \ln 2 + (\ln 2 - 1) + \left( \ln 2 - 1 + \frac{1}{2} \right) + \dots + \left( \ln 2 - \sum_{n=1}^k \frac{(-1)^{n+1}}{n} \right) + \dots$$

Ряд  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1}$  имеет постоянный радиус обвертывания, следственно имеет лишь обобщенную сумму, в то время как ряд в последнем равенстве справа сходится, и соответственно имеет радиус обвертывания равный нулю.

**Формула 2:**  $\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} b_n = \sum_{n=0}^{\infty} [\Delta(a_n) \sum_{k=n}^{\infty} b_k] + a_0 \sum_{n=0}^{\infty} b_n$ ,

где  $\Delta$  — разностный оператор:  $\Delta(a_n) = a_{n+1} - a_n$ , ряд  $\sum_{n=0}^{\infty} b_n$  сходится, либо является знакопеременным и имеет обобщенную сумму.

*Доказательство:*  $\sum_{n=0}^{\infty} [a_n \sum_{k=n}^{\infty} b_k] = [a_0 b_0 + a_0 b_1 + a_0 b_2 + \dots + a_0 b_k + \dots] + [a_1 b_1 + a_1 b_2 + a_1 b_3 + \dots$   
 $\dots + a_1 b_{k+1} + \dots] + \dots + [a_n b_n + a_n b_{n+1} + a_n b_{n+2} + \dots + a_n b_{k+n}] + \dots = a_0 b_0 + (a_0 + a_1) b_1 + (a_0 + a_1 + a_2) b_2 + \dots$

$$\dots + \left(\sum_{n=0}^k a_n\right) b_k + \dots$$

В силу того, что:

$$a_0 = \left[\Delta^{-1}(a_n)\right]_0$$

$$a_0 + a_1 = \left[\Delta^{-1}(a_n)\right]_0^2$$

...

$$\sum_{n=0}^k a_n = \left[\Delta^{-1}(a_n)\right]_0^{k+1}$$

...

и учитывая, что сумма не зависит от обозначения переменной суммирования:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left[\Delta^{-1}(a_n)\right]_0^{k+1} \cdot b_k = \sum_{n=0}^{\infty} \left[\Delta^{-1}(a_n)\right]_0^{n+1} \cdot b_n,$$

изначальную сумму можно представить в виде:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left[ a_n \sum_{k=n}^{\infty} b_k \right] = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ \left[\Delta^{-1} a_n\right]_0^{n+1} b_n \right] = \sum_{n=0}^{\infty} (A_{n+1} b_n - A_0 b_n) = \sum_{n=0}^{\infty} A_{n+1} b_n - A_0 \sum_{n=0}^{\infty} b_n, \tag{1*}$$

где  $A_j$  - антиразностный оператор от  $a_j$ :  $A_j = \Delta^{-1}(a_j)$

Равенство (1\*) может быть представлено в виде:

$$\sum_{n=0}^{\infty} A_{n+1} b_n = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ a_n \sum_{k=n}^{\infty} b_k \right] + A_0 \sum_{n=0}^{\infty} b_n \tag{2*}$$

Равенство (2\*) является полностью аналогичным требуемой формуле:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} b_n = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ \Delta(a_n) \sum_{k=n}^{\infty} b_k \right] + a_0 \sum_{n=0}^{\infty} b_n$$

В силу того, что абсолютная сходимость ряда  $\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} b_n$  влечет за собой и абсолютную сходимость любого повторного ряда, составленного из его членов в произвольном порядке, и притом к той же сумме; формула 2, в случае абсолютно сходящегося ряда, является оправданной. В противном случае рассуждения аналогичны с доказательством формулы 1, которая является частным случаем формулы 2 при  $a_n = n$ . Этим доказательство и завершается.

Обобщением формулы 2 является

**Формула 3:**  $\sum_{n=i}^{\infty} a_{n+1} b_n = \sum_{n=i}^{\infty} \left[ \Delta(a_n) \sum_{k=n}^{\infty} b_k \right] + a_i \sum_{n=i}^{\infty} b_n \quad (i \in \mathbb{N})$

Доказывается аналогично формуле 2.

Формулы: 2 и 3, как и формула 1, действительны и в случае, когда  $\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} b_n$  — знакопеременный сходящийся, либо знакопеременный расходящийся ряд с некоторой обобщенной суммой  $\kappa$ , что будет более детально показано ниже. Если в формулах 2 и 3 за последовательность  $\{b_n\}$  принять последовательность знакопеременного расходящегося ряда первого типа по классификации, а за  $\{a_{n+1}\}$  принять оставшуюся часть ряда, то при преобразованиях 2 и 3, знакопеременный расходящийся ряд переходит в знакопеременный расходящийся ряд, а обобщенная сумма не нарушится. Далее будут показаны такие случаи.

**Формула 4:**  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_{n+1} = \frac{1}{2} a_1 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \Delta(a_n)$

*Доказательство:* по формуле 3, полагая  $i = 1$ , выходит равенство

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_{n+1} = \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \Delta(a_n) \sum_{k=n}^{\infty} (-1)^{k+1} \right] + a_1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \tag{3*}$$

Так как  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = 1 - 1 + 1 - 1 + \dots = \frac{1}{2}$ ,

то две суммы справа в равенстве (3\*) будут соответственно иметь вид:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} [\Delta(a_n) \sum_{k=n}^{\infty} (-1)^{k+1}] &= \Delta(a_1) \cdot \left(\frac{1}{2}\right) + \Delta(a_2) \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) + \Delta(a_3) \cdot \left(\frac{1}{2}\right) + \dots + \Delta(a_n) \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)^{n+1} + \dots = \\ &= \frac{1}{2} (\Delta(a_1) - \Delta(a_2) + \Delta(a_3) - \dots + (-1)^{n+1} \Delta(a_n) + \dots) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \Delta(a_n) \end{aligned}$$

и аналогично:  $a_1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = a_1 \cdot \frac{1}{2}$

Если подставить оба результата в равенство (3\*), то и выйдет требуемая формула

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \Delta(a_n) + \frac{1}{2} a_1$$

Общая формула 4:  $\sum_{n=i}^{\infty} (-1)^{n+i} a_{n+1} = \frac{1}{2} a_i + \frac{1}{2} \sum_{n=i}^{\infty} (-1)^{n+i} \Delta(a_n)$

Формула 4, вместе с ее общим вариантом, действительна и в случае сходящегося знакопеременного ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} a_{n+1}$ , так как он представляет частный случай знакопеременного ряда, а именно ряда, у которого радиус обертывания приближается к нулю.

В формуле 4 был использован тот факт, что сумма ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2}$ , поэтому она дает нахождение суммы

знакопеременного ряда  $\sum_{n=i}^{\infty} (-1)^n a_{n+1}$  только в ее обобщенном смысле и, не дает никаких сведений о его сходимости или расходимости. Но последнее определяется легко, путем дополнительного анализа.

При этом ряд, преобразованный по формуле 4 или ее общим вариантом, может оказаться как суммируемым обобщенно, так и сходящимся.

Формула 4 позволяет находить обобщенные суммы некоторых видов:

4.1 Нахождение суммы вида:  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^n \quad (\alpha \geq 0)$

(В этом пункте и далее  $\alpha$  будет произвольным вещественным числом, большим нуля)

По формуле 4:  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^{n+1} = \frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (\alpha - 1) \alpha^n (-1)^{n+1}$

$$\alpha \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} (\alpha - 1) \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} + \frac{1}{2} \alpha$$

Если положить:  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} = x$ , то выйдет легко разрешимое уравнение

$$\alpha x = \frac{1}{2} (\alpha - 1) x + \frac{1}{2} \alpha, \text{ его решением будет: } x = \frac{\alpha}{\alpha + 1}$$

Возвращение к подстановке приводит к окончательному результату:

Формула 4.1:  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} = \frac{\alpha}{\alpha + 1} \quad (\alpha \geq 0)$

Следствие 4.1.1:  $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \alpha^n = \frac{1}{\alpha + 1} \quad (\alpha \geq 0)$

Данное следствие примечательно тем, что служит доказательством равенства  $0^0 = 1$ .

Выводится достаточно просто:  $\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \alpha^n = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} = 1 - \frac{\alpha}{\alpha + 1} = \frac{1}{\alpha + 1}$

Отсюда, в частности, выходит обобщенная сумма хорошо известного расходящегося ряда



$$\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n 2^n = 1 - 2 + 4 - 8 + \dots = \frac{1}{3}$$

Дальнейшие два следствия формулы 4.1 выводятся заменой  $\alpha$  на  $\frac{1}{\alpha}$

Следствие 4.1.2: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{\alpha^n} = \frac{1}{\alpha + 1} \quad (\alpha > 0)$$

Следствие 4.1.3: 
$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\alpha^n} = \frac{\alpha}{\alpha + 1} \quad (\alpha > 0)$$

Оба последних следствия при  $|\alpha| > 1$  представляют собой формулы нахождения сумм абсолютно сходящихся знакопеременных рядов.

4.2 Нахождение обобщенной суммы: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} n\alpha^n (-1)^{n+1} \quad (\alpha \geq 0)$$

Действия аналогичны; по формуле 4 для данного ряда будет справедливо равенство:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (n+1)\alpha^{n+1} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (\alpha^n + (\alpha-1)\alpha^n n + (\alpha-1)\alpha^n) + \frac{1}{2} \alpha$$

$$\alpha \sum_{n=1}^{\infty} n\alpha^n (-1)^{n+1} + \alpha \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} + \frac{1}{2} (\alpha-1) \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n (-1)^{n+1} + \frac{1}{2} (\alpha-1) \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} + \frac{1}{2} \alpha$$

Полагая  $\sum_{n=1}^{\infty} n\alpha^n (-1)^{n+1} = x$ , и учитывая что  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (-1)^{n+1} = \frac{\alpha}{\alpha+1}$ , выходит уравнение:

$$\alpha x + \frac{\alpha^2}{\alpha+1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\alpha}{\alpha+1} + \frac{x}{2} (\alpha-1) + \frac{\alpha-1}{2} \cdot \frac{\alpha}{\alpha+1} + \frac{\alpha}{2}$$

$$x = \frac{\alpha}{(\alpha+1)^2}, \text{ из чего следует}$$

Формула 4.2: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} n\alpha^n = \frac{\alpha}{(\alpha+1)^2} \quad (\alpha \geq 0)$$

Следствие 4.2.1: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{n}{\alpha^n} = \frac{\alpha}{(\alpha+1)^2} \quad (\alpha > 0)$$

4.3 Нахождение обобщенной суммы: 
$$\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \ln n!$$

Очевидно, что  $\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \ln n! = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \ln(n+1)!$ , т. е. отсчет суммирования может быть начат с единицы.

Применив формулу 4, перевода для удобства отсчет суммы с единицы, выходит

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \ln(n+1)! = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \ln(n+1) + \frac{1}{2} \ln 1!$$

Второе слагаемое справа равно нулю, а первая сумма справа выводится из известной формулы:

$$\frac{\pi}{2} = 2^2 \frac{1}{3^2} 4^2 \frac{1}{5^2} \dots$$

При логарифмировании обеих частей последнего равенства выходит результат:

$$\ln 2^2 - \ln 3^2 + \ln 4^2 - \dots + (-1)^n \ln n^2 + \dots = \ln \frac{\pi}{2},$$

или

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \ln(n+1) = \frac{1}{2} \ln \frac{\pi}{2};$$

тогда искомая сумма будет представлена следующей формулой:

Формула 4.3: 
$$\sum_{n=2}^{\infty} (-1)^n \ln n! = \frac{1}{4} \ln \frac{\pi}{2}$$

Данный результат может быть также представлен в виде: 
$$\prod_{n=0}^{\infty} (-1)^n n! = \sqrt[4]{\frac{\pi}{2}}$$

4.4 Нахождение обобщенной суммы: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} n(-1)^{n+1} = 1 - 2 + 3 - 4 + \dots + n(-1)^{n+1} + \dots$$

Применяя формулу 4, 
$$\sum_{n=1}^{\infty} (n+1)(-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} + \frac{1}{2}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} n(-1)^{n+1} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} + \frac{1}{2}$$

Как известно, 
$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2}$$
, из чего следует:

$$\sum_{n=1}^{\infty} n(-1)^{n+1} + \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} n(-1)^{n+1} = 1 - 2 + 3 - 4 + \dots + (-1)^{n+1} + \dots = \frac{1}{4}$$

4.5 Общая рекуррентная формула нахождения сумм вида: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1},$$

где  $k$  - натуральное число.

Формула 4.5: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_k^1 n^{k-1} + C_k^2 n^{k-2} + \dots + C_k^{k-1} n) + \frac{1}{4} \quad (k \in \mathbb{N})$$

Эта формула может быть представлена в таких видах:

$$- \sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n) + \frac{1}{4} \quad (k \in \mathbb{N})$$

$$- \sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \left( (-1)^{n+1} \sum_{m=1}^{k-1} C_k^{k-m} n^{k-m} \right) + \frac{1}{4} \quad (k \in \mathbb{N})$$

$$- \sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{m=1}^{k-1} \left( C_k^{k-m} \sum_{n=1}^{\infty} n^{k-m} (-1)^{n+1} \right) + \frac{1}{4} \quad (k \in \mathbb{N})$$

Последний вариант наиболее пригоден к вычислению.

Доказательство формулы 4.5: По формуле 4, будет справедливым равенство:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (n+1)^k (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} [(n+1)^k - n^k] (-1)^{n+1} + \frac{1}{2},$$

из чего следует:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (n^k + C_k^1 n^{k-1} + C_k^2 n^{k-2} + \dots + C_k^{k-1} n + 1) (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (C_k^1 n^{k-1} + C_k^2 n^{k-2} + \dots + C_k^{k-1} n + 1) (-1)^{n+1} + \frac{1}{2}$$

При раскрытии скобок во всем равенстве и переносе из левой части равенства все слагаемые в правую, кроме

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1}, \text{ выходит:}$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (C_k^1 n^{k-1} + C_k^2 n^{k-2} + \dots + C_k^{k-1} n + 1) (-1)^{n+1} + \frac{1}{2}$$

Исходя из того, что 
$$-\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} 1 \cdot (-1)^{n+1} + \frac{1}{2} = \frac{1}{4},$$
 последнее равенство может быть окончательно представлено

в виде требуемой формулы:

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^k (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_k^1 n^{k-1} + C_k^2 n^{k-2} + \dots + C_k^{k-1} n) + \frac{1}{4}$$

Этим доказательство и завершается.

С помощью рекуррентной формулы 4.5 легко вычислить обобщенные суммы следующих известных расходящихся рядов:

$$4.5.1: \sum_{n=1}^{\infty} n^2 (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_2^1 n) + \frac{1}{4} = -\frac{1}{2} C_2^1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} n + \frac{1}{4} = 0$$

$$4.5.2: \sum_{n=1}^{\infty} n^3 (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_3^2 n^2 + C_3^1 n) + \frac{1}{4} = -\frac{1}{2} C_3^2 \cdot 0 + \left(-\frac{1}{2}\right) C_3^1 \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = -\frac{1}{8}$$

$$4.5.3: \sum_{n=1}^{\infty} n^4 (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_4^3 n^3 + C_4^2 n^2 + C_4^1 n) + \frac{1}{4} = 0$$

$$4.5.4: \sum_{n=1}^{\infty} n^5 (-1)^{n+1} = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_5^4 n^4 + C_5^3 n^3 + C_5^2 n^2 + C_5^1 n) + \frac{1}{4} = \frac{1}{4}$$

4.6 Рекуррентная формула для обобщенной суммы вида:  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^n n^k$  ( $\alpha \geq 0$ )

Формула 4.6:  $\sum_{n=1}^{\infty} n^k \alpha^n (-1)^{n+1} = -\frac{\alpha}{\alpha+1} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} [\alpha^n (C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1)] + \frac{\alpha}{\alpha+1}$

Доказательство:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (n+1)^k \alpha^{n+1} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} [\alpha^n ((n+1)^k - n^k) + (\alpha-1) \alpha^n n^k + (\alpha-1) \alpha^n ((n+1)^k - n^k)] + \frac{1}{2} \alpha$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} (n+1)^k \alpha^{n+1} (-1)^{n+1} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} [\alpha \cdot \alpha^n ((n+1)^k - n^k) + (\alpha-1) \alpha^n n^k] + \frac{1}{2} \alpha$$

$$\alpha \sum_{n=1}^{\infty} n^k \alpha^n (-1)^{n+1} + \alpha \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^n [C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1] =$$

$$= \frac{\alpha}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^n [C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1] + \frac{\alpha-1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k (-1)^{n+1} + \frac{1}{2} \alpha$$

Если положить:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k (-1)^{n+1} = x$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^n [C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1] = y,$$

то выйдет уравнение:  $\alpha x + \alpha y = \frac{\alpha}{2} y + \frac{\alpha-1}{2} x + \frac{1}{2} \alpha$ , решение которого:  $x = -\frac{\alpha}{\alpha+1} y + \frac{\alpha}{\alpha+1}$

Возвращая  $x$  и  $y$  их ранее подставленные значения, легко прийти к окончательной формуле.

Ранее было показано, что  $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \alpha^n = \frac{\alpha}{\alpha+1}$

С помощью последней выведенной рекуррентной формулы можно получить уже ранее выведенный результат:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} n \alpha^n = -\frac{\alpha}{\alpha+1} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} [C_1^0 \alpha^n] + \frac{\alpha}{\alpha+1} = -\frac{\alpha}{\alpha+1} \cdot \frac{1}{\alpha+1} + \frac{\alpha}{\alpha+1} = \frac{\alpha}{(\alpha+1)^2}$$

**Формула 5:**  $\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = a_0 + \sum_{n=0}^{\infty} \Delta(a_n) \cos n \frac{\pi}{2}$

Доказательство: Сначала следует доказать, что ряд:

$\sum_{n=0}^{\infty} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = 1 + 1 - 1 - 1 + 1 + 1 - 1 - 1 + \dots$ , имеет обобщенной суммой число 1.

Методом средних арифметических легко выводиться известная формула:  $\sum_{n=1}^{\infty} \cos n \frac{\pi}{2} = -\frac{1}{2}$

Тогда:  $\sum_{n=0}^{\infty} \cos n \frac{\pi}{2} = -\frac{1}{2} + 1 = \frac{1}{2}$

Аналогично, тем же методом выводиться известная формула:  $\sum_{n=1}^{\infty} \sin n \theta = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{1}{2} \theta$

Пусть  $\theta = \frac{\pi}{2}$ , тогда  $\sum_{n=1}^{\infty} \sin n \frac{\pi}{2} = \sum_{n=0}^{\infty} \sin n \frac{\pi}{2} = \frac{1}{2}$

Стало быть,

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = 1 + 1 - 1 - 1 + 1 + 1 - 1 - 1 + \dots = 1 \tag{4*}$$

Тогда по формуле 2:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \sum_{n=0}^{\infty} \left( \Delta a_n \sum_{k=n}^{\infty} \left( \sin k \frac{\pi}{2} + \cos k \frac{\pi}{2} \right) \right) + a_0 \sum_{n=0}^{\infty} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) \tag{5*}$$

Так как  $1 + 1 - 1 - 1 + 1 + 1 - 1 - 1 + \dots = 1$ , то

$$1 - 1 - 1 + 1 + 1 - 1 - 1 + \dots = 0$$

$$-1 - 1 + 1 + 1 - 1 - 1 + \dots = -1$$

$$-1 + 1 + 1 - 1 - 1 + 1 + 1 - \dots = 0,$$

и тогда все  $\Delta a_n$  с нечетными номерами  $n$ , в первой из сумм справа в равенстве (5\*) будут произведены на 0, следовательно равняться нулю.

Второе слагаемое справа, в равенстве (5\*), ввиду равенства (4\*), будет равно  $a_0$

Исходя из этого, равенство (5\*) примет вид:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \sum_{n=0}^{\infty} (\Delta a_n) \cdot \cos n \frac{\pi}{2} + a_0, \text{ что и требовалось доказать.}$$

Формула 5 так же имеет множество применений:

Формула 5.1:  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\alpha^n} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \frac{\alpha^2 + \alpha}{\alpha^2 + 1} \quad (\alpha > 0)$

Выводится просто; по формуле 5:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\alpha^{n+1}} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\alpha^{2n}} + \alpha^0 \tag{6*}$$

Ранее уже была выведена формула:  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\alpha^n} = \frac{\alpha}{\alpha + 1}$ , для всех вещественных  $\alpha$  ( $\alpha > 0$ ).

Если в ней положить  $\alpha = b^2$ , то правильность данной формулы при этом не изменится.

И тогда сумма  $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(\alpha^2)^n}$  будет равна  $\frac{\alpha^2}{\alpha^2 + 1}$ ,

Это дает возможность равенство (9\*) представить в виде

$$\frac{1}{\alpha} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\alpha^n} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right) \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + 1} + 1,$$

а затем, путем элементарных преобразований получить окончательный результат.

Формула 5.1 может быть представлена более наглядно в виде:

$$\frac{1}{\alpha^0} + \frac{1}{\alpha^1} - \frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\alpha^3} + \frac{1}{\alpha^4} + \frac{1}{\alpha^5} - \dots = \frac{\alpha^2 + \alpha}{\alpha^2 + 1}$$

5.2 Нахождение обобщенной суммы вида:

$$S = \alpha^0 + \alpha^1 - \alpha^2 - \alpha^3 + \alpha^4 + \alpha^5 - \dots \quad (\alpha \geq 0)$$

Формула 5.2: 
$$\sum_{n=0}^{\infty} \alpha^n \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \frac{\alpha^2 + \alpha}{\alpha^3 + \alpha} \quad (\alpha \geq 0)$$

Выводится аналогично; по формуле 5:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{n+1} \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = (\alpha - 1) \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \alpha^{2n} + \alpha^0 = (\alpha - 1) \frac{1}{\alpha^2 + 1} + 1$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \alpha^n \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{1}{\alpha^2 + 1} + \frac{1}{\alpha}$$

После элементарных преобразований легко получить требуемую формулу.

5.3 Нахождение обобщенной суммы ряда:

$$1 + 2 - 3 - 4 + 5 + 6 - 7 - 8 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} (n + 1) \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right)$$

По формуле 5: 
$$\sum_{n=0}^{\infty} (n + 1) \left( \sin n \frac{\pi}{2} + \cos n \frac{\pi}{2} \right) = 0 + \sum_{n=0}^{\infty} \Delta(n) \cdot \cos n \frac{\pi}{2} = \sum_{n=0}^{\infty} \cos n \frac{\pi}{2} = \frac{1}{2}$$

**Обобщенная формула 5:**

$$\sum_{n=i}^{\infty} a_{n+1} \left( \sin \left( (n - i) \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( (n - i) \frac{\pi}{2} \right) \right) = a_i + \sum_{n=i}^{\infty} \Delta(a_n) \cos \left( (n - i) \frac{\pi}{2} \right) \quad (i \in \mathbb{N})$$

Ее доказательство аналогично формуле 5, отличие лишь в том, что за основу берется формула 3.

5.4 Частный вид обобщенной формулы 5

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^k \left( \sin \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) \right) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (2^{k-1} C_k^{k-1} n^{k-1} + 2^{k-2} C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + 2 C_k^1 n + 1)$$

( $k \in \mathbb{N}$ )

Данная формула выводится подобно предыдущим:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left( \sin \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) \right) (n + 1)^k = \sum_{n=1}^{\infty} ((n + 1)^k - n^k) \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + 1$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left( \sin \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) \right) (n + 1)^k = \sum_{n=1}^{\infty} (C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1) \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + 1$$

Разложение аналогичным образом по степеням множителя  $(n + 1)^k$  в последнем равенстве, в выражении слева, дает возможность сократить обе части равенства на слагаемое:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1) \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right)$$

Тогда, после перегруппировки, последнее равенство будет иметь вид:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \left( \sin \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + \cos \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) \right) n^k = - \sum_{n=1}^{\infty} (C_k^{k-1} n^{k-1} + C_k^{k-2} n^{k-2} + \dots + C_k^1 n + 1) \sin \left( (n - 1) \frac{\pi}{2} \right) + 1 =$$

$$= - \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (C_k^{k-1} (2n)^{k-1} + C_k^{k-2} (2n)^{k-2} + \dots + C_k^1 2n + 1) + 1$$

Из этой формулы, в частности, при  $k = 1$ , и выходит ранее полученный результат:

$$1 + 2 - 3 - 4 + 5 + 6 - 7 - 8 + \dots = \frac{1}{2}$$

При  $k = 2$ :  $1 + 4 - 9 - 16 + \dots = 1 - 1 = 0$

Формула 5.5: 
$$\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k \left( \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) + \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \right) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{2n} (-1)^{n+1} \left( \sum_{m=1}^k C_k^{k-m} (2n)^{k-m} \right) + \frac{(\alpha-1)}{\alpha^2} \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{2n} (2n-1)^k (-1)^{n+1} \quad (k \in \mathbb{N}, \alpha > 0)$$

Выводится аналогично предыдущим случаям из обобщения формулы 5:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{n+1} (n+1)^k \left( \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) + \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \right) &= \alpha + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n \left( (n+1)^k - n^k \right) \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) + \\ &+ (\alpha-1) \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \\ \alpha \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k \left( \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) + \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \right) &= \alpha - \alpha \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n \left( \sum_{m=1}^k C_k^{k-m} n^{k-m} \right) \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) + \\ &+ (\alpha-1) \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{2n-1} (2n-1)^k (-1)^{n+1} \end{aligned}$$

В силу равенства:  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n \left( \sum_{m=1}^k C_k^{k-m} n^{k-m} \right) \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{2n} \left( \sum_{m=1}^k C_k^{k-m} (2n)^{k-m} \right)$ , легко прийти к требуемой формуле.

К примеру, 
$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{2^n} \left( \sin\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) + \cos\left((n-1)\frac{\pi}{2}\right) \right) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{4} + \frac{\left(\frac{1}{2}-1\right)}{\frac{1}{4}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{4^n} (2n-1) =$$
  

$$= 1 - \frac{1}{5} - \frac{16}{25} + \frac{2}{5} = 0,56$$

**Формула 6 (общая рекуррентная формула суммирования расходящихся рядов):**

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} (S : (t)) = \frac{t}{2} a_0 + \frac{t}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \eta_n (-1)^n + \left(\frac{t}{2}-1\right) \sum_{n=0}^{\infty} \eta_{n+1} (-1)^n + \dots + \left(\frac{t}{2}-(t-1)\right) \sum_{n=0}^{\infty} \eta_{n+t-1} (-1)^n,$$

где  $\eta$  — уже вычисленная разность от  $a$ :  $\eta = a_{n+1} - a_n$ ,

$S : (t)$  — такой множитель, что при суммировании некоторого ряда  $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ , его суммирование происходит

следующим образом: первая частичная сумма  $\sum_{n=1}^t b_n$  положительна, вторая частичная сумма:  $\sum_{n=t+1}^{2t} b_n$  отрицательна,

третья:  $\sum_{n=2t+1}^{3t} b_n$  положительна и т. д.

Выводится эта формула подобно формулам 4 и 5 на основе тех же соображений.

Так как обобщенная сумма ряда:  $\underbrace{1+1+1+\dots+1}_t + \underbrace{(-1)-1-1-\dots-1}_t + \dots = \frac{t}{2}$ , что может быть легко доказано

методом средних арифметических, то формула 2 может быть применена и на этот более общий случай.

Более краткая интерпретация **формулы 6** имеет вид:

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_{n+1} (S : (t)) = a_0 \frac{t}{2} + \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left( \frac{t}{2} - m \right) \sum_{n=0}^{\infty} \eta_{m+n} (-1)^n \right)$$

Очевидно, при  $t = 1$  и  $t = 2$  из этой формулы следуют формула 4 и формула 5 соответственно.

К примеру, пусть требуется просуммировать ряд:  $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} - \frac{1}{16} - \frac{1}{32} - \frac{1}{64} + \dots$

В данном случае, в операторе  $S : (t)$ , будет  $t = 3$ , так как первые три члена положительны, далее идут три члена с отрицательным знаком, далее три с положительным и т. д.

Разность вычисляется легко:  $\Delta\left(\frac{1}{2^n}\right) = \left(\frac{1}{2} - 1\right)\frac{1}{2^n}$ , тогда по общей формуле:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^{n+1}} (S : (3)) = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2^0} + \frac{3}{2} \left(\frac{1}{2} - 1\right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^{3n}} (-1)^n + \left(\frac{3}{2} - 1\right) \left(\frac{1}{2} - 1\right) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2^{3n+1}} (-1)^n + \left(\frac{3}{2} - 2\right) \left(\frac{1}{2} - 1\right) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^{3n+2}} (-1)^n = 1,5 - \frac{1}{2} \left(1,5 \frac{8}{9} + \frac{1}{4} \cdot \frac{8}{9} + \frac{1}{8} \cdot \frac{8}{9}\right) = 0,777777\dots$$

**Более общий вариант формулы 6:**

$$\sum_{n=i}^{\infty} a_{n+1} (S : (t)) = a_i \frac{t}{2} + \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{n=0}^{\infty} \eta_{m+m+i} (-1)^n \right) \quad (i \in \mathbb{N})$$

Его частные случаи будут иметь вид:

1.  $\sum_{n=1}^{\infty} n^k (S : (t)) = \frac{t}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} (S : (t)) \left( \sum_{p=1}^k C_k^{k-p} n^{k-p} \right) + \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{n=0}^{\infty} \left( \sum_{p=1}^k C_k^{k-p} (tn+m+1)^{k-p} (-1)^n \right) \right) \quad (k \in \mathbb{N})$
2.  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k (S : (t)) = \frac{t}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} (S : (t)) \left( \sum_{p=1}^k C_k^{k-p} n^{k-p} \alpha^n \right) + \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{n=0}^{\infty} \left( (-1)^n \alpha^{n+m+1} \sum_{p=1}^k C_k^{k-p} (tn+m+1)^{k-p} \right) \right) + \frac{\alpha - 1}{\alpha} \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{n+m+1} (tn+m+1)^k (-1)^n \right) \quad (k \in \mathbb{N}, \alpha > 0)$
3.  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (S : (t)) = \frac{t}{2} + \frac{\alpha - 1}{\alpha} \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{n+m+1} (-1)^n \right) \quad (\alpha > 0)$

Из первой формулы, в частности, при  $k = 1, t = 1$  выходит результат  $\sum_{n=1}^{\infty} n (S : (1)) = \frac{1}{4}$ ,

а именно:  $\sum_{n=1}^{\infty} n (S : (1)) = \frac{1}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} C_1^0 n^{1-1} (S : (1)) + \frac{1}{2} \sum_{n=0}^{\infty} C_1^0 (1 \cdot n + 1)^{1-1} (-1)^n = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

Первые две формулы можно представить в более удобном для вычисления виде:

1.  $\sum_{n=1}^{\infty} n^k (S : (t)) = \frac{t}{2} - \sum_{p=1}^k \left( C_k^{k-p} \sum_{n=1}^{\infty} n^{k-p} (S : (t)) \right) + \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{p=1}^k \left( C_k^{k-p} \sum_{n=0}^{\infty} (tn+m+1)^{k-p} (-1)^n \right) \right) \quad (k \in \mathbb{N})$
2.  $\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k (S : (t)) = \frac{t}{2} - \sum_{p=1}^k \left( C_k^{k-p} \sum_{n=1}^{\infty} n^{k-p} \alpha^n (S : (t)) \right) + \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{p=1}^k \left( C_k^{k-p} \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{n+m+1} (tn+m+1)^{k-p} (-1)^n \right) \right) + \frac{\alpha - 1}{\alpha} \sum_{m=0}^{t-1} \left( \left(\frac{t}{2} - m\right) \sum_{n=0}^{\infty} \alpha^{n+m+1} (tn+m+1)^k (-1)^n \right) \quad (k \in \mathbb{N}, \alpha > 0)$

Этими тремя формулами вопрос о суммировании расходящихся рядов трех видов:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n (S : (t)), \sum_{n=1}^{\infty} n^k (S : (t)), \sum_{n=1}^{\infty} \alpha^n n^k (S : (t))$$

исчерпывается полностью.

## Построение резольвенты обобщенной модели Фридрикса

Расулова Зилола Дурдимуратовна, студент  
Бухарский государственный университет (Узбекистан)

Настоящая статья является продолжением работы [1], где рассматривается обобщенная модель Фридрикса  $A$  с возмущением ранга не более чем 4, и найдены явный вид существенного и дискретного спектра этого оператора. Там также установлено, что оператор  $A$  имеет не более чем четыре (с учетом кратности) собственных значений вне существенного спектра. В данной работе мы продолжим изучать спектральных свойств оператора  $A$ , точнее, опишем строение резольвенты оператора  $A$  и задача состоит в обосновании этих описаний. При этом используется правило Крамера для системы трех уравнений с тремя неизвестными. Заметим, что обобщенная модель Фридрикса  $A$  ассоциировано с системой не более чем двух частиц на решетке. Известно, что некоторые актуальные задачи, в частности, задачи квантовой механики, статистической механики и гидродинамики сводятся к исследованию спектральных свойств обобщенной модели Фридрикса [2,3]. Поэтому изучение резольвенты таких операторов играют важную роль в современной математической физике.

Пусть  $T^d$  -  $d$ -мерный тор, т. е. куб  $(-\pi; \pi]^d$  — с соответствующим отождествлением противоположных граней. Всюду в работе  $T^d$  рассматривается как абелева группа в котором операции сложения и умножения на вещественное число введены как операции сложения и умножения на вещественное число в  $R^d$  по модулю  $(2\pi Z)^d$ . Здесь через  $R$  и  $Z$  обозначены множество всех вещественных и целых чисел, соответственно.

Пусть  $C$  — одномерное комплексное пространство, а  $L_2(T^d)$  — гильбертово пространство квадратично-интегрируемых (комплекснозначных) функций, определенных на  $T^d$ . Обозначим через  $H$  прямую сумму пространств  $H_0 = C$  и  $H_1 = L_2(T^d)$ , т. е.  $H = H_0 \oplus H_1$ . Пространство  $H_0$  и  $H_1$  называется нолчастичном и одночастичном подпространством фоковского пространства  $F(L_2(T^d))$  над  $L_2(T^d)$ , соответственно.

Рассмотрим обобщенную модель Фридрикса  $A$  действующую в гильбертовом пространстве  $H$  как  $2 \times 2$  блочно операторная матрица

$$A = \begin{pmatrix} A_{00} & A_{01} \\ A_{01}^* & A_{11} \end{pmatrix},$$

где матричные элементы  $A_{ij} : H_j \rightarrow H_i, i, j = 0, 1$  определяются по правилам

$$A_{00}f_0 = w_0f_0, \quad A_{01}f_1 = \int_{T^d} v_0(s)f_1(s)ds,$$

$$(A_{11}f_1)(p) = w_1(p)f_1(p) - v_1(p) \int_{T^d} v_1(s)f_1(s)ds - v_2(p) \int_{T^d} v_2(s)f_1(s)ds.$$

Здесь  $f_i \in H_i, i = 0, 1$ ,  $w_0$  - фиксированное вещественное число,  $w_1(\cdot)$  и  $v_i(\cdot), i = 0, 1, 2$  вещественно-непрерывные функции на  $T^d$ , а  $A_{01}^*$  сопряженный оператор к  $A_{01}$ .

При этих предположениях оператор  $A$  является ограниченным и самосопряженным в гильбертовом пространстве  $H$ . Надо отметить, что по определению пространства  $H$  всякий линейный ограниченный оператор в этом пространстве всегда записывается как  $2 \times 2$  блочно операторная матрица.

Обычно оператор  $A_{01}$  называется оператором уничтожения, а оператор  $A_{01}^*$  называется оператором рождения [4].

Обозначим через  $\sigma(\cdot)$ ,  $\sigma_{\text{ess}}(\cdot)$  и  $\sigma_{\text{disc}}(\cdot)$ , соответственно, спектр, существенный спектр и дискретный спектр ограниченного самосопряженного оператора.

Прежде всего дадим краткое информации о спектре оператора  $A$ . В работе [1] доказано, что  $\sigma_{\text{ess}}(A) = [m; M]$ , где числа  $m$  и  $M$  определяются следующим образом:

$$m = \min_{p \in T^d} w_1(p), \quad M = \max_{p \in T^d} w_1(p).$$

Определим регулярную в  $C \setminus [m; M]$  функции



$$I_{ij}(z) = \int_{T^d} \frac{v_i(s)v_j(s)}{w_1(s) - z} ds, \quad i, j = 0, 1, 2;$$

$$\Delta(z) = \begin{vmatrix} w_0 - z - I_{00}(z) & I_{01}(z) & I_{02}(z) \\ I_{10}(z) & 1 - I_{11}(z) & -I_{12}(z) \\ I_{20}(z) & -I_{21}(z) & 1 - I_{22}(z) \end{vmatrix}.$$

Очевидно, что функция  $\Delta(\cdot)$  является определителем симметричной матрицы, поэтому нули этой функции являются вещественными. Как было показано в работе [1] для дискретного спектра самосопряженного оператора  $A$  имеет место равенство

$$\sigma_{\text{disc}}(A) = \{z \in C \setminus [m; M] : \Delta(z) = 0\}.$$

Учитывая выше сказанные факты для спектра оператора  $A$  имеем

$$\sigma(A) = [m; M] \cup \{z \in C \setminus [m; M] : \Delta(z) = 0\}.$$

Теперь переходим к построению резольвенты обобщенной модели Фридрикса  $A$ . Для  $g_i \in H_i, i = 1, 2$  и  $z \in C \setminus [m; M]$  положим

$$b_i(g_1; z) = \int_{T^d} \frac{v_i(s)g_1(s)}{w_1(s) - z} ds, \quad i = 0, 1, 2;$$

$$\Delta_0(g_0, g_1; z) = \begin{vmatrix} g_0 - b_0(g_1; z) & I_{01}(z) & I_{02}(z) \\ b_1(g_1; z) & 1 - I_{11}(z) & -I_{12}(z) \\ b_2(g_1; z) & -I_{21}(z) & 1 - I_{22}(z) \end{vmatrix};$$

$$\Delta_1(g_0, g_1; z) = \begin{vmatrix} w_0 - z - I_{00}(z) & g_0 - b_0(g_1; z) & I_{02}(z) \\ I_{10}(z) & b_1(g_1; z) & -I_{12}(z) \\ I_{20}(z) & b_2(g_1; z) & 1 - I_{22}(z) \end{vmatrix};$$

$$\Delta_2(g_0, g_1; z) = \begin{vmatrix} w_0 - z - I_{00}(z) & I_{01}(z) & g_0 - b_0(g_1; z) \\ I_{10}(z) & 1 - I_{11}(z) & b_1(g_1; z) \\ I_{20}(z) & -I_{21}(z) & b_2(g_1; z) \end{vmatrix}.$$

Сформулируем основной результат работы о явном виде резольвенты обобщенной модели Фридрикса  $A$ .

**Теорема.** При каждом фиксированном  $z \in C \setminus \sigma(A)$  резольвента  $R(z)$  оператора  $A$  определяется следующим образом:

$$(R(z)g)_0 = \frac{\Delta_0(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)};$$

$$(R(z)g)_1 = \frac{g_1(p)}{w_1(p) - z} - \frac{v_0(p)\Delta_0(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)} + \frac{v_1(p)\Delta_1(g_0, g_1; z) + v_2(p)\Delta_2(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)(w_1(p) - z)};$$

где  $g = (g_0, g_1) \in H$ , а  $(R(z)g)_0$  и  $(R(z)g)_1$  являются компонентами вектора  $R(z)g$ , принадлежащее в  $H_0$  и  $H_1$ , соответственно.

**Доказательство.** Пусть  $z \in C \setminus \sigma(A)$ . Для построения резольвенты  $R(z)$  нам понадобится рассмотреть уравнение  $Af - zf = g$  для любых  $f = (f_0, f_1), g = (g_0, g_1) \in H$ . Для удобства, это уравнение напишем в виде следующей системы уравнений

$$(w_0 - z)f_0 + \int_{T^d} v_0(s)f_1(s)ds = g_0;$$

$$v_0(p)f_0 + (w_1(p) - z)f_1(p) - v_1(p) \int_{T^d} v_1(s)f_1(s)ds - v_2(p) \int_{T^d} v_2(s)f_1(s)ds = g_1(p). \tag{1}$$

Для любых  $p \in T^d$  и  $z \in C \setminus [m; M]$  имеет место соотношение  $w_1(p) - z \neq 0$ . Тогда из второго уравнения системы (1) для  $f_1$  имеем

$$f_1(p) = \frac{g_1(p)}{w_1(p) - z} + \frac{v_1(p)C_1 + v_2(p)C_2}{w_1(p) - z} - \frac{v_0(p)f_0}{w_1(p) - z}, \quad (2)$$

где

$$C_i = \int_{T^d} v_i(s) f_1(s) ds, \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

Подставляя полученное выражение (2) для  $f_1$  в первое уравнение системы (1) и равенству (3) имеем

$$(w_0 - z - I_{00}(z))f_0 + I_{01}(z)C_1 + I_{02}(z)C_2 = g_0 - b_0(g_1; z);$$

$$I_{10}(z)f_0 + (1 - I_{11}(z))C_1 - I_{12}(z)C_2 = b_1(g_1; z);$$

$$I_{20}(z)f_0 - I_{21}(z)C_1 + (1 - I_{22}(z))C_2 = b_2(g_1; z).$$

Так как основной детерминант  $\Delta(z)$  последней системы отлично от нуля при всех  $z \in C \setminus \sigma_{\text{disc}}(A)$ , для таких  $z$  это система уравнений имеет единственное решение  $(f_0, C_1, C_2)$ . При этом в силу правила Крамера для системы трех уравнений с тремя неизвестными компоненты  $f_0, C_1, C_2$  определяются равенствами:

$$f_0 = \frac{\Delta_0(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)}, \quad C_1 = \frac{\Delta_1(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)}, \quad C_2 = \frac{\Delta_2(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)}.$$

Далее, подставляя найденные выражения для  $f_0, C_1, C_2$  в равенство (2), получим

$$f_1(p) = \frac{g_1(p)}{w_1(p) - z} - \frac{v_0(p)\Delta_0(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)} + \frac{v_1(p)\Delta_1(g_0, g_1; z) + v_2(p)\Delta_2(g_0, g_1; z)}{\Delta(z)(w_1(p) - z)}.$$

Сопоставляя полученные выражения для  $f_0$  и  $f_1$  через  $g_0$  и  $g_1$  приходим к равенству  $f = R(z)g$ ,  $z \in C \setminus \sigma(A)$ ,  $f = (f_0, f_1)$ ,  $g = (g_0, g_1) \in H$ . Теорема доказана.

Из определения оператора  $R(z)$  видно, что резольвента  $2 \times 2$  блочно-операторной матрицы опять является  $2 \times 2$  блочно-операторная матрица.

Литература:

1. З. Д. Расулова. О дискретном спектре обобщенной модели Фридрикса с возмущением ранга не более чем 4 // Молодой учёный — 2013 — № 11 — С. 15–17.
2. Л. Д. Фаддеев. О модели Фридрикса в теории возмущений непрерывного спектра // Труды Математического Института АН СССР, 1964, Т. 73, С. 292–313.
3. Р. А. Минлос, Я. Г. Синай. Исследование спектров стохастических операторов, возникающих в решетчатых моделях газа // Теоретическая и математическая физика, 1979, Т. 2, № 2, С. 230–243.
4. К. О. Фридрихс. Возмущения спектра операторов в гильбертовом пространстве. М.: Мир, 1972.

## Построение 2+1-мерных интегрируемых уравнений

Редькина Татьяна Валентиновна, доцент;  
Кучукова Наталья Николаевна, магистрант  
Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

### Введение

Большинство процессов и явления окружающего мира представляются в виде нелинейных моделей. В связи с этим появилась необходимость научиться решать именно нелинейные уравнения, не пытаясь заменить их слишком упрощенными приближенными линейными уравнениями. Одним из направлений, которое сыграло важную роль в формировании современных представлений о свойствах нелинейных волновых процессов, является теория солитонов. Набор солитонных моделей весьма узок и содержит не более двух десятков важных для практики солитонных уравнений, например, уравнение Кортевега-де-Вриза (КдВ), Нелинейное уравнение Шредингера (НУШ), Кадомцева-Петвиаш-

вилли (КП). Sin-Gordon (SG) и т. д. [1] В связи с этим остро встал вопрос о сводимости достаточно широкого класса уравнений к солитонным уравнениям (задача редукции).

Рассмотрим способы построения двумерных интегрируемых уравнений, имеющих солитонные решения и интегрируемых с помощью обратной задачи рассеивания.

Метод построения двумерного интегрируемого уравнения, связанный с уравнением Лакса

Пусть  $L = -d_x^2 + u_x$  - оператор Шрёдингера,

$$A = 4d_x^2 d_y + \alpha d_x + \beta d_y + \frac{1}{2} \alpha_x + \frac{1}{2} \beta_x \tag{1}$$

— кососимметрический оператор третьего порядка, где  $d_x = \partial/\partial x, d_y = \partial/\partial y, u(t, x, y)$  - неизвестная функция. Функции  $\alpha(t, x, y)$  и  $\beta(t, x, y)$  необходимо найти из уравнения Лакса  $L_t = [L, A]$ .

Коммутатор операторов L и A имеет вид

$$[L, A] = -(4u_{xy} + 2\alpha_x) d_x^2 - (8u_{xx} + 2\beta_x) d_x d_y' - (8u_{xxy} + 2\alpha_{xx} + \beta_{xy}) d_x - (4u_{xxx} + \beta_{xx}) d_y - \left( 4u_{xxx} + \frac{1}{2} \alpha_{xxx} + \frac{1}{2} \beta_{xxx} + \alpha u_{xx} + \beta u_{xy} \right) \tag{2}$$

Тогда уравнение Лакса эквивалентно системе уравнений

$$\alpha_x + 2u_{xy} = 0, \beta_x + 4u_{xx} = 0, 2\alpha u_{xx} + \beta_{xy} + 8u_{xxy} = 0, \beta_{xx} + 4u_{xxx} = 0, -u_{tx} = 4u_{xxy} + \frac{1}{2} \alpha_{xxx} + \frac{1}{2} \beta_{xxy} + \alpha u_{xx} + \beta u_{xy}. \tag{3}$$

Уравнения во второй строке (3) являются следствиями уравнений первой строки, в результате находим

$$\alpha = -2u_y + k_1(y), \beta = -4u_x + k_2(y). \tag{4}$$

Будем полагать, что  $k_1(y) = k_2(y) = 0$ . Тогда уравнений (3) примет вид

$$u_{tx} = 4u_x u_{xy} + 2u_y u_{xx} - u_{xxx}. \tag{5}$$

Для функций вида  $u(t, x, y) = v(t, z), z = x + cy$  уравнение (5) переходит в уравнение Кортевага-де Вриза на функцию  $v_z$

$$v_{tz} = c(6v_z v_{zz} - v_{zzzz}). \tag{6}$$

Для функций вида  $u(t, x, y) = v(\tau, z), z = ci + y$  уравнение (3) переходит в уравнение

$$cv_{\tau z} = 4v_x v_{\tau z} + 2v_\tau v_{xx} - v_{xxx\tau} \tag{7}$$

Оно также является интегрируемым модельным уравнением для распространения длинных волн в среде с нелинейной дисперсией. Если к оператору (1) добавить оператор

$$A_1 = \gamma(4d_x^3 - 3(u_x d_x + d_x u_x)), \tag{8}$$

то из уравнения Лакса получим нелинейное уравнение вида

$$u_{tx} = 4u_x u_{xy} + 2u_y u_{xx} - u_{xxx} + \gamma(6u_x u_{xx} - u_{xxx}). \tag{9}$$

Уравнение (9) эквивалентно уравнению (5) и преобразуется в него заменой координат  $x' = x - \gamma y, y' = y$ .

### Метод построения нового двумерного интегрируемого уравнения

Пусть функция  $u(t, x, y)$  зависит от трех переменных, L — оператор Шрёдингера, оператор A — сумма операторов

$$A = -2(d_y L + L d_y) - (u_y d_x + d_x u_y) + \gamma(4d_x^3 - 6u_x d_x - 3u_{xx}) + \frac{1}{2} \alpha x d_x^3 - \frac{1}{4} (3\alpha x u_x + \alpha u + 2\beta x) d_x + \frac{1}{4} \alpha u_x - \frac{3}{8} \alpha x u_x. \tag{10}$$

Тогда операторное уравнение

$$L = \alpha L^2 + \beta L + [L, A] \tag{11}$$

будет эквивалентно следующему уравнению

$$u_{tx} = 4u_x u_{xx} + 2u_y u_{xx} - u_{xxx} - \gamma(6u_x u_{xx} - u_{xxx}) + \alpha u_x^2 + \beta u_x - \frac{1}{8} \alpha u_{xxx} + \frac{1}{4} u_{xx} (3\alpha u_x + \alpha u + 2\beta x). \tag{12}$$

Это новое двумерное дифференциальное уравнение, так же как и уравнение (5), может быть решено методом обратной задачи рассеивания. [2]

Большинство известных солитонных уравнений описывают поведение функций, зависящих от двух пространственно — временных переменных. Вследствие этого актуальность приобретает задача построения 2+1-мерного дифференциального уравнения. Рассмотрим способ получения такого уравнения из операторного уравнения Лакса

$$L_t = [L, A] = LA - AL. \tag{13}$$

**Теорема.** Уравнение

$$\alpha v_x + \frac{\alpha^2 k}{2} (\ln u)_{xx} - \frac{\gamma^2}{2k} (\ln u)_{yy} = \frac{a}{2\alpha} (u_z + \gamma u_y) + \frac{\gamma}{2k} (\ln u)_{yz} - \frac{\alpha}{2} (\ln u)_{xz} \tag{14}$$

обладает парой Лакса с операторами  $L$  и  $A$  вида

$$L = \begin{pmatrix} \alpha & 0 \\ a & -\alpha \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} + \begin{pmatrix} \frac{\gamma}{2k} (\ln u)_y - \frac{\alpha}{2} (\ln u)_x & u \\ \frac{a^2}{4\alpha^2} u + \frac{\gamma a}{2\alpha k} (\ln u)_y & -\frac{\gamma}{2k} (\ln u)_y - \frac{\alpha}{2} (\ln u)_x \end{pmatrix},$$

$$A = \begin{pmatrix} 2\alpha k + \beta & 0 \\ ak & \beta \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} + \begin{pmatrix} \gamma & 0 \\ 0 & \gamma \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial y} + \begin{pmatrix} v & ku \\ ku - \frac{a}{2\alpha} ((\ln u)_z + \gamma (\ln u)_y) & v + (\ln u)_z \end{pmatrix}.$$

где  $(\alpha k + \beta) \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}$ ,  $v(x, t)$  — произвольная функция.

**Доказательство.** Рассмотрим частный случай, когда оператор  $L$  не содержит дифференцирования по  $x$  и имеет структуру

$$L = \begin{pmatrix} \alpha & 0 \\ a & -\alpha \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} + \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} \\ u_{21} & u_{22} \end{pmatrix}, \tag{15}$$

$$A = \begin{pmatrix} 2\alpha k + \beta & 0 \\ ak & \beta \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} + \begin{pmatrix} \gamma & 0 \\ 0 & \gamma \end{pmatrix} \frac{\partial}{\partial y} + \begin{pmatrix} v_{11} & ku_{12} \\ ku_{12} + \frac{a}{2\alpha} (v_{11} - v_{22} + k(u_{22} - u_{11})) & v_{22} \end{pmatrix} \tag{16}$$

где  $\alpha, a, \beta, \gamma, k$  — произвольные постоянные,  $v_{ij}, u_{ij}$  — произвольные функции трех переменных  $x, y$  и  $t$ . Та-

кой выбор операторов обуславливает равенство нулю коэффициентов при дифференциалах  $\frac{\partial^2}{\partial x^2}, \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}, \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}$ .

Выведем уравнение в частных производных, эквивалентное операторному уравнению Лакса. Для этого найдем элементы матричного уравнения  $L_t = [L, A]$ , используя обозначение  $(\alpha k + \beta) \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}$  и принимая во

внимание условие  $u_{1,2} \neq 0$ :

$$\alpha (v_{22} - ku_{11})_x - \gamma u_{11y} = \frac{a}{2\alpha} u_{12} (v_{11} - ku_{11} - v_{22} + ku_{22}) + u_{11z}, \tag{17}$$

$$v_{22} + ku_{11} - v_{11} - ku_{22} = \gamma (\ln u_{12})_y + (\ln u_{12})_z, \tag{18}$$

$$\frac{a}{2}(v_{22} + v_{11} - ku_{11} - ku_{22})_x - \nu_{21y} + \left[ u_{21} + \frac{a}{2\alpha}(u_{22} - u_{11}) \right] (v_{11} - ku_{11} - v_{22} + ku_{22}) = u_{21z}, \quad (19)$$

$$\alpha(v_{22} - ku_{22})_x + \nu_{22y} + \frac{a}{2\alpha}u_{12}(v_{11} - ku_{11} - v_{22} + ku_{22}) = -u_{22z} \quad (20)$$

С учетом равенства (18) определим дополнительные условия так чтобы

$$v_{22} = v_{11} + (\ln u_{12})_z, \quad (21)$$

$$u_{11} = u_{22} + \frac{\gamma}{k}(\ln u_{12})_y. \quad (22)$$

Подставим найденные значения в оставшуюся систему (10.6–9)

$$\alpha(v_{11x} - ku_{22x} - \gamma(\ln u_{12})_{xy}) - \nu_{22y} - \frac{\gamma^2}{k}(\ln u_{12})_{yy} = \frac{a}{2\alpha}(u_{12z} + \nu_{12y}) + u_{22z} + \frac{\gamma}{k}(\ln u_{12})_{yz}, \quad (23)$$

$$\frac{a}{2}(2v_{11} - 2ku_{22} + (\ln u_{12})_z - \gamma(\ln u_{12})_y)_x - \nu_{21y} - \left[ u_{21} - \frac{a\gamma}{2\alpha k}(\ln u_{12})_y \right] [(\ln u_{12})_z + \gamma(\ln u_{12})_y] = u_{21z}, \quad (24)$$

$$\alpha(v_{11x} + (\ln u_{12})_{xz} - ku_{22x}) + \nu_{22y} - \frac{a}{2\alpha}(u_{12z} + \nu_{12y}) = -u_{22z}. \quad (25)$$

Найдем разность (23) и (25):

$$-\alpha\gamma(\ln u_{12})_{xy} - 2\nu_{22y} - \frac{\gamma^2}{k}(\ln u_{12})_{yy} - \alpha(\ln u_{12})_{xz} = 2u_{22z} + \frac{\gamma}{k}(\ln u_{12})_{yz},$$

или  $\gamma \left[ \alpha(\ln u_{12})_x + 2u_{22} + \frac{\gamma}{k}(\ln u_{12})_y \right]_y + \left[ \alpha(\ln u_{12})_x + 2u_{22} + \frac{\gamma}{k}(\ln u_{12})_y \right]_z = 0,$

что позволяет определить функцию  $u_{22}$

$$u_{22} = -\frac{\gamma}{2k}(\ln u_{12})_y - \frac{\alpha}{2}(\ln u_{12})_x. \quad (26)$$

Выразим  $v_{11x} - ku_{22x}$  из (25)

$$v_{11x} - ku_{22x} = \frac{a}{2\alpha^2}(u_{12z} + \nu_{12y}) - \frac{1}{\alpha}u_{22z} - (\ln u_{12})_{xz} - \frac{\gamma}{\alpha}u_{22y}. \quad (27)$$

и выполним подстановку найденной функции (26)

$$v_{11x} - ku_{22x} = \frac{a}{2\alpha^2}(u_{12z} + \nu_{12y}) + \frac{\gamma}{2\alpha k}(\ln u_{12})_{yz} - \frac{1}{2}(\ln u_{12})_{xz} + \frac{\gamma^2}{2\alpha k}(\ln u_{12})_{yy} + \frac{\gamma}{2}(\ln u_{12})_{xy}.$$

Найденное соотношение (27) подставим в (24)

$$\frac{a^2}{2\alpha^2}(u_{12z} + \nu_{12y}) + \frac{\gamma a}{2\alpha k}(\ln u_{12})_{yz} + \frac{\gamma^2 a}{2\alpha k}(\ln u_{12})_{yy} - \nu_{21y} - \left[ u_{21} - \frac{a\gamma}{2\alpha k}(\ln u_{12})_y \right] [(\ln u_{12})_z + \gamma(\ln u_{12})_y] = u_{21z}$$

и умножим все члены на  $u_{12}$

$$\frac{a^2}{2\alpha^2}u_{12}(u_{12z} + \mu_{12y}) + \frac{\gamma a}{2\alpha k}u_{12}(\ln u_{12})_{yz} + \frac{\gamma^2 a}{2\alpha k}u_{12}(\ln u_{12})_{yy} - \mu_{12}u_{21y} - u_{21}(u_{21z} + \mu_{21y}) + \frac{a\gamma}{2\alpha k}(\ln u_{12})_y(u_{21z} + \mu_{21y}) = u_{12}u_{21z},$$

тогда выделяя полные производные, имеем

$$\frac{a^2}{4\alpha^2}[(u_{12}^2)_z + \gamma(u_{12}^2)_y] + \frac{\gamma a}{2\alpha k}[u_{12}(\ln u_{12})_y]_z + \frac{\gamma^2 a}{2\alpha k}[u_{12}(\ln u_{12})_y]_y - \gamma(u_{12}u_{21})_y = (u_{12}u_{21})_z$$

или

$$\left[ \frac{a^2}{4\alpha^2}u_{12}^2 + \frac{\gamma a}{2\alpha k}u_{12}(\ln u_{12})_y - u_{12}u_{21} \right]_z + \gamma \left[ \frac{a^2}{4\alpha^2}u_{12}^2 + \frac{\gamma a}{2\alpha k}u_{12}(\ln u_{12})_y - u_{12}u_{21} \right]_y = 0$$

в результате можно найти функцию  $u_{21}$

$$u_{21} = \frac{a^2}{4\alpha^2}u_{12} + \frac{\gamma a}{2\alpha k}(\ln u_{12})_y. \tag{28}$$

И так, в ходе преобразований системы (10.12–14) из (24) найдена функция  $u_{21}$ , а из (25) —  $u_{22}$ , поэтому осталось единственное уравнение (23), связывающее две функции  $u_{12} = u$  и  $v_{11} = v$

$$\alpha v_x + \frac{\alpha^2 k}{2}(\ln u)_{xx} - \frac{\gamma^2}{2k}(\ln u)_{yy} = \frac{a}{2\alpha}(u_z + \mu_y) + \frac{\gamma}{2k}(\ln u)_{yz} - \frac{\alpha}{2}(\ln u)_{xz}, \tag{29}$$

где  $(\alpha k + \beta) \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}$ .

В последующих исследованиях будем считать произвольную функцию  $v(x, y, z) = 0$ , тогда уравнение примет вид

$$\alpha^2 k^2 (\ln u)_{xx} - \gamma^2 (\ln u)_{yy} - \gamma (\ln u)_{yz} + \alpha k (\ln u)_{xz} = \frac{a}{\alpha} k (u_z + \mu_y). \tag{30}$$

Полученное уравнение в частных производных имеет вид локального закона сохранения, при этом функция  $v$  является произвольной и может описывать некоторое возмущение уравнения. При подстановке в (15), (16) найденные значения  $v_{22}, u_{11}, u_{21}, u_{22}$  из равенств (21), (22), (28), (26) получим операторы Лакса.

Уравнения  $k(u_{11} - u_{22}) - v_{11} + v_{22} = (\alpha k + \beta)(\ln u_{12})_x + (\ln u_{12})_t$  и (29) имеют общей оператор рассеяния  $L$ , а, следовательно, уравнения на собственные значения совпадают формально, но при этом собственное значение оператора  $L$  в одном случае являются постоянными, а во втором представляют собой некоторые функции, зависящие от дополнительной переменной  $y$ .

Литература:

1. Журавлев В. М. Нелинейные волны в многокомпонентных системах с дисперсией и диффузией. Точно решаемые модели. Ульяновск: УлГУ, 2001.
2. Богоявленский О. И. Опрокидывающиеся солитоны. М.: Наука. 1991.

## Сильные средние уклонений операторов Валле Пуссена

Силин Евгений Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель  
Донбасский государственный педагогический университет (г. Славянск, Донецкая область, Украина)

*Работа посвящена распространению результатов исследований сильных средних отклонений операторов Фурье на случай, когда в качестве агрегатов приближения выступают операторы Валле Пуссена.*

1. В теории рядов Фурье хорошо известно, что  $\forall f \in L$  почти всюду на  $\mathbb{R}$  выполняется соотношение  $\frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} (f(x) - S_k(f; x)) = o(1)$ , где  $S_k(f; x)$  — частные суммы Фурье функции  $f(x)$ ,  $o(1) \rightarrow 0$  при  $n \rightarrow \infty$ .

Харди и Литтлвуд поставили вопрос: будет ли  $\forall f \in L$  выполняться более общее соотношение

$$\frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} |f(x) - S_k(f; x)|^p = o(1), \quad p > 0 \quad ? \tag{1}$$

Если соотношение (1) выполнено, то говорят, что ряд Фурье функции  $f(x)$  является сильно суммируемым с показателем  $p$ .

Исследованию сформулированного вопроса для сумм и операторов Фурье на классах  $\overline{\psi}$ -интегралов периодических функций и классах  $(\psi, \beta)$ -производных локально интегрируемых функций были посвящены работы [1, 2].

Мы обобщим эти исследования на случай классов  $\overline{\psi}$ -интегралов локально интегрируемых функций когда аппаратом аппроксимации выступают операторы Валле Пуссена.

Сначала приведем определение классов Степанца (см. [3]).

Обозначим через  $\mathfrak{A}$  множество непрерывных при  $v \geq 0$  функций  $\psi(v)$ , которые удовлетворяют условия: 1)  $\psi(v) \geq 0$ ,  $\psi(0) = 0$ ,  $\psi(v)$  возрастает на  $[0, 1)$ ; 2)  $\psi(v)$  выпукла вниз на  $[1, \infty)$  и  $\lim_{v \rightarrow \infty} \psi(v) = 0$ ; 3) производная  $\psi'(v) = \psi'(v+0)$  имеет ограниченную вариацию на  $[0, \infty)$ . Подмножество функций  $\psi(v)$ , для которых  $\int_1^{\infty} \frac{\psi(v)}{v} dv < \infty$ , обозначают  $\mathfrak{A}'$ . Множество функций  $\psi(v)$ , которые удовлетворяют лишь условию 2) обозначают  $\mathfrak{M}$ .

Для пары  $\psi_1, \psi_2 \in \mathfrak{A}$  определим функцию  $\overline{\psi} : \overline{\psi} = \psi_{1+} + i\psi_{2-}$ , где  $\psi_{1+}$  и  $\psi_{2-}$  — четное и нечетное продолжения функций  $\psi_1, \psi_2$  соответственно.

Пусть  $\widehat{L}$  — множество функций  $f$ , которые определены на действительной оси и имеют конечную норму  $\|f\|_p^{\widehat{L}} = \sup_{a \in \mathbb{R}} \int_a^{a+2\pi} |f(t)| dt$ ,  $p \in [1, \infty)$ ,  $\|f\|_{\infty}^{\widehat{L}} = \text{ess sup}_{t \in \mathbb{R}} |f(t)|$ . Тогда через  $\widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$  будем обозначать подмножество непрерывных функций  $f \in \widehat{L}$ , которые для всех  $x$  можно представить в виде следующего равенства:

$$f(x) = A + \int_{\mathbb{R}} \varphi(x+t) \widehat{\psi}(t) dt = A + (\varphi * \widehat{\psi})(x), \tag{2}$$

где  $A = \text{const}$ , интеграл понимаем как границу по симметричным расширяющимся промежуткам,  $\varphi \in \mathcal{M}$ , т. е.,  $\text{ess sup} |\varphi(t)| < \infty$ ,

$$\widehat{\psi}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{\mathbb{R}} \overline{\psi}(x) e^{-ixt} dx. \tag{3}$$

Если  $\psi_1 \in \mathfrak{A}$ ,  $\psi_2 \in \mathfrak{A}'$ , то преобразование  $\widehat{\psi}(t)$  суммируемо на действительной оси (см., например, [4]).

Следуя А. И. Степанцу [5], функцию  $\varphi(\cdot)$  в изображении (2) называют  $\overline{\psi}$  – производной функции  $f(\cdot)$  и обозначают  $f^{\overline{\psi}}(\cdot)$ .

Для приближения функций из классов  $\widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$  будем использовать операторы Валле Пуссена

$$V_{\sigma,c}(f;x) = A + f^{\overline{\psi}} * (\widehat{\lambda_{\sigma,c} \overline{\psi}})(x), \tag{4}$$

где  $f \in \widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$ , а  $\widehat{\lambda_{\sigma,c} \overline{\psi}}(x)$  преобразование вида (3) функции  $\lambda_{\sigma,c}(t) \overline{\psi}(t)$ , в которой

$$\lambda_{\sigma,c}(t) = 1, 0 \leq |t| \leq c, \frac{\sigma - |t|}{\sigma - c}, c \leq |t| \leq \sigma, 0, \sigma \leq |t|, \quad \sigma > c \geq 1. \tag{5}$$

Такие операторы рассматривались А. И. Степанцом в работах [3, 4, 6], где показано, что при определенных условиях  $V_{\sigma,c}(f;x)$  принадлежат к множеству  $\mathcal{E}_\sigma$  целых функций экспоненциального типа  $\leq \sigma$ , а в периодическом случае, при натуральных  $\sigma$  и  $c$  операторы  $V_{\sigma,c}(f;x)$  совпадают с суммами Валле Пуссена.

Далее, следуя [4], из множества  $\mathfrak{A}$  выделим подмножества  $\mathfrak{A}_0$  и  $\overline{F}$ . Каждой функции  $\psi \in \mathfrak{M} \quad \forall t \geq 1$  сопоставим пару функций  $\eta(t) = \psi^{-1}(\psi(t)/2)$  и  $\mu(t) = t/(\eta(t) - t)$ .

Тогда:  $\mathfrak{M}_0 = \{\psi \in \mathfrak{M} : 0 < \mu(\psi, t) \leq K_1\}$ ,  $\mathfrak{A}_0 = \mathfrak{M}_0 \cap \mathfrak{A}$ ,  $\mathfrak{A}'_0 = \mathfrak{A}_0 \cap \mathfrak{A}'$ ,  $\overline{F} = \{\psi \in \mathfrak{A} : \eta'(t) \leq K_2\}$ , где  $K_1, K_2$  – некоторые постоянные, которые, возможно, зависят от функции  $\psi(t)$ .

Аппроксимативные свойства операторов Валле Пуссена в нашей работе характеризуются функционалами

$$\mathcal{H}_d^{(p)}(f;x;\alpha) = \int_d^\infty \alpha(\sigma) |f(x) - V_{\sigma,c}(f;x)|^p d\sigma, \quad d \geq 1, \quad p > 0,$$

в которых  $\alpha(\sigma)$  – некоторая неотрицательная непрерывная при всех  $\sigma \geq d$  функция.

Положим:  $W_\sigma^2 = \left\{ \varphi \in \mathcal{E}_\sigma : \int_{-\infty}^\infty \frac{|\varphi^2(t)|}{(1+|t|)^2} dt < \infty \right\}$ ;  $E_\sigma(f) = \inf_{\varphi \in W_\sigma^2} \operatorname{esssup}_{x \in \mathbb{R}} |f(x) - \varphi(x)|$ ;  $c = \sigma - h$   
и  $\Theta = \lim_{\sigma \rightarrow \infty} \frac{h}{\sigma}$ .

В принятых обозначениях имеют место утверждения.

**Теорема 1.** Пусть  $\psi_i \in \overline{F}$ ,  $i = 1, 2$  и такие, что найдутся константы  $K_1$  и  $K_2$  для которых выполняется условие

$$0 < K_1 \leq \frac{\eta(\psi_1; \sigma) - \sigma}{\eta(\psi_2; \sigma) - \sigma} \leq K_2 < \infty, \quad \sigma \geq 1. \tag{6}$$

Числа  $h = h(\sigma)$ , удовлетворяют условию:  $\sigma - h \in [\eta^{-1}(\psi_i; \sigma), \sigma]$ ,  $i = 1, 2$ . Пусть, далее,  $p$  – произвольное положительное число и функция  $\alpha(\sigma)$  такова, что произведение  $\alpha(\sigma) |\overline{\psi}(\sigma)|^p$  не возрастает  $\forall \sigma > 1$ .

Тогда, если  $f \in \widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$ , то для произвольных  $d \geq 1$  выполняется неравенство

$$\| \mathcal{H}_d^{(p)}(f;x;\alpha) \|_c \leq K(\alpha(d) |\overline{\psi}(d)|^p (\eta(d) - d) E_{d-h}^p(f^{\overline{\psi}}) +$$



$$+ \int_d^\infty \alpha(\sigma) |\bar{\psi}(\sigma)|^p E_{\sigma-h}^p(f^{\bar{\psi}}) d\sigma, \tag{7}$$

в котором  $K$  — величина, не зависящая от  $f(\cdot)$ ,  $d$  и  $h$ ; в качестве величины  $\eta(\sigma) = \eta(\sigma, \psi)$  может выступать любая из функций  $\eta(\sigma, \psi_i)$ ,  $i = 1, 2$ .

**Теорема 2.** Пусть  $\psi_1 \in \mathfrak{A}_0$ ,  $\psi_2 \in \mathfrak{A}'_0$ , числа  $\sigma$  и  $h = h(\sigma)$ ,  $\sigma > h$  выбраны так, что  $0 \leq \Theta < 1$ ,  $p > 0$ , а функция  $\alpha(\sigma)$  такова, что произведение  $\alpha(\sigma)\beta(\sigma)$ , где  $\beta(\sigma) = \int_\sigma^\infty \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + |\bar{\psi}(\sigma)|$ , не возрастает  $\forall \sigma > 1$ .

Тогда, если  $f \in \widehat{C}^{\bar{\psi}} \mathcal{M}$ , то для произвольных  $d \geq 1$  выполняется неравенство

$$\| \mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) \|_C \leq K(d\alpha(d)\beta^p(d)E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) + \int_d^\infty \alpha(\sigma)\beta(\sigma)E_{\sigma-h}^p(f^{\bar{\psi}})d\sigma), \tag{8}$$

в котором  $K$  — величина не зависящая от  $f(\cdot)$ ,  $d$  и  $h$ .

**Замечание.** В случае  $h = 1$ ,  $\psi_1(\sigma) = \psi(\sigma) \cos \frac{\beta\pi}{2}$ ,  $\psi_2(\sigma) = \psi(\sigma) \sin \frac{\beta\pi}{2}$ ,  $\beta \in \mathbb{R}$  и  $\lambda_{\sigma,1}^*(t) = 1, 0 \leq t \leq \sigma - 1, 1 - \frac{(t - \sigma + 1)\psi(\sigma)}{\psi(t)}, \sigma - 1 \leq t \leq \sigma, 0, t \geq \sigma$ ;  $\text{esssup}_{t \in \mathbb{R}} |f^{\bar{\psi}}(t)| \leq 1$ , (т. е., для

классов  $\widehat{C}_{\beta, \infty}^{\bar{\psi}}$ ) теоремы 1 и 2 получены А. И. Степанцом и Н. Л. Пачулиа [2]. Заметим, что в аналоге теоремы 2 рассматривается лишь случай  $\beta = 0$ . Для сумм Фурье в периодическом случае аналогичная задача была решена А. И. Степанцом.

**2. Доказательство теорем** начнем с получения некоторых вспомогательных утверждений. Пусть  $f(x) - V_{\sigma, \sigma-h}(f; x) = \rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)$ . Величину  $\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)$  рассмотрим в двух частных случаях, в зависимости от скорости следования к нулю пары функций  $\psi_1, \psi_2$ .

**Лемма 1.** Пусть  $\psi_1 \in \mathfrak{A}_0$ ,  $\psi_2 \in \mathfrak{A}'_0$ , числа  $\sigma$  и  $h = h(\sigma)$ ,  $\sigma > h \geq 1$  выбраны так, что  $\Theta \in [0, 1)$ , постоянная  $a \in (0, \pi\sigma/h)$ . Тогда  $\forall f \in \widehat{C}^{\bar{\psi}} \mathcal{M}$  в каждой точке  $x \in \mathbb{R}$

$$\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x) = \frac{-|\bar{\psi}(\sigma)|}{\pi} \int_{\frac{a}{\sigma} \leq |t| \leq \frac{\pi}{h}} \delta(x+t) \frac{\sin(\sigma t - \theta)}{t} dt + \frac{1}{\pi} \int_{|t| \leq a/\sigma} \delta(x+t) \int_0^\infty \psi_2(s) \sin st ds dt + A_{\sigma, h}(f; x), \tag{9}$$

где  $\delta(v) = f^{\bar{\psi}}(v) - \varphi(v)$ ,  $\varphi(v)$  — функция из множества  $W_{\sigma-h}^2$ , для которой  $E_{\sigma-h}(f) = \|f^{\bar{\psi}}(x) - \varphi(x)\|_C$ ,  $\theta = \text{arctg} \frac{\psi_2(\sigma)}{\psi_1(\sigma)}$ ,  $|A_{\sigma, h}(f; x)| \leq K |\bar{\psi}(\sigma)| E_{\sigma-h}(f^{\bar{\psi}})$ .

**Лемма 2.** Пусть  $\psi_i \in \bar{F}$ ,  $i = 1, 2$  и выполнено условие (6), числа  $h = h(\sigma)$  такие, что  $\sigma - h \in [\eta^{-1}(\psi_i; \sigma); \sigma]$ ,  $i = 1, 2$ . Функции  $a_i = a_i(\sigma) = (\eta(\psi_i, \sigma) - \sigma)^{-1}$ ,  $i = 1, 2$ .

Тогда, если  $f \in \widehat{C}^{\bar{\psi}} \mathcal{M}$ , то  $\forall x \in \mathbb{R}$  и действительных чисел  $\sigma > h \geq 1$ ,

$$\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x) = \nu_a \frac{|\overline{\psi}(\sigma)|}{\pi} \int_{m_a \leq |t| \leq M_a} \delta(x+t) \frac{\sin(\sigma t - \theta)}{t} dt + d^{\psi_1}(a_1; f; x) + d^{\psi_2}(a_2; f; x), \tag{10}$$

где  $\nu_a = \text{sign}(a(\sigma) - \frac{\pi}{h})$ ,  $m_a = \min\{a(\sigma); \frac{\pi}{h}\}$ ,  $M_a = \max\{a(\sigma); \frac{\pi}{h}\}$ , в роли функции  $a(\sigma)$  может выступать любая из функций  $a_i(\sigma), i = 1, 2$ ,  $\delta(v) = f^{\overline{\psi}}(v) - \varphi(v)$ ,  $\varphi(v)$  — функция из  $W_{\sigma-h}^2$ , для которой  $E_{\sigma-h}(f) = \|f^{\overline{\psi}}(x) - \varphi(x)\|_C$ ,  $\theta = \arctg \frac{\psi_2(\sigma)}{\psi_1(\sigma)}$ , и  $|d^{\psi_i}(a_i; f; x)| \leq KE_{\sigma-h}(f^{\overline{\psi}}) |\overline{\psi}_i(\sigma)|$ ,

3. Пусть  $d \geq 1$  и  $\gamma(d) = \begin{cases} \eta(d) - d, & \psi_1, \psi_2 \in \overline{F}; \\ d, & \psi_1 \in \mathfrak{A}_0, \psi_2 \in \mathfrak{A}_0'; \end{cases}$

$$A_d^p(f; x) = \left( \frac{1}{\gamma(d)} \int_d^{d+\gamma(d)} |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f, x)|^p d\sigma \right)^{1/p}, \quad p > 0. \tag{12}$$

Следующим шагом в доказательстве теорем 1 и 2 будет такое утверждение.

**Лемма 3.** Пусть  $\psi_i \in \overline{F}$ ,  $i = 1, 2$  и выполнено условие (6), числа  $h = h(\sigma)$  выбираются так, что  $\sigma - h \in [\eta^{-1}(\psi_i; \sigma), \sigma]$ ,  $i = 1, 2$ .

Тогда, если  $f \in \widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$ , то для любых  $x \in \mathbb{R}$ ,  $d \geq 1$ ,  $p > 0$

$$A_d^p(f; x) \leq KE_{d-h}(f^{\overline{\psi}}) |\overline{\psi}(\sigma)| \tag{13}$$

Если же  $\psi_1 \in \mathfrak{A}_0$ ,  $\psi_2 \in \mathfrak{A}_0'$ , числа  $\sigma$  и  $h$ ,  $\sigma > h \geq 1$  избраны так, что  $\Theta \in [0, 1)$ , постоянная  $a \in (0, \pi\sigma/h)$ , то  $\forall x \in \mathbb{R}$ ,  $d \geq 1$ ,  $p > 0$  и  $f \in \widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$

$$A_d^p(f; x) \leq KE_{d-h}(f^{\overline{\psi}}) \left( \int_d^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + |\overline{\psi}(\sigma)| \right). \tag{14}$$

В соотношениях (13) и (14)  $K$  — величина, которая равномерно ограничена по  $\sigma$ ,  $h$  и  $f \in \widehat{C}^{\overline{\psi}} \mathcal{M}$ .

**Доказательство.** Из неравенства Гельдера следует, что величина  $A_d^p(f; x)$  не убывает по параметру  $p$ , поэтому неравенства (13) и (14) достаточно доказать лишь при  $p \geq 2$ . Сначала докажем неравенство (13).

Используя равенство (10) и неравенство Минковского, получим

$$A_d^p(f; x) \leq \left( \frac{1}{\gamma(d)} \int_d^{\gamma(d)} \left| \nu_a \frac{|\overline{\psi}(\sigma)|}{\pi} \int_{m_a \leq |t| \leq M_a} \frac{\delta(x+t)}{t} \times \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} + K \left( \frac{1}{\gamma(d)} \int_d^{\gamma(d)} (|\overline{\psi}(\sigma)| E_{\sigma-h}(f^{\overline{\psi}}))^p d\sigma \right)^{1/p} = I_1 + I_2. \tag{15}$$

Поскольку функция  $|\overline{\psi}(\sigma)| E_{\sigma-h}(f^{\overline{\psi}})$  не возрастает, то

$$I_2 \leq K \left( \frac{1}{\gamma(d)} |\overline{\psi}(d)|^p E_{d-h}^p(f^{\overline{\psi}}) (\eta(d) - d) \right)^{1/p} = K |\overline{\psi}(d)| E_{d-h}(f^{\overline{\psi}}). \tag{16}$$

Перейдем к получению оценки величины  $I_1$ . Отметим, что

$$\left| \int_{m_a \leq |t| \leq M_a} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right| = \left| \int_{\pi/h}^{a(d)} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt + \int_{a(d)}^{a(\sigma)} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right|.$$

Применяя неравенство Минковского, получим

$$I_1 \leq \frac{|\bar{\psi}(d)|}{\pi} \left( \frac{1}{\gamma(d)} \int_d^{\eta(d)} \left| \int_{\pi/h}^{a(d)} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} + \frac{|\bar{\psi}(d)|}{\pi} \left( \frac{1}{\gamma(d)} \int_d^{\eta(d)} \left| \int_{a(d)}^{a(\sigma)} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} = I_1^* + I_1^{**}. \tag{17}$$

Далее,

$$I_1^{**} \leq \max_{\sigma \in [d, \eta(d)]} \frac{|\bar{\psi}(d)|}{\pi} \left| \int_{a(d)}^{a(\sigma)} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right| \leq K |\bar{\psi}(d)| E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}) \max_{\sigma \in [d, \eta(d)]} \left| \ln \frac{\gamma(d)}{\gamma(\sigma)} \right|.$$

Поскольку, как было установлено в работе [8, с. 239] (соотношение (14.21)),

$$0 < K_1 \leq \frac{\gamma(d)}{\gamma(\sigma)} \leq K_2, \quad \sigma \in [d, \eta(d)], \tag{18}$$

то

$$I_1^{**} \leq K |\bar{\psi}(d)| E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}). \tag{19}$$

Для оценки интеграла  $I_1^*$  применим неравенство Хаусдорфа-Юнга:

$$\left( \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-ixt} dt \right|^{q'} dx \right)^{1/q'} \leq \left( \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^q dx \right)^{1/q}, \quad f \in L_q, \quad 1 < q \leq 2, \quad q' = \frac{q}{1-q}.$$

С этой целью положим  $\Phi_x(t) = \begin{cases} \frac{\delta(x+t)}{t}, & t \in [m_a, M_a]; \\ 0, & t \notin [m_a, M_a]. \end{cases}$

Тогда

$$\begin{aligned} I_1^* &= \frac{|\bar{\psi}(d)|}{\pi} \left( \frac{1}{\gamma(d)} \int_d^{\eta(d)} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_x(t) \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} \leq \\ &\leq K |\bar{\psi}(d)| (\gamma(d))^{-1/p} \left( \int_{-\infty}^{\infty} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_x(t) \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} \leq \\ &\leq K |\bar{\psi}(d)| (\gamma(d))^{-1/p} \left| \int_{\pi/h}^{a(d)} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^{p'} \leq \\ &\leq K |\bar{\psi}(d)| (\gamma(d))^{-1/p} E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}) |a(d)|^{1-p'} - (\pi/h)^{1-p'} |^{1/p'}. \end{aligned}$$

Поскольку  $\sigma - h \in [\eta^{-1}(\psi_i; \sigma), \sigma]$ , то

$$\frac{h}{\eta(\psi_i; \sigma) - \sigma} = \frac{h}{\sigma - \eta^{-1}(\psi_i; \sigma)} \frac{\sigma - \eta^{-1}(\psi_i; \sigma)}{\eta(\psi_i; \sigma) - \sigma} \leq K, \quad i=1,2. \tag{20}$$

А потому  $(\gamma(d))^{-1/p} |(a(d))^{1-p'} - (\pi/h)^{1-p'}|^{1/p'} \leq K$ .

Итак,

$$I_1^* \leq K |\bar{\psi}(d)| E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}) \tag{21}$$

Сравнивая соотношения (12) и (15) — (21) приходим к оценке (13).

Перейдем к доказательству неравенства (14).

Используя соотношение (9) из леммы 1 и неравенство Минковского, согласно равенства (12), получим

$$\begin{aligned} A_d^p(f; x) &\leq \left( \frac{1}{d} \int_d^{2d} \left| \frac{|\bar{\psi}(\sigma)|}{\pi} \int_{\frac{a}{\sigma} \leq |t| \leq \frac{\pi}{h}} \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{\frac{1}{p}} + \\ &+ \left( \frac{1}{d} \int_d^{2d} \left| \frac{1}{\pi} \int_{|t| \leq a/\sigma} \delta(x+t) \int_{\sigma}^{\infty} \psi_2(s) \sin st ds dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} + \\ &+ K \left( \frac{1}{d} \int_d^{2d} (|\bar{\psi}(\sigma)| E_{\sigma-h}(f^{\bar{\psi}}))^p d\sigma \right)^{1/p} = J_1 + J_2 + J_3. \end{aligned} \tag{22}$$

Поскольку функция  $|\bar{\psi}(\sigma)| E_{\sigma-h}(f^{\bar{\psi}})$  не возрастает, то

$$J_3 \leq K |\bar{\psi}(d)| E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}). \tag{23}$$

Далее мы воспользуемся соотношением (5.5.4) из работы [7, с. 236], при доказательстве которого периодичность функции  $f(\cdot)$  и включение  $\sigma \in \mathbb{N}$  не использовались, а потому

$$\frac{1}{\pi} \int_{\frac{|t| \leq a}{\sigma}} \left| \int_{\sigma}^{\infty} \psi_2(s) \sin st ds \right| dt = \frac{2}{\pi} \int_{\sigma}^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + O(|\bar{\psi}(\sigma)|). \tag{24}$$

Принимая во внимание соотношения (24), имеем

$$J_2 \leq 2E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}) \left( \frac{2}{\pi} \int_{\sigma}^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + O(1) |\bar{\psi}(\sigma)| \right). \tag{25}$$

Остается установить аналогичную оценку и для интеграла  $J_1$ .

При каждых фиксированных  $x$  и  $\sigma$  положим

$$\phi_x(t) = \begin{cases} \frac{\delta(x+t)}{t}, & |t| \in [a/\sigma, \pi/h]; \\ 0, & |t| \notin [a/\sigma, \pi/h]. \end{cases}$$

Применяя неравенство Хаусдорфа-Юнга получим

$$\begin{aligned} J_1 &\leq \frac{|\bar{\psi}(d)|}{\pi} \left( \frac{1}{d} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \phi_x(t) \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) dt \right|^p d\sigma \right)^{1/p} \leq \\ &\leq \left( \frac{1}{d} \right)^{1/p} \left| \int_{a/\sigma \leq |t| \leq \pi/h} \left| \frac{\delta(x+t)}{t} \sin(\sigma t - \theta) \right|^{p'} dt \right|^{1/p'} \leq \end{aligned}$$

$$\leq \left(\frac{1}{d}\right)^{1/p} E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}) \left| \int_{\frac{a}{\sigma} \leq |t| \leq \frac{\pi}{h}} \left| \frac{dt}{t} \right|^{p'} \right|^{1/p'} \leq K \left(\frac{1}{d}\right)^{1/p} E_{d-h}(f^{\bar{\psi}}). \tag{26}$$

При нахождении этого неравенства мы воспользовались также условием  $\Theta \in [0,1]$ . Из соотношений (22) — (23) и (25) — (26) следует неравенство (14).

Лемма 4 окончательно доказана.

4. Перейдем непосредственно к доказательству теоремы 1.

Пусть  $d_0 = d$ ,  $d_i = \eta(d_{i-1})$ ,  $i \in \mathbb{N}$ . Тогда

$$\mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) = \int_d^\infty \alpha(\sigma) |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)|^p d\sigma = \sum_{i=0}^\infty \int_{d_i}^{d_{i+1}} \alpha(\sigma) |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)|^p d\sigma.$$

Выберем числа  $\sigma_i \in [d_i, d_{i+1}]$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots$  исходя из условия  $\alpha(\sigma_i) = \max_{\sigma \in [d_i, d_{i+1}]} \alpha(\sigma)$ .

Согласно лемме 3, имеем

$$\begin{aligned} \int_{d_i}^{d_{i+1}} \alpha(\sigma) |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)|^p d\sigma &\leq \alpha(\sigma_i) \int_{d_i}^{d_{i+1}} |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)|^p d\sigma \leq \\ &\leq K \alpha(\sigma_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p E_{d_i-h}(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d_i). \end{aligned}$$

Поэтому

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) &\leq K \sum_{i=0}^\infty \alpha(\sigma_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p E_{d_i-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d_i) = \\ &= K \alpha(\sigma_0) |\bar{\psi}(d)|^p E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d) + K \sum_{i=1}^\infty \alpha(\sigma_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p E_{d_i-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d_i). \end{aligned} \tag{27}$$

Поскольку  $\psi \in \bar{F}$ , то, на основании оценки (18),  $\frac{\gamma(d_i)}{\gamma(d_{i-1})} \leq K$ . Следовательно

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) &\leq K \alpha(\sigma_0) |\bar{\psi}(d)|^p E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d) + \\ &+ K \sum_{i=1}^\infty \alpha(\sigma_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p E_{d_i-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d_i). \end{aligned} \tag{28}$$

Функция  $\alpha(\sigma) |\bar{\psi}(\sigma)|^p$  не возрастает и  $\psi(d_i) = 2\psi(d_{i+1})$ . Соответственно,  $\forall \sigma_i \in [d_i, d_{i+1}]$

$$\alpha(\sigma_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p = \alpha(\sigma_i) 2^p |\bar{\psi}(d_{i+1})|^p \leq 2^p \alpha(\sigma_i) |\bar{\psi}(\sigma_i)|^p \leq 2^p \alpha(d_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p.$$

Поэтому, опираясь на соотношение (28), получаем искомую оценку:

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) &\leq K(\alpha(d) |\bar{\psi}(d)|^p E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d) + \sum_{i=1}^\infty \alpha(d_i) |\bar{\psi}(d_i)|^p E_{d_i-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d_{i-1})) \leq \\ &\leq K(\alpha(d) |\bar{\psi}(d)|^p E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d) + \sum_{i=1}^\infty \int_{d_{i-1}}^{d_i} \alpha(\sigma) |\bar{\psi}(\sigma)|^p E_{\sigma-h}^p(f^{\bar{\psi}}) d\sigma) = \\ &= K(\alpha(d) |\bar{\psi}(d)|^p E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \gamma(d) + \int_d^\infty \alpha(\sigma) |\bar{\psi}(\sigma)|^p E_{\sigma-h}^p(f^{\bar{\psi}}) d\sigma). \end{aligned} \tag{29}$$

Теорема 1 доказана.

5. Доказательство теоремы 2.

Пусть  $d_i = 2^i d$ ,  $i \in \mathbb{N}$ , тогда, согласно лемме 1,

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) &= \sum_{i=0}^{\infty} \int_{2^i d}^{2^{i+1} d} \alpha(\sigma) |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)|^p d\sigma \leq \sum_{i=0}^{\infty} \alpha(\sigma_i) \int_{2^i d}^{2^{i+1} d} |\rho_{\sigma, \sigma-h}(f; x)|^p d\sigma \leq \\ &\leq K \sum_{i=0}^{\infty} \alpha(\sigma_i) 2^i d E_{2^i d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \left( \int_{2^i d}^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + |\bar{\psi}(2^i d)|^p \right), \end{aligned} \tag{30}$$

где  $\sigma_i \in [2^i d, 2^{i+1} d]$  и такие, что  $\alpha(\sigma_i) = \max_{\sigma \in [2^i d, 2^{i+1} d]} \alpha(\sigma)$ .

В монографии [7, с. 391] для натуральных значений  $d$  получена оценка

$$\int_d^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + |\bar{\psi}(d)| \leq \int_{2d}^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + A |\bar{\psi}(2d)|, \quad A = \text{const}, \tag{31}$$

которая остается верной и в нашем случае  $\forall d > 1$ , поскольку при ее доказательстве не использовался тот факт, что  $d \in \mathbb{N}$ .

Обозначим:  $\beta(\sigma) = \int_{\sigma}^{\infty} \frac{|\psi_2(t)|}{t} dt + |\bar{\psi}(\sigma)|$ . Согласно условию, числа  $\alpha(\sigma)\beta^p(\sigma)$  не возрастают.

Поэтому, учитывая (31), получим

$$\alpha(\sigma_i)\beta^p(d_i) \leq K\alpha(\sigma_i)\beta^p(2d_i) \leq K\alpha(\sigma_i)\beta^p(\sigma_i) \leq K\alpha(d_i)\beta^p(d_i)$$

Применяя эту оценку к неравенству (30), находим

$$\begin{aligned} \mathcal{H}_d^{(p)}(f; x; \alpha) &\leq \sum_{i=0}^{\infty} d_i \alpha(d_i) \beta^p(d_i) E_{d_i-h}^p(f^{\bar{\psi}}) \leq K(d_0 \alpha(d_0) \beta^p(d_0) E_{d_0-h}^p(f^{\bar{\psi}}) + \\ &+ \sum_{i=1}^{\infty} \frac{d_i}{d_{i-1}} \int_{d_{i-1}}^{2d_{i-1}} \alpha(\sigma) \beta^p(\sigma) E_{\sigma-h}^p(f^{\bar{\psi}}) d\sigma) \leq \\ &\leq K(d\alpha(d)\beta^p(d)E_{d-h}^p(f^{\bar{\psi}}) + \int_d^{\infty} \alpha(\sigma)\beta^p(\sigma)E_{\sigma-h}^p(f^{\bar{\psi}})d\sigma). \end{aligned}$$

Таким образом, теорема 2 окончательно доказана.

Литература:

1. Степанец А. И. Скорость сходимости группы отклонений на множествах  $\Psi$ -интегралов // Укр. мат. журн. — 1999. — 51, № 12. — С. 1673–1693.
2. Степанец А. И., Пачулиа Н. Л. Сильные средние уклонения операторов Фурье // Укр. мат. журн. — 1990. — 42, № 9. — С. 1225–1231.
3. Stepanets A. I., Wang Kunyang, Zhang Xirong. Approximation of locally integrable function on the real line // Укр. мат. журн. — 1999. — 51, № 11. — С. 1549–1561.
4. Степанец А. И. Приближение в пространствах локально интегрируемых функций // Укр. мат. журн. — 1994. — 46, № 5. — С. 597–625.
5. Степанец А. И. Приближение  $\bar{\psi}$ -интегралов периодических функций суммами Фурье. — Киев, 1996. — 70 с. — (Препринт / АН Украины. Ин-т математики; 96.11).
6. Степанец А. И. Приближение операторами Фурье функций, заданных на действительной оси // Укр. мат. журн. — 1988. — 40, № 2. — С. 198–209.
7. Степанец А. И. Методы теории приближений: В 2 т. — Киев: Ин-т математики НАН Украины, 2002. — Т.1. — 426 с.
8. Степанец А. И. Методы теории приближений: В 2 т. — Киев: Ин-т математики НАН Украины, 2002. — Т.2. — 468 с.

## ФИЗИКА

### Педагогические технологии на службе у физики

Горбачкова Любовь Андреевна, преподаватель высшей категории  
Дмитровский государственный политехнический колледж (Московская обл.)

**Ц**ель данной работы: показать, как можно использовать педагогические технологии на уроках физики для повышения мотивации студентов.

Было проведено анкетирование студентов, поступивших на специальность «Кинология», которое показало слабую мотивацию к учению. Как её повысить?

Можно сделать это с помощью педагогических технологий.

Их нужно применять на нетрадиционных уроках (уроках — представлениях учёных, бинарных уроках, уроках-практикумах «Физическая лаборатория и эксперимент»).

Вывод: нетрадиционные уроки — мощное средство для повышения интереса к изучению физики.

Перед средним профессиональным образованием России поставлена задача подготовки специалистов и рабочих, способных перемещаться с одного вида профессиональной деятельности на другой, совмещать различные трудовые функции, обладать совокупностью знаний в разных областях. Но чтобы сформировать знающих, ищущих, критически мыслящих, свободно ориентирующихся в быстро изменяющемся обществе специалистов, необходимо как можно шире использовать различные педагогические технологии.

Я работаю в политехническом колледже, преподаю физику. Анализ востребованности выпускников позволил определить перечень специальностей для приёма на учёбу. Помимо традиционных специальностей («Строительство и эксплуатация зданий и сооружений», «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта», «Программирование в компьютерных системах», «Рациональное использование природоохозяйственных комплексов», «Право и организация социального обеспечения») у нас есть специальность — кинология. Сейчас, когда страна находится в сложных условиях государственного и политического переустройства, в экономике развиваются рыночные отношения, система среднего профессионального образования претерпевает модернизацию. В колледж приходит слабо подготовленный, не имеющий желания учиться и не умеющий учиться контингент. Часто

это сопровождается сложностями в семье (много сирот, малообеспеченных, имеющих проблемы в воспитании) У детей нет знаний, умений, ответственности, мотивации к учению. Это большая проблема.

Как заинтересовать студентов? Как мотивировать их к учёбе? «Вхождение» студентов — первокурсников специальности «кинология» в мир физики начинается с анкетирования.

Прошу студентов ответить на следующие вопросы:

1. На какое место среди общеобразовательных дисциплин вы бы поставили физику?

2. Нужна ли физика в вашей будущей профессии?

3. Какой раздел физики вы знаете лучше всего?

А) механика; Б) постоянный ток; В) оптика

4. При возникновении трудностей с домашним заданием по физике кто оказывал вам помощь?

А) родители

Б) братья, сестры, тётки (родственники)

В) одноклассники

Г) друзья

Д) другие

Е) никто

5. Сколько времени вы выполняете домашнее задание по физике?

Результаты следующие:

1. Студенты ставят физику на 3–4 место

2. 37 % — нет; 63 % — да

3. Механика

4. А) родители — 23 %

Б) родственники — 22 %

В) одноклассники — 17 %

Г) друзья — 9 %

Д) другие — 3 %

Е) никто — 23 %

5. 20–30 минут — среднее время

В конце изучения дисциплины физика проводится повторное анкетирование. На вопрос: «Нужна ли физика в вашей будущей профессии?» «Да» — отвечают 99,7 %

Так как конечной целью обучения в СПО является подготовка специалиста, его высокая квалификация воз-

можно лишь при сформированном мотивационном отношении к учёбе, к каждому предмету. Мотивация у студентов на протяжении учебы может меняться.

В начале обучения уровень мотивации учебной деятельности по физике невысок. Познавательные интересы аморфны (как известно, сильные и слабые студенты различаются не по уровню интеллекта, а по мотивации учебной деятельности) Необходимо от неустойчивой мотивации и преобладания мотивации боязни неудачи переходить к ситуации успеха.

Для этого необходимо развивать интерес к дисциплине — физика.

Считаю, что особое внимание на занятиях при обучении по дисциплине «Физика» следует уделять активным формам и методам обучения

1) Урок-представление «День ученого» группа разбивается на 3 команды. На уроках — представлениях — «День ученого» студенты знакомят остальных с выбранным материалом. Были представлены М. Фарадей, М. В. Ломоносов, Н. Тесла и др.

В ходе творческого этапа студенты, объединившись в группы по интересам и возможностям, выполняли работу:

- биография ученого
- составление картотеки статей об ученом
- составление краткой монографии открытий
- знакомство с практическим опытом (с возможного воспроизведения одного из экспериментов.)

Важными составляющими занятия были создание психологического настроя и мотивационный этап, работа над портретом ученого, сообщение темы и цель занятий и мотивация работы в творческом этапе, практическая деятельность (проведение эксперимента.)

В результате проведения таких уроков-представлений ученых у студентов появился огромный неподдельный интерес к личностям ученых, их открытиям. Студенты, стараясь как можно полнее и интереснее представить ученого, оформить выполненную в творческом этапе работу оригинально и красочно, с использованием фото и видео материалов, выставок книг и т. д.

Практическая часть уроков — представлений ученых содержит эксперимент. Иногда это демонстрация, иногда небольшая практическая работа, иногда занимательные опыты и др. На таких занятиях каждый студент в зависимости от своих способностей проявил творчество и испытал «ситуацию успеха».

2) В своей практике широко применяю бинарные занятия. Так, например, бинарный урок по физике — кинологии на тему: «Движение и собаки». В ходе этого занятия студенты — первокурсники увидели непосредственную связь физики с их будущей профессией.

В ходе творческого этапа студенты, объединившись в группы, выполняли подготовительную работу по направлениям:

- различные породы собак, их назначение.
- собаки-бегуны, сфера их деятельности
- охота

- собаки в Великой Отечественной войне
- собаки и режим (роль движения в самочувствии собаки)

- собаки-пастухи
- составление кинологических задач
- сравнительный анализ движения транспорта и собак

- подготовка показательных выступлений собак.

Важнейшими составляющими занятий были саморазвитие, самообучение, перенос акцентов обучения в практическую плоскость, ориентация на успех, формирование социального капитала, включающего умение общаться, формулировать свои мысли, формирование инновационного капитала.

Бинарный урок начинается с физики: рассматриваются вопросы кинематики, основные величины: скорость, ускорение, перемещение, путь. Различные виды движения. После теоретической части студенты решают задачи кинологической направленности.

Задача 1

Например, определить среднюю скорость ротвейлера, если он пробежал, пася овец, в течение 2-х часов 38км.

Задача 2

Определить ускорение московской сторожевой, которая, занимаясь на площадке, пробежала 25м (имея конечную скорость 0,75 м/с) за 9 с. ?

Задача 3

Собака, бегая за своим хвостом, совершила 6 оборотов — кругов. Определить путь собаки если радиус круга 65 см (считать бег собаки равномерным и др.

2 часть занятия — Движение собак содержит творческие отчеты студентов, в результате студенты учатся:

- умению выстраивать аргументацию, связанную с добыванием информации

- умению решать конкретные задачи

- умению осваивать новые технологии, методы деятельности, отношения

- способности ориентироваться в информационной среде

- склонности и потребности в непрерывном образовании, творчестве, профессиональном росте

Самым прекрасным событием на бинарном уроке для студентов являются показательные выступления собак «Двигательные возможности собак». На бинарном уроке присутствуют гости: представители питомников, работники кинологических служб. Студенты приводят своих собак, демонстрируют их двигательные возможности: Это шоу вне конкуренции!

В ходе подготовки и проведения таких уроков студент учится сам формировать задачи, выдвигать и обосновывать причины их возникновения, разрабатывать и проводить эксперимент, делать выводы, формулировать предложения.

Такая работа способствует формированию у студентов знаний по общим и локальным проблемам, используется для достижения развивающих целей обучения, является



мощным инструментом формирования мышления, позволяет найти свое место в этом мире.

3) Считаю, что необходимо со студентами заниматься на уроках и экспериментом. Наши уроки из цикла «Физическая лаборатория. Опыт и эксперимент» пользуются особой любовью студентов.

В ходе творческого этапа студенты:

- ищут и выбирают интересные опыты (часто из занимательных опытов по физике)
- ищут и подбирают необходимые приборы, составляют описание эксперимента.
- составляют инструкцию по ТБ для своих опытов.

На уроках «Физическая лаборатория. Опыт и эксперимент» студенты иногда проводят эксперимент сами, а выводы делают другие группы, иногда по описаниям, составленным в ходе творческого этапа эксперимент проводит другая группа, иногда все эксперименты связаны с одним предметом — (например, с пластиковой бутылкой) Вариантов много.

Результаты и эффекты, полученные на уроках «Физическая лаборатория. Опыт и эксперимент», связаны с активностью студентов, инновационной деятельностью,

успешной реализацией образовательных задач.

Такие и подобные формы и методы обучения позволяют успешно решать следующие задачи:

- лично ориентированный подход к обучению
- ориентация на продуктивное достижение результата
- проблемное обучение как инструмент развития опыта творческой деятельности
- креативная организация учебного процесса, максимальное насыщение его творческими ситуациями.
- создание ситуации совместного достижения цели
- детализация учебного процесса
- вооружение студентов рациональными приемами познавательной деятельности
- формирование стимулов к самообразованию, учению
- широкое использование технических и наглядных средств обучения
- внедрение в практику работы и систематическое использование компьютерных технологий
- разработка творческих заданий, требующих нестандартных решений и самостоятельного поиска источников информации.

Литература:

1. Роль учебно-познавательной деятельности в изучении естественных наук. Паршутина Л. А. — к.п.н., Самойленко П. И. — д.п.н., Ж. «Специалист, 2011 № 10»
2. Современные образовательные технологии. Г. К. Селевко.
3. Я. И. Перельман «Занимательные задачи и ответы»
4. И. Я. Панина «Не уроком единым»

## Организация исследовательской деятельности учащихся по физике

Григорьева Жаннета Васильевна, заместитель директора по воспитательной работе, учитель физики  
МКОУ Бобровская СОШ № 2 (Воронежская обл.)

*Послушайте — и вы забудете, посмотрите — и вы запомните, сделайте — и вы поймете.  
Конфуций*

Выпускники российских школ имеют глубокие и разнообразные знания, но при этом мало кто умеет применять их на практике. Государство и современное общество требуют от школы корректировки содержательных, методических, технологических аспектов образования, пересмотра прежних ценностных приоритетов, целевых установок и педагогических средств. Акцент переносится на воспитание подлинно свободной личности, формирование у детей способности самостоятельно мыслить, добывать и применять знания, тщательно обдумывать принимаемые решения и четко планировать действия, эффективно сотрудничать в разнообразных по составу и профилю группах, быть открытыми для новых контактов и культурных связей. Это требует широкого внедрения

в образовательный процесс альтернативных форм и способов ведения образовательной деятельности. Одной из таких форм является учебная исследовательская деятельность. Исследовательская деятельность формирует у учеников умения и навыки практического применения теоретических знаний, развивает мышление, логику, учит постановке целей, задач и поиску способов их достижения, требует освоения различных методов. Поскольку это приобретается на основе собственного опыта, что приводит к более глубокому осмыслению.

Учебная исследовательская деятельность — это специально организованная познавательная творческая деятельность учащихся, по своей структуре соответствующая научной деятельности, характеризующаяся целенаправ-

ленностью, активностью, предметностью, мотивированностью и сознательностью, результатом которой является формирование познавательных мотивов, исследовательских умений, субъективно новых для учащихся знаний или способов деятельности.

В процессе изучения любого предмета в школе происходит постоянное взаимодействие учителя и учеников. Передавая учебную информацию, учитель предстает всезнающим, излагающим истины, а вот процесс познания и открытия этих истин часто остается за рамками учения. Вот тут-то и возникает проблема необходимости развития творческого мышления учащихся. Обязательным условием реализации этого на практике является устранение доминирующей роли педагога в процессе усвоения знаний и опыта. Введение в педагогические технологии элементов исследовательской деятельности учащихся позволяет педагогу не только и не столько учить, сколько помогать школьнику учиться, направлять его познавательную деятельность.

Физика — наука экспериментальная, основанная на опытах и наблюдениях. Поэтому как учебный предмет физика обладает объективными возможностями для развития исследовательских умений учащихся. Организация исследовательской деятельности учащихся при изучении физики позволяет повысить интерес как к науке, сделать её увлекательной, полезной и понятной.

Основными видами учебно-исследовательской деятельности являются:

- Экспериментально-исследовательская деятельность
- Проектно-исследовательская деятельность
- Исследовательские задания

В организации исследовательской работы большое значение имеет отбор учебного материала для всех исследований, который должен строго соответствовать основным принципам дидактики: научности, систематичности, последовательности, доступности, наглядности,

индивидуальному подходу к учащимся в условиях коллективной работы, развивающему обучению, связи теории с практикой.

В современной школе приёмам организации исследовательской деятельности учащихся уделяется особое внимание. Работа учителя в этом направлении сводится к тому, что существует строгая система занятий, организующая исследовательскую деятельность учащихся, которая даст ожидаемые результаты. Ученик, вооружённый научными методами познания, сумеет не только обнаружить проблему, но и самостоятельно решить её. Именно такой выпускник сегодня востребован обществом, именно он становится конкурентоспособным.

Основной целью организации научно-исследовательской деятельности школьников по физике является:

- выявление и педагогическая поддержка одарённых учащихся;
  - развитие интеллектуальных и творческих способностей детей;
  - поддержка научно-исследовательских интересов школьников.
- Задачами организации научно-исследовательской деятельности школьников по физике являются:
- приобщение учащихся к творческой деятельности;
  - реализация в научных исследованиях творческих идей, создание научных работ и проектов;
  - создание условий для расширения среды общения и получения информации;
  - участие в научно-практических конференциях;
  - формирование навыков исследовательской работы;
  - развитие интеллектуальных, творческих и коммуникативных способностей.

Организация исследовательской деятельности может проходить как на уроке, так и во внеурочное время. При выполнении исследовательской работы можно выделить несколько этапов, и показать роль учителя и ученика в этом процессе:

Деятельность ученика	Деятельность учителя
	Подбор интересной информации, продумывание проблемных ситуаций
Проявление заинтересованности в изучении того или иного объекта, желания понять процесс или явление	Поощрение поиска, помощь в самоопределении в отношении объекта исследования
Определение темы исследования	Помощь в определении темы исследования
Определение целей и задач исследования	Оказание помощи в формулировке целей и задач исследования
Выработка гипотезы. Построение модели	Предлагает учащимся найти объяснение выдвинутой гипотезе
Планирование и разработка методики проведения исследования, создание экспериментальной установки	Предложение учащимся различных методов решения задач исследования
Сбор и систематизация полученной информации	Оказание помощи в фиксации результатов теоретического или экспериментального исследования
Анализ, объяснение и обобщение полученных данных и материалов	Помощь учащимся в анализе различных точек зрения в литературе на исследуемую проблему, в анализе экспериментальных данных, в формулировке собственного взгляда на проблему. Предложение различных подходов, схем, шаблонов для обобщения информации

Подготовка отчёта	Консультирование по подготовке отчёта и публичной защиты исследования
Презентация и защита результатов исследования	Помощь и поддержка непосредственно перед защитой
Обсуждение хода и полученных результатов работы	Организация рефлексии

Проанализировав различные этапы исследовательской деятельности, мы видим, что педагог здесь предстает в новом свете — в роли консультанта, помощника, наставника, готового помочь ребенку в процессе познания окружающего мира.

Изучение физики через организацию исследовательской деятельности помогает учащимся получить бесценный опыт, овладеть методами научного познания, способствует формированию осознанных и оперативно используемых знаний, формирует потребность саморазвития. Это как раз то, что требует от школы общество на современном этапе развития образования.

В настоящее время организация исследовательской деятельности учащихся на уроках физики становится весьма актуальной. Среди старшеклассников всегда можно найти творческих детей, готовых повышать свой интеллектуальный уровень, стремящихся знать больше. Итогом такой работы является повышение мотивации к изучению физики, развитие творческих и исследовательских спо-

собностей, умения применять свои знания к жизненным ситуациям.

В заключении хочу отметить следующее: если учитель ставит своей целью развивать творческие и исследовательские возможности ребенка, он и сам должен быть творческим, увлеченным человеком, знатоком своего дела. Для этого необходимо: педагогам-экспериментаторам повышать свою квалификацию; формировать исследовательские умения и навыки учащихся; создавать структурные подразделения для организации исследовательской работы; выстраивать взаимоотношения ученика-исследователя и учителя — научного руководителя. Этот союз позволяет стереть грань «учитель — ученик», способствует профессиональному росту учителя, позволяет лучше узнать своих учеников. В результате такой деятельности у детей появляется возможность формирования исследовательского стиля мышления и научного мировоззрения в целом.

Литература:

1. Запрудский Н. И. Технология исследовательской деятельности учащихся: сущность и практическая реализация.
2. Семенова Н. А. Исследовательская деятельность учащихся.

## Моделирование системы АИН ШИМ — асинхронный двигатель ( $Z_1 = 6$ ) с классическим типом обмотки индуктора

Емельянов Александр Александрович, доцент;  
 Медведев Алексей Владимирович, аспирант;  
 Кобзев Антон Валерьевич, студент;  
 Козлов Алексей Максимович, студент;  
 Бесклеткин Виктор Викторович, студент;  
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;  
 Чернов Михаил Владимирович, студент;  
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент;  
 Киряков Георгий Анатольевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В работе [1] рассматривался процесс математического моделирования асинхронного двигателя ( $2p = 2, Z_1 = 6$ ) на основе магнитных схем замещения. Питание обмотки индуктора (соединение «звезда» без нулевого провода, классический тип укладки обмотки) осуществлялось от источника трехфазного синусоидального напряжения.

В данной работе рассматривается процесс математического моделирования асинхронного двигателя (АД) при питании от трехфазного автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН ШИМ). Результаты этой работы будут основой для создания учебно-лабораторной установки по исследованию системы АИН ШИМ — АД.

Функциональная схема системы трехфазный автономный инвертор с ШИМ — асинхронный двигатель приведен на рис. 1.

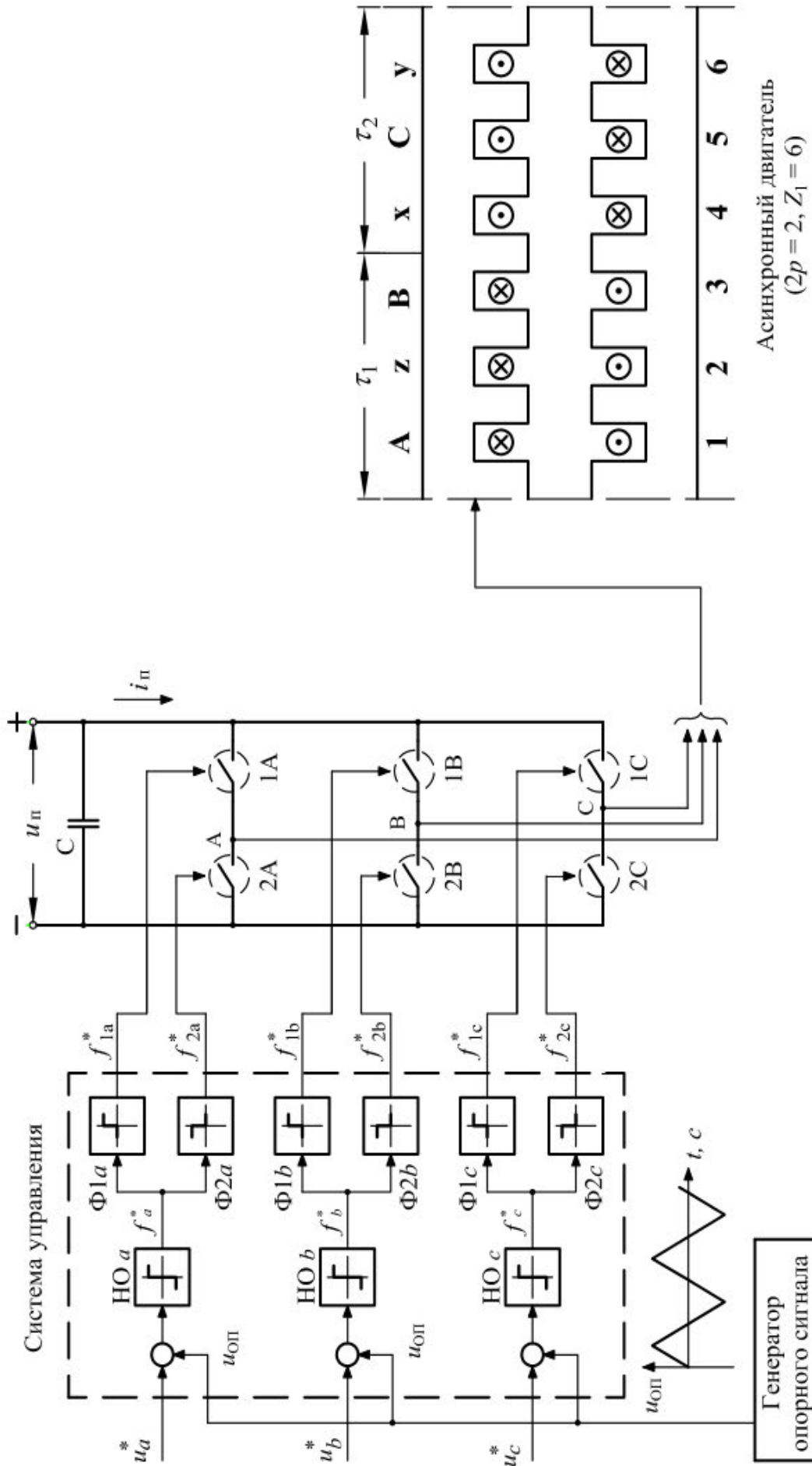


Рис. 1. Функциональная схема системы «АИН ШИМ — АД»

В этой схеме приняты следующие обозначения:

—  $u_a^*$ ,  $u_b^*$ ,  $u_c^*$  — задающие гармонические воздействия:

$$u_a^* = U_M \cdot \sin(\omega t);$$

$$u_b^* = U_M \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3);$$

$$u_c^* = U_M \cdot \sin(\omega t - 4\pi/3).$$

—  $u_{\text{он}}$  — опорное напряжение, представляющее собой пилообразное, двухстороннее, симметричное напряжение с частотой модуляции значительно превышающей частоту напряжения задания;

—  $HO_a$ ,  $HO_b$  и  $HO_c$  — нуль-органы, обеспечивающие сравнение сигналов задания с опорным сигналом. Если  $u_{a,b,c}^* > u_{\text{он}}$ , то выходные сигналы нуль-органов  $f_{a,b,c}^* > 0$ , иначе  $f_{a,b,c}^* < 0$ ;

—  $\Phi_{1a}$  и  $\Phi_{2a}$ ,  $\Phi_{1b}$  и  $\Phi_{2b}$ ,  $\Phi_{1c}$  и  $\Phi_{2c}$  — формирователи сигналов управления силовыми ключами. Формирователи сигналов управления имеют взаимно инверсные релейные характеристики [2] и сепаратируют сигнал нуль-органа НО по двум каналам управления ключами инвертора. Кроме того предусматривают небольшие временные задержки включения ключей. Это необходимо для предотвращения коротких замыканий источника постоянного напряжения  $u_n$  через силовые ключи инвертора.

—  $f_{1a}^*$  и  $f_{2a}^*$ ,  $f_{1b}^*$  и  $f_{2b}^*$ ,  $f_{1c}^*$  и  $f_{2c}^*$  — дискретные выходные сигналы с формирователей, управляющих включением силовыми ключами.

— 1А и 2А, 1В и 2В, 1С и 2С — силовые ключи попеременно подключающие обмотки фаз двигателя к разноименным полюсам источника постоянного напряжения  $u_n$ .

Цифровой алгоритм расчета опорного сигнала ШИМ приведен в работе [3]. Программирование выходных сигналов нуль-органов произведен в MATLAB и имеет следующий вид:

```
dt=0.00001;
U0=1;
tau=0;
time=0;
u0p(1)=1;
pwm=-2;
f_sin=50;
f_triangle=1000;
for i=1:8000
    tau(i+1)=tau(i)+dt*f_triangle;

    time(i+1)=time(i)+dt;
    s(i+1)=3*sin(2*pi*f_sin*time(i+1));
    s_pi3(i+1)=3*sin(2*pi*f_sin*time(i+1)+pi/3);
    if tau(i+1)>=1
        tau(i+1)=tau(i+1)-1;
    end
    if (tau(i+1)>=0) && (tau(i+1)<0.5)
        f(i)=1-4*tau(i+1);
    else
        f(i)=4*tau(i+1)-3;
    end
    u0p(i+1)=U0*f(i);

    if (s(i+1)>=u0p(i+1))
        pwm(i+1)=2;
    else
        pwm(i+1)=-2;
    end

    if (s_pi3(i+1)>=u0p(i+1))
```

```

        pwm_pi3(i+1)=2;
    else
        pwm_pi3(i+1)=-2;
    end
end
subplot(2,1,1);
plot(time,s,time,u0p,time,pwm);
hold on;
axis([0 0.04 -4 4]);
subplot(2,1,2);
plot(time,s_pi3,time,u0p,time,pwm_pi3);
hold on;
axis([0 0.04 -4 4]);

```

Результаты сравнений  $u_a^*$  с  $u_{оп}$  для двух значений ( $U_M = 1$  и  $U_M = 2$ ) приведены на рис. 2 и 3 соответственно (сплошными линиями обозначены выходные сигналы  $f_a^*$  с нуля-органа).

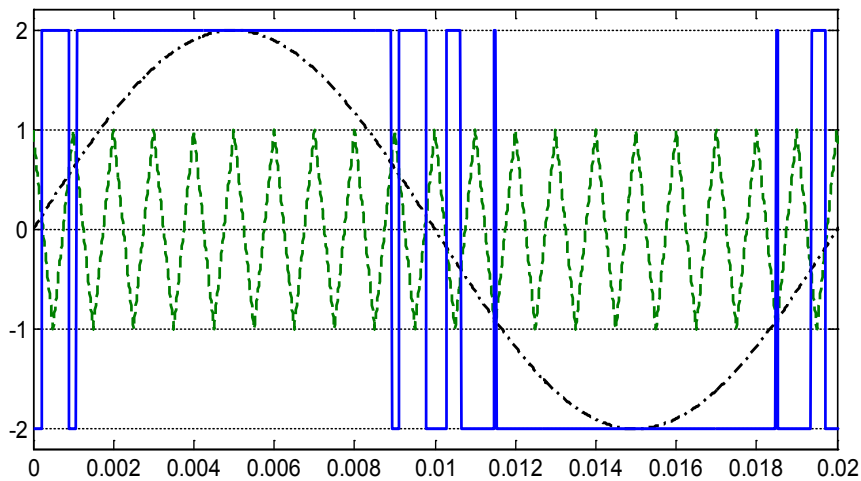


Рис. 2. Сигнал  $f_a^*$  на выходе нуля-органа  $HO_a$  при  $U_M = 2$

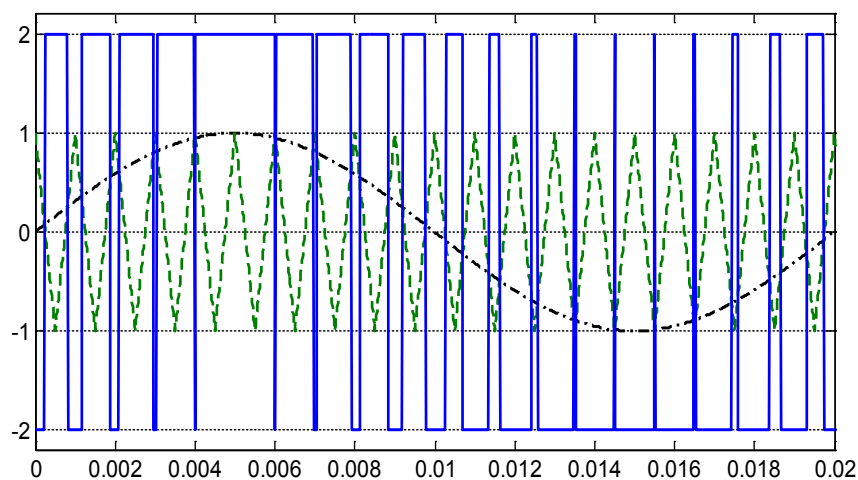


Рис. 3. Сигнал  $f_a^*$  на выходе нуля-органа  $HO_a$  при  $U_M = 1$

Формирователи сигналов управления силовыми ключами ( $\Phi_{1a}$  и  $\Phi_{2a}$ ,  $\Phi_{1b}$  и  $\Phi_{2b}$ ,  $\Phi_{1c}$  и  $\Phi_{2c}$ ) задают программу подключения фаз обмоток двигателя к источнику постоянного напряжения  $u_{п}$ .

Фазное напряжение в обмотке двигателя представляет собой пятиуровневую импульсную функцию [2] со значениями:

$$+\frac{2}{3}u_n, +\frac{1}{3}u_n, 0, -\frac{1}{3}u_n, -\frac{2}{3}u_n.$$

Импульсные напряжения подаваемые на двигатель  $u_a^*$ ,  $u_b^*$  и  $u_c^*$  связаны с постоянным напряжением  $u_n$  и выходными сигналами нуль-органов НО  $f_a^*$ ,  $f_b^*$  и  $f_c^*$  по следующей зависимости [2]:

$$\begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} = u_n \cdot \frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} \frac{2}{3}f_a^* - \frac{1}{3}f_b^* - \frac{1}{3}f_c^* \\ -\frac{1}{3}f_a^* + \frac{2}{3}f_b^* - \frac{1}{3}f_c^* \\ -\frac{1}{3}f_a^* - \frac{1}{3}f_b^* + \frac{2}{3}f_c^* \end{bmatrix} \quad (*)$$

Уравнения (\*) для решения в программном пакете MATLAB примут следующий вид:

```
dt=0.00001;
U0=1;
tau=0;
time=0;
u0p(1)=1;
pwm=-1;
um=2;
f_sin=50;
f_triangle=1000;
Um=310/2;
up=Um/2;

for i=1:8000
    tau(i+1)=tau(i)+dt*f_triangle;
    time(i+1)=time(i)+dt;
    s(i+1)=um*sin(2*pi*f_sin*time(i+1));
    s_2pi3(i+1)=um*sin(2*pi*f_sin*time(i+1)+2*pi/3);
    s_4pi3(i+1)=um*sin(2*pi*f_sin*time(i+1)+4*pi/3);
    if tau(i+1)>=1
        tau(i+1)=tau(i+1)-1;
    end
    if (tau(i+1)>=0) && (tau(i+1)<0.5)
        f(i)=1-4*tau(i+1);
    else
        f(i)=4*tau(i+1)-3;
    end
    u0p(i+1)=U0*f(i);

    if (s(i+1)>=u0p(i+1))
        pwm(i+1)=2;
    else
        pwm(i+1)=-2;
    end
    if (s_2pi3(i+1)>=u0p(i+1))
        pwm_2pi3(i+1)=2;
    else
        pwm_2pi3(i+1)=-2;
    end
end
```

```

if (s_4pi3(i+1)>=u0p(i+1))
    pwm_4pi3(i+1)=2;
else
    pwm_4pi3(i+1)=-2;
end

PWM(i+1)=up*(1/2)*((2*(pwm(i+1)))/3-(pwm_2pi3(i+1))/3-(pwm_4pi3(i+1))/3);
PWM_2pi3(i+1)=up*(1/2)*(-pwm(i+1)/3+(2*pwm_2pi3(i+1))/3-pwm_4pi3(i+1)/3);
PWM_4pi3(i+1)=up*(1/2)*(-pwm(i+1)/3-pwm_2pi3(i+1)/3+(2*pwm_4pi3(i+1))/3);
end

plot(time,PWM);
axis([0 0.02 -250 250]);

```

Результаты расчета фазного напряжения  $u_a$  для задающих сигналов с  $U_j = 2$  и  $U_M = 1$  приведены на рис. 4 и 5 соответственно.

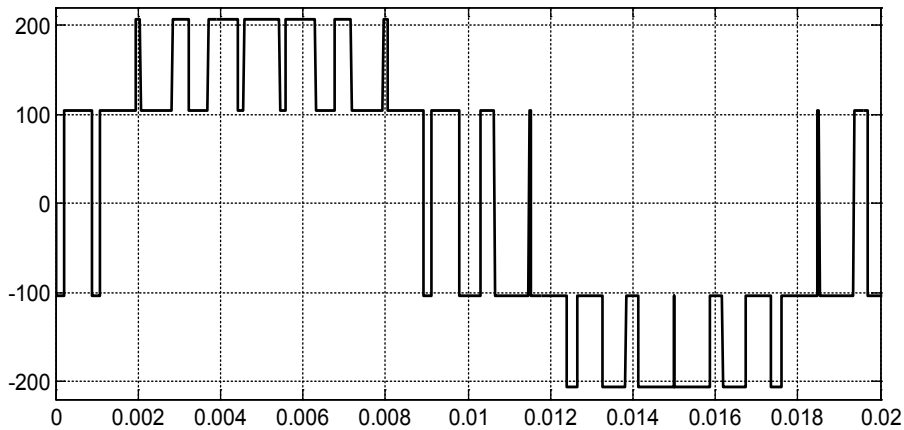


Рис. 4. Импульсное напряжение в фазе обмотки  $u_a$  при амплитуде задающего сигнала  $U_M = 2$

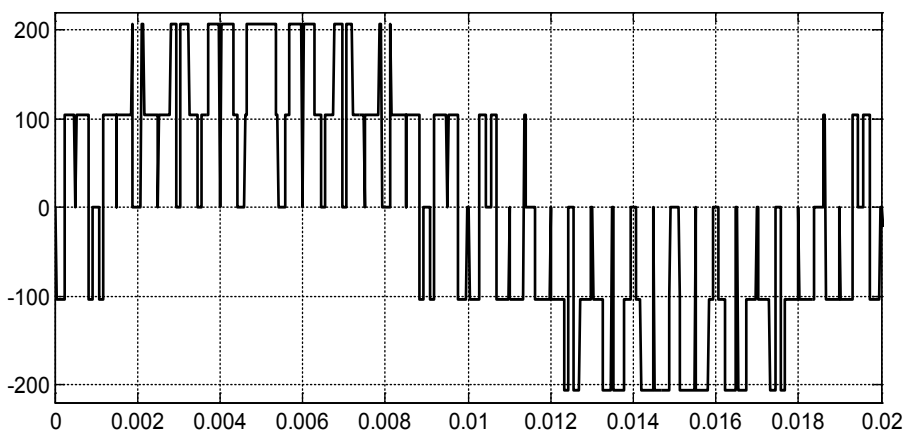


Рис. 5. Импульсное напряжение в фазе обмотки  $u_a$  при амплитуде задающего сигнала  $U_M = 1$

Одна из возможных реализаций математической модели системы «АИН ШИМ – АД» на языке высокого уровня MATLAB примет следующий вид:

```

% Математическая модель расчета асинхронного двигателя с помощью магнитных
% схем замещения методом Гаусса-Жордана
function AD

```



```

% Начальные условия
Rb=0.1003*10^7;
rs=19/2;
Ls=0.074/2;
rr=(9.269*10^-5)/2;
Lr=(0.0372*10^-5);
dt=0.00001;
tz=(9.769*10^-3);
m=1.9;
v0=0;
wn=200;
f=50;
w=2*pi*f;
U=wn/dt;
Um=310/2;
up=Um*0.5;
X=zeros(9,1);
F=0;
U0=1;
tau=0;
time=0;
u0p(1)=1;
um=2;
pwm=-1;
f_triangle=1000;
f_sin=50;
K=input('длительность цикла k=');
for k=1:(K+1)
% ШИМ
    tau(k+1)=tau(k)+dt*f_triangle;
    time(k+1)=time(k)+dt;
    s(k+1)=um*sin(2*pi*f_sin*time(k+1));
    s_2pi3(k+1)=um*sin(2*pi*f_sin*time(k+1)+2*pi/3);
    s_4pi3(k+1)=um*sin(2*pi*f_sin*time(k+1)+4*pi/3);
    if tau(k+1)>=1
        tau(k+1)=tau(k+1)-1;
    end
    if (tau(k+1)>=0) && (tau(k+1)<0.5)
        f(k)=1-4*tau(k+1);
    else
        f(k)=4*tau(k+1)-3;
    end
    u0p(k+1)=U0*f(k);

    if (s(k+1)>=u0p(k+1))
        pwm(k+1)=2;
    else
        pwm(k+1)=-2;
    end

    if (s_2pi3(k+1)>=u0p(k+1))
        pwm_2pi3(k+1)=2;
    else
        pwm_2pi3(k+1)=-2;
    end
end

```

```

if (s_4pi3(k+1)>=u0p(k+1))
    pwm_4pi3(k+1)=2;
else
    pwm_4pi3(k+1)=-2;
end

PWM(k+1)=up*(1/2)*((2*(pwm(k+1)))/3-(pwm_2pi3(k+1))/3-(pwm_4pi3(k+1))/3);
PWM_2pi3(k+1)=up*(1/2)*(-pwm(k+1)/3+(2*pwm_2pi3(k+1))/3-pwm_4pi3(k+1)/3);
PWM_4pi3(k+1)=up*(1/2)*(-pwm(k+1)/3-pwm_2pi3(k+1)/3+(2*pwm_4pi3(k+1))/3);
PWM_linear(k+1)=sqrt(3)*PWM(k+1);
PWM_2pi3_linear(k+1)=sqrt(3)*PWM_2pi3(k+1);

v(1,k)=v0;           % создание вектор-строки для графика скорости
f(1,k)=sum(F);

% создание матрицы A
A=zeros(9);

B=2*Rb*(rr+Lr/dt)+1/dt;
C=-Rb*(rr+Lr/dt)+(2*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);
D=-Rb*Lr*v0/(2*tz);
E=-Rb*(rr+Lr/dt)-(2*Rb*Lr+1)*v0/(2*tz);

T=-wn*Lr*v0/(2*tz);
Y=-wn*(rr+Lr/dt);

W1=-wn*Lr/dt;
P=-Rb*Lr/dt;
Q=(2*Rb*Lr+1)/dt;
KS=rs+Ls/dt;

% Матрица A
% n=1
A(1,1)=B;
A(1,2)=C;
A(1,3)=D;
A(1,5)=-D;
A(1,6)=E;
A(1,7)=Y;
A(1,8)=-T;
A(1,9)=T;
% n=2
A(2,1)=E;
A(2,2)=B;
A(2,3)=C;
A(2,4)=D;
A(2,6)=-D;
A(2,7)=-T;
A(2,8)=-Y;
A(2,9)=T;
% n=3
A(3,1)=-D;
A(3,2)=E;
A(3,3)=B;
A(3,4)=C;
A(3,5)=D;

```

```

A (3, 7) = -T;
A (3, 8) = T;
A (3, 9) = Y;
% n=4
A (4, 2) = -D;
A (4, 3) = E;
A (4, 4) = B;
A (4, 5) = C;
A (4, 6) = D;
A (4, 7) = -Y;
A (4, 8) = T;
A (4, 9) = -T;
% n=5
A (5, 1) = D;
A (5, 3) = -D;
A (5, 4) = E;
A (5, 5) = B;
A (5, 6) = C;
A (5, 7) = T;
A (5, 8) = Y;
A (5, 9) = -T;
% n=6
A (6, 1) = C;
A (6, 2) = D;
A (6, 4) = -D;
A (6, 5) = E;
A (6, 6) = B;
A (6, 7) = T;
A (6, 8) = -T;
A (6, 9) = -Y;
% n=7
A (7, 1) = U;
A (7, 3) = -U;
A (7, 4) = -U;
A (7, 6) = U;
A (7, 7) = KS;
A (7, 9) = -KS;
% n=8
A (8, 2) = U;
A (8, 3) = U;
A (8, 5) = -U;
A (8, 6) = -U;
A (8, 8) = -KS;
A (8, 9) = KS;
% n=9
A (9, 7) = 1;
A (9, 8) = 1;
A (9, 9) = 1;
% Матрица свободных членов
S = [W1*X (7) + P*(X (6) + X (2)) + Q*X (1);
W1*(-1)*X (8) + P*(X (1) + X (3)) + Q*X (2);
W1*X (9) + P*(X (2) + X (4)) + Q*X (3);
W1*(-1)*X (7) + P*(X (3) + X (5)) + Q*X (4);
W1*X (8) + P*(X (4) + X (6)) + Q*X (5);
W1*(-1)*X (9) + P*(X (5) + X (1)) + Q*X (6);
U*(X (1) - X (4) + X (6) - X (3)) + (Ls/dt)*(X (7) - X (9)) + PWM_2pi3_linear(k+1);

```

```

U*(X(3)-X(6)+X(2)-X(5))+Ls/dt*(X(9)-X(8))+PWM_linear(k+1);
0];

% Решение методом Гаусса-Жордана
Z=rref([A S]); % Приведение расширенной матрицы к треугольному виду
X=Z(1:9,10:10); % Выделение последнего столбца из матрицы

% Матрица токов ротора
Ir=[-wn*X(7)-Rb*X(6)+2*Rb*X(1)-Rb*X(2);
    -wn*(-1)*X(8)-Rb*X(1)+2*Rb*X(2)-Rb*X(3);
    -wn*X(9)-Rb*X(2)+2*Rb*X(3)-Rb*X(4);
    -wn*(-1)*X(7)-Rb*X(3)+2*Rb*X(4)-Rb*X(5);
    -wn*X(8)-Rb*X(4)+2*Rb*X(5)-Rb*X(6);
    -wn*(-1)*X(9)-Rb*X(5)+2*Rb*X(6)-Rb*X(1)];

% Электромагнитное усилие
F=[(X(2)-X(6))*Ir(1)/(2*tz);
    (X(3)-X(1))*Ir(2)/(2*tz);
    (X(4)-X(2))*Ir(3)/(2*tz);
    (X(5)-X(3))*Ir(4)/(2*tz);
    (X(6)-X(4))*Ir(5)/(2*tz);
    (X(1)-X(5))*Ir(6)/(2*tz)];

% Скорость
v0=v0+(sum(F)/m)*dt;
end;

% Построение графиков
k=0:(K);
subplot(2,1,1); plot(k*dt,v);title('Скорость');
xlabel('t, c');ylabel('v, м/с');grid on
subplot(2,1,2);plot(k*dt,f);title('Электромагнитное усилие');
xlabel('t,c');ylabel('F, Н');grid on
end

```

В таблице 1 приведены идентификаторы, применяемые для математического моделирования системы «АИН ШИМ — АД» в MATLAB, в соответствии с обозначениями, приведенными на функциональной схеме рис. 1.

Таблица 1. Таблица идентификаторов

Наименование	Обозначение на функциональной схеме	Идентификатор
Сигнал задания в фазах $a, b, c$	$u_a^*$	s
	$u_b^*$	s_2pi3
	$u_c^*$	s_4pi3
Выходные сигналы нуль-органов $HO_a$ , $HO_b$ и $HO_c$	$f_a^*$	pwm
	$f_b^*$	pwm_2pi3
	$f_c^*$	pwm_4pi3
Импульсные напряжения на обмотках фаз двигателя А, В, С	$u_a$	PWM
	$u_b$	PWM_2pi3
	$u_c$	PWM_4pi3

Временные зависимости скорости и электромагнитного усилия асинхронного двигателя при питании от АИН для случаев с амплитудой напряжения питания  $U_m = 2$  и  $U_m = 1$  приведены на рис. 6 и 7 соответственно.

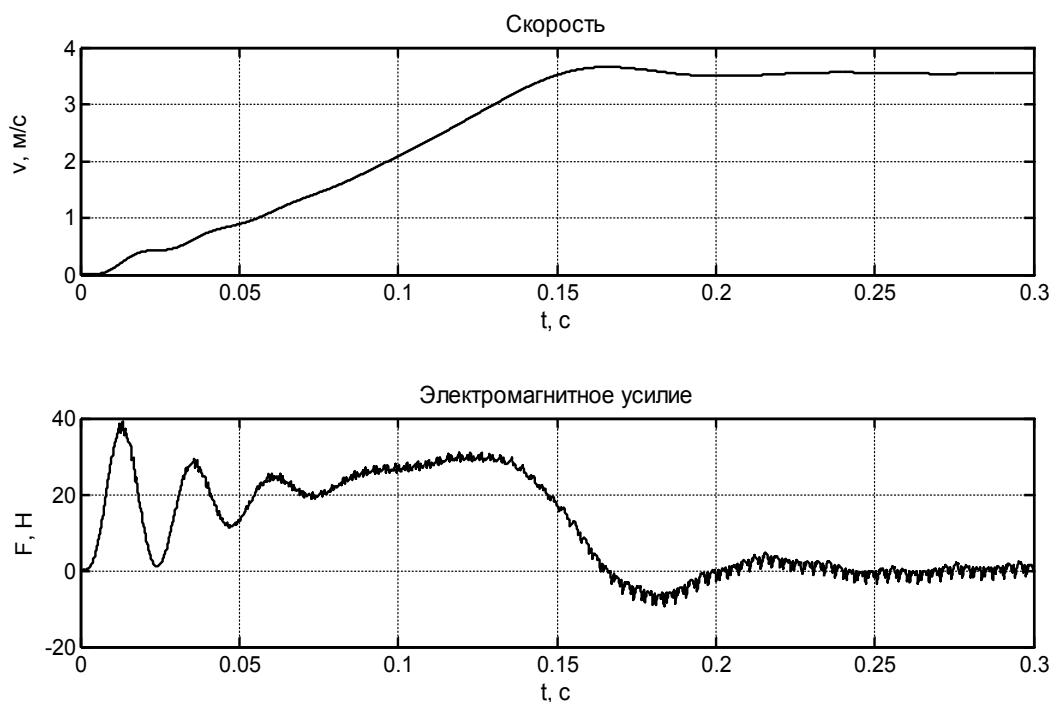


Рис. 6. Результат моделирования асинхронного двигателя при  $U_m = 2$

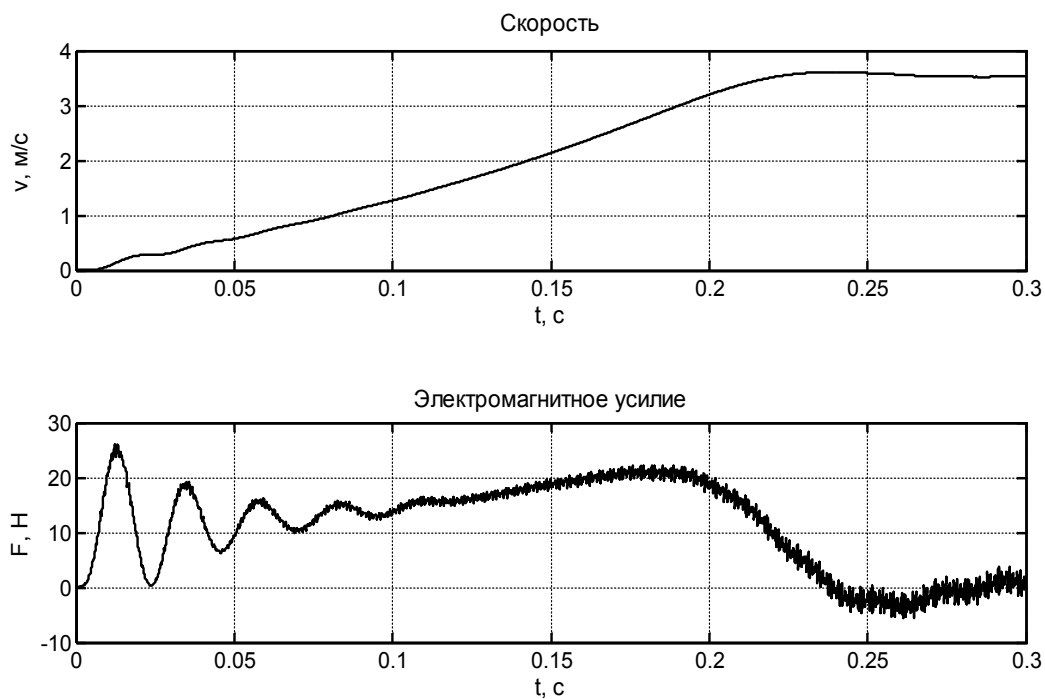


Рис. 7. Результат моделирования асинхронного двигателя при  $U_m = 1$

Литература:

1. Емельянов А.А. и др. Моделирование асинхронного двигателя с помощью магнитных и электрических схем замещения / Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Бочкарев Ю.П., Евдокимов О.В. // Молодой ученый. — 2013. — №4. — С. 1–10.
2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 654 с.
3. Емельянов А.А. и др. Моделирование системы АИН ШИМ — линейный асинхронный двигатель ( $Z1 = 6$ ) с обмоткой индуктора через ярмо / Емельянов А.А., Медведев А.В., Кобзев А.В., Козлов А.М., Бесклеткин В.В., Бочкарев Ю.П., Авдеев А.С., Чернов М.В., Габзалилов Э.Ф., Киряков Г.А. // Молодой ученый. — 2013. — №11. — С. 18–28.

## Особенности разложения газогидрата в пористой среде

Хасанов Марат Камирович, кандидат физико-математических наук, доцент  
Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета

*Решена задача о разложении газогидрата в пористой среде в результате отбора газа. Показано, что в зависимости от исходных параметров пористой среды и интенсивности отбора газа возможны различные режимы диссоциации газогидрата. Установлены критические условия, разделяющие различные режимы разложения газогидрата.*

**Ключевые слова:** газогидраты, пористая среда, фильтрация, диссоциация.

Природные залежи газовых гидратов — веществ, представляющих собой соединения воды и газа, открыты сибирскими геологами. За последние 30 лет выяснилось, что газа в них в расчете на количество органического углерода больше, чем в обычном газе, угле и нефти, вместе взятых. Естественно, встал вопрос о возможности добычи газа из такого уникального и богатого источника. В связи с этим возникает необходимость в создании теоретических основ при разработке комплекса мер по добыче газа из газогидратных залежей [1, с. 6].

В данной работе исследуется математическая модель разложения газогидрата в результате отбора газа из природного пласта, насыщенного газом и гидратом. Пусть полубесконечный пористый пласт в начальный момент времени насыщен газом и газогидратом, давление и температура которых в исходном состоянии соответствуют термодинамическим условиям стабильного существования гидрата. Положим, что через границу пласта производится отбор газа, в результате чего от границы в глубь пласта начинает распространяться фронтальная поверхность диссоциации гидрата, разделяющая пласт на две области. В первой области, находящейся вблизи границы пласта, гидрат разложился на газ и воду, а во второй области поры заполнены газом и гидратом. Таким образом, согласно данной модели предполагается, что разложение газогидрата полностью происходит на фронтальной границе между этими двумя зонами [2, с. 347].

Система основных уравнений, представляющая собой законы сохранения масс, энергии, закон Дарси и уравнение состояния газа, при допущениях о несжимаемости и неподвижности скелета пористой среды, гидрата и воды, в прямолинейно-параллельном случае имеет вид [3, с. 118]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_g m S_g) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho_g m S_g v_g) = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(m \rho_l S_l) = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho c T) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right),$$

$$m S_g v_g = - \frac{k}{\mu_g} \frac{\partial p}{\partial x},$$

$$p = \rho_g R_g T,$$

где  $m$  — пористость;  $\vec{v}_g, k, c_g$  и  $\mu_g$  — соответственно скорость, проницаемость, удельная теплоемкость и динамическая вязкость газовой фазы;  $\rho_j$  и  $S_j (j = sk, h, l, g)$  — истинные плотности и насыщенности пор  $j$ -ой фазы;  $p$  — давление;  $T$  — температура;  $\rho \tilde{n}$  и  $\lambda$  — удельная объемная теплоемкость и коэффициент теплопроводности системы; индексы  $sk, h, l$  и  $g$  относятся к параметрам скелета, гидрата, воды и газа соответственно.

Данные уравнения дополняются условиями баланса массы и тепла на границе фазового перехода ( $x = x_{(s)}$ ):

$$mv\rho_h(1-g)\dot{x}_{(s)} = mS_{l0}\rho_l\dot{x}_{(s)}$$

$$mS_{g(2)}\rho_{g(s)}^0(v_{g(2)} - \dot{x}_{(s)}) - mv\rho_h g \dot{x}_{(s)} = mS_{g(1)}\rho_{g(s)}^0(v_{g(1)} - \dot{x}_{(s)}),$$

$$\lambda \frac{\partial T_{(2)}}{\partial x} - \lambda \frac{\partial T_{(1)}}{\partial x} = mv\rho_h l \dot{x}_{(s)},$$

где  $g$  — массовая концентрация газа в гидрате;  $l$  — удельная теплота гидратообразования;  $V$  — начальная гидратонасыщенность пласта;  $x_{(s)}$  — скорость движения границы фазовых переходов, параметры первой и второй областей снабжены нижними индексами в скобках  $i = 1, 2$ .

На границе между областями для температуры и давления выполняется условие фазового равновесия [4, с. 139]:

$$T_{(s)} = T_0 + T_* \ln \left( \frac{p_{(s)}}{p_{s0}} \right),$$

где  $T_0$  — исходная температура системы,  $p_{s0}$  — равновесное давление, соответствующее исходной температуре,  $T_*$  — эмпирический параметр, зависящий от вида газогидрата.

Будем полагать, что в начальный момент времени в пористой среде давление  $p_0$  и температура  $T_0$  во всех точках пласта одинаковы:

$$p_{(2)} = p_0, \quad T_{(2)} = T_0 \quad (t = 0, \quad x \geq 0).$$

На границе фазовых переходов потребуем условие непрерывности давления и температуры:

$$p_{(1)} = p_{(2)} = p_{(s)}, \quad T_{(1)} = T_{(2)} = T_{(s)} \quad (x = x_{(s)}).$$

Условия на границе пласта запишем в виде:

$$\frac{\partial T_{(1)}}{\partial x} = 0, \quad p_{(1)} = p_e \quad (t > 0, \quad x = 0).$$

Сформулированная таким образом задача является автомодельной [5, с. 445]. Введем автомодельную переменную:

$$\xi = \frac{x}{\sqrt{\aleph^{(T)} t}},$$

где  $\aleph^{(T)} = \frac{\lambda}{\rho c}$  — коэффициент температуропроводности.

Тогда интегрированием можно получить следующие аналитические решения:

$$p_{(1)}^2 = p_e^2 + \frac{(p_s^2 - p_e^2) \operatorname{erf} \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\eta_{(1)}}} \right)}{\operatorname{erf} \left( \frac{\xi_s}{2\sqrt{\eta_{(1)}}} \right)}, \quad 0 < \xi < \xi_s,$$

$$T_{(1)} = T_s, \quad 0 < \xi < \xi_s,$$

$$p_{(2)}^2 = p_0^2 + \frac{(p_s^2 - p_0^2) \left( \sqrt{\pi \eta_{(2)}} - \operatorname{erf} \left( \frac{\xi}{2\sqrt{\eta_{(2)}}} \right) \right)}{\sqrt{\pi \eta_{(2)}} - \operatorname{erf} \left( \frac{\xi_s}{2\sqrt{\eta_{(2)}}} \right)}, \quad \xi_{(s)} < \xi < \infty,$$

$$T_{(2)} = T_0 + \frac{(T_s - T_0) \left( \sqrt{\pi} - \operatorname{erf} \left( \frac{\xi}{2} \right) \right)}{\sqrt{\pi} - \operatorname{erf} \left( \frac{\xi_{(s)}}{2} \right)}, \quad \xi_{(s)} < \xi < \infty,$$

где  $\operatorname{erf}$  — интеграл ошибок,  $\eta_{(i)} = \frac{\aleph_{(i)}^{(p)}}{\aleph_{(i)}^{(T)}}$ ,  $\aleph_{(i)}^{(p)} = \frac{k p_0}{\mu_g m S_{g(i)}}$ .

На основе данных решений и условий баланса массы и тепла на фронтальной границе разложения газогидрата можно получить систему уравнений, для определения автомодельной координаты  $\xi_s$  данной границы и значения параметров  $p_s$  и  $T_s$  на ней.

$$\frac{(p_s^2 - p_e^2) \exp \left( -\frac{\xi_s^2}{4\eta_{(1)}} \right)}{\operatorname{erf} \left( \frac{\xi_s}{2\sqrt{\eta_{(1)}}} \right)} - \frac{(p_0^2 - p_s^2) \exp \left( -\frac{\xi_s^2}{4\eta_{(2)}} \right)}{\sqrt{\pi \eta_{(2)}} - \operatorname{erf} \left( \frac{\xi_s}{2\sqrt{\eta_{(2)}}} \right)} = K \xi_s,$$

$$\frac{(T_0 - T_s) \exp \left( -\frac{\xi_s^2}{4} \right)}{\sqrt{\pi} - \operatorname{erf} \left( \frac{\xi_s}{2} \right)} = \Delta T \xi_s.$$

где  $\Delta T = \frac{m \rho_h l v}{2 \rho c}$ ,  $K = m \mu_g \aleph^{(T)} p_0 \left( \frac{\rho_h g}{\rho_{g(s)}} + \frac{\rho_h (1-g)}{\rho_l} - 1 \right) \frac{v}{k}$ .

Записанная система уравнений может быть решена следующим образом. Выражая из первого уравнения величину  $p_s$  и подставляя ее (с учетом условия фазового равновесия) во второе уравнение, получаем трансцендентное уравнение с одной неизвестной  $\xi_s$ . Решая данное уравнение, определяем величину  $\xi_s$ .

Полученные решения исследовались на условие термодинамической непротиворечивости, которое состоит в том, что локальная температура в первой (ближней) области должна быть выше локальной температуры разложения газогидрата, вычисляемой по найденному в процессе решения распределению давления. Соответственно, температура во второй (дальней) области должна быть ниже данной равновесной температуры.

В результате анализа решений установлено, что при небольшом значении перепада давления (т. е. малой интенсивности отбора газа) температура пласта перед фронтом диссоциации газогидрата выше равновесной температуры, а за фронтом — ниже этой температуры. Следовательно, в этом случае решение с фронтальной поверхностью разложения гидрата является непротиворечивым. При высоких значениях перепада давления (т. е. высокой интенсивности отбора газа) температура пласта за фронтом диссоциации газогидрата поднимается выше равновесной температуры, что соответствует перегреву газогидрата в этой области. Следовательно, при высокой интенсивности отбора газа модель с фронтальной поверхностью разложения гидрата не позволяет построить физически непротиворечивое решение. Для устранения этого противоречия необходимо вводить объемную область диссоциации газогидрата.

Для определения критического значения давления на границе пласта  $p^*$ , при превышении которого фронтальная поверхность переходит в объемную область разложения газогидрата, были проведены вычислительные эксперименты при различных значениях параметров, характеризующих исходное состояние пористой среды. В результате было установлено, что основными параметрами, которые влияют на величину данного критического давления, являются про-



ницаемость пласта, а также исходные пластовые давление и температура. Исследования показывают, что для высокопроницаемой пористой среды значение критического давления практически совпадает со значением равновесного давления, соответствующего исходной температуре пласта. При уменьшении проницаемости величина критического давления возрастает, при чем тем быстрее, чем выше исходная пластовая температура и чем ниже исходное пластовое давление. Таким образом, фронтальный режим реализуется в низкопроницаемых пористых средах, а также в низкотемпературных пластах с высоким пластовым давлением, т. е. в пластах, исходное состояние газа и гидрата, в которых далеко от условий разложения газового гидрата.

#### Литература:

1. Гималтдинов И. К., Мусакаев Н. Г., Хасанов М. К., Столповский М. В. Особенности разложения газовых гидратов при тепловом и депрессионном воздействиях в пластах конечной протяженности // Вестник Тюменского государственного университета. — 2011. — № 7. — С. 6–13.
2. Шагапов В. Ш., Хасанов М. К., Гималтдинов И. К., Столповский М. В. Особенности разложения газовых гидратов в пористых средах при нагнетании теплого газа // Теплофизика и аэромеханика. — 2013. — Т. 20, № 3. — С. 347–354
3. Шагапов В. Ш., Хасанов М. К., Гималтдинов И. К., Столповский М. В. Численное моделирование образования газогидрата в пористой среде конечной протяженности при продувке газом // Прикладная механика и техническая физика. — 2011. — Т. 52, № 4. — с. 116–126.
4. Шагапов В. Ш., Хасанов М. К., Мусакаев Н. Г. Образование газогидрата в пористом резервуаре, частично насыщенном водой, при инъекции холодного газа // Прикладная механика и техническая физика. — 2008. — Т. 49, № 3. — с. 137–150.
5. Хасанов М. К., Гималтдинов И. К., Столповский М. В. Особенности образования газогидратов при нагнетании холодного газа в пористую среду, насыщенную газом и водой // Теоретические основы химической технологии. — 2010. — Т. 44, № 4. — С. 442–449

## ХИМИЯ

### Использование адсорбционных свойств глауконита бондарского месторождения Тамбовской области в процессах водоподготовки

Барышникова Екатерина Александровна, кандидат химических наук;  
Забенькина Екатерина Олеговна, кандидат химических наук, доцент  
Московский государственный автомобильный институт

*Изучена сорбционная способность глауконита Бондарского месторождения Тамбовской области по отношению к катионам  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  и анионам  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , которая позволяет рекомендовать глауконит как безопасный сорбент для доочистки питьевой воды. Для катионов  $Fe^{2+}$  изучена кинетика адсорбции в стационарном режиме. Показано, что сорбция их глауконитом составляет 70–74 % за 30–40 мин.*

**Ключевые слова:** Глауконит, сорбционная способность, ионы, кальций, магний, железо (II и III), хлорид- и сульфат-анионы, водоподготовка.

В настоящее время остро стоит вопрос о качестве водопроводной воды во всех регионах РФ. Необходимо изменение и модернизация процессов в схемах водоподготовки. В связи с этим нами изучена перспектива использования неорганического материала — глауконита — для целей водоочистки. Глауконит — природный алюмосиликат с общей формулой  $(K, H_2O)(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ , широко встречающийся на региональных месторождениях, обладающий высокой сорбционной активностью, большой емкостью, селективностью, термической и радиационной устойчивостью, наряду с низкой стоимостью. Следует отметить, что ранее в работах [1–6] подробно изучена адсорбционная способность глауконитов по отношению к фенолу, анилину, тяжелым металлам, пестицидам, ПАВ, радионуклидам, хлорорганическим соединениям. Показано, что этот минерал эффективно использовать для очистки сточных вод и в процессах дезактивации воды. Однако, свойства глауконитов, близких по строению, химическому составу, одного геологического возраста на разных месторождениях неодинаковы, поэтому не всегда пригодны для очистки воды [7]. Следует отметить, что работ по применению глауконитов в процессах очистки, точнее доочистки, водопроводной воды, не проводилось. Поэтому, нами были иссле-

дованы образцы глауконита Бондарского месторождения Тамбовской области для локальной очистки питьевой водопроводной воды. Проведенные нами исследования структурно-морфологических особенностей, физико-химических, ионнообменных характеристик глауконита данного месторождения показывают возможность применения его в схемах водоподготовки. Основные физико-химические показатели глауконита Бондарского месторождения приведены в табл. 1.

В работе приведены результаты исследования сорбции глауконитом катионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  и анионов  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ . Установлено влияние сорбента на жесткость воды. Также, изучена кинетика адсорбции ионов  $Fe^{2+}$  на глауконите в стационарном режиме.

Для проведения исследований, водопроводную воду из центрального водоснабжения под давлением пропускали через ионообменник, заполненный глауконитом. Предварительно в водопроводной воде было определено содержание исследуемых ионов. Концентрацию общего железа оценивали фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой, катионов кальция и магния — прямым комплексометрическим титрованием трилоном Б с индикатором эриохромом черным Т, сульфат-анионов — турбидиметрическим методом, хлорид-ионов — титрованием

Таблица 1. Основные физико-химические показатели глауконита

Удельная поверхность по БЭТ, м <sup>2</sup> /г	Объем пор, см <sup>3</sup> /г			Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Диаметр пор, Å
	Микро	Мезо	Суммарный			
20,56	0,0027	0,026	0,033	2,6712	8,1	65,11

Таблица 2. Результаты сорбции ионов глауконитом по данным химического анализа

Исследуемые ионы	Массовая доля поглощенного адсорбата, %
Fe <sup>2+</sup> и Fe <sup>3+</sup>	33
Ca <sup>2+</sup>	82,7
Mg <sup>2+</sup>	77,6
Cl <sup>-</sup>	73,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	71,43

азотнокислым серебром в присутствии хромовокислого калия в качестве индикатора. Все реактивы использовали квалификации ч. д.а. После ионообменника воду фильтровали и анализировали на содержание в ней катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> и анионов Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Результаты снижения концентрации исследуемых катионов и анионов в процессе сорбции представлены в таблице 2.

Согласно полученным данным, глауконит Бондарского месторождения эффективно сорбирует ионы Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, в меньшей степени катионы железа. А также, снижение жесткости, за счет сорбционной способности минерала, составило 79 %. Однако, как показал анализ имеющихся литературных данных, полученные результаты не следует распространять на другие ионы. Так, по Zn<sup>2+</sup> сорбционная способность минерала практически равна нулю [1]. Вероятно, хорошее водоумягчающее действие Бондарского глауконита основывается на его способности поглощать из воды ионы кальция и магния, выделяя взамен, содержащиеся в нем ионы натрия. По мнению [6] этот процесс обратим: поглощенные ионы Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> легко переходят в раствор хлористого натрия, а их место занимает обменный натрий. Невысокую сорбируемость ионов двух- и трехвалентного железа (см. табл.2), можно объяснить наличием на боковых гранях этого слоистого силиката координационно ненасыщенных ионов Fe<sup>3+</sup> и вероятно, возможностью катионов железа покидать кристаллическую структуру ионита. Поскольку изучение кинетики адсорбции только ионов Fe<sup>2+</sup> показало, что поглощение этих катионов Бондарским глауконитом составляет 70–74 % и достигается за 30–40 минут. Исследование адсорбции ионов Fe<sup>2+</sup> проводилось методом измерения кинетических кривых в стационарных условиях. Для этого навеску адсорбента массой 2 г выдерживали в дистиллированной воде (250 мл) 24 часа. После

декантирования адсорбент во влажном состоянии заливали свежеприготовленным раствором FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O с содержанием катионов Fe<sup>2+</sup> 21±1 мг/л (в соотношении 2г сорбента и 100 мл раствора). Сорбцию катионов проводили в течение 40 минут (t) при непрерывном перемешивании магнитной мешалкой. Через определенные временные интервалы отбирались пробы и проводился их анализ рентгенофлуоресцентным способом по методу калибровочной кривой. На основании полученных данных проводился расчет равновесной концентрации ионов Fe<sup>2+</sup> (C<sub>p</sub>) и их адсорбции (Г).

В таблице 3 и на рис. 1 представлены результаты сорбции ионов Fe<sup>2+</sup> глауконитом Бондарского месторождения.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что сорбционное равновесие достигается за 30–40 мин. Концентрация сорбированных катионов Fe<sup>2+</sup> глауконитом в условиях равновесия составляет 15,54 мг/л или порядка 74 масс. % исходной величины.

Анализируя экспериментальные данные, можно сделать следующие выводы:

1) глауконит Бондарского района Тамбовской области обладает высокой сорбционной способностью по отношению к ионам Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, что обуславливает возможность его использования, как природного умягчителя воды, в процессах водоподготовки;

2) адсорбция ионов Fe<sup>2+</sup> глауконитом составляет 70–74 %, в то время как сорбируемость совместно ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> из водопроводной воды — всего 33 %, что вероятно, связано, при определенных условиях, с выходом ионов трехвалентного железа из кристаллической решетки ионита.

В настоящее время, глауконит, в связи с уникальными сорбционными свойствами по отношению к ионам, обуславливающих жесткость водопроводной воды, исполь-

Таблица 3. Результаты адсорбции глауконитом ионов Fe<sup>2+</sup> во времени

t, мин	C <sub>p</sub> , мг/л	Г·10 <sup>9</sup> , мг/см <sup>2</sup>
0	0	0
5	14,175	3,32
15	12,6	4,08
30	5,67	7,46
40	5,46	7,56
60	5,56	7,51

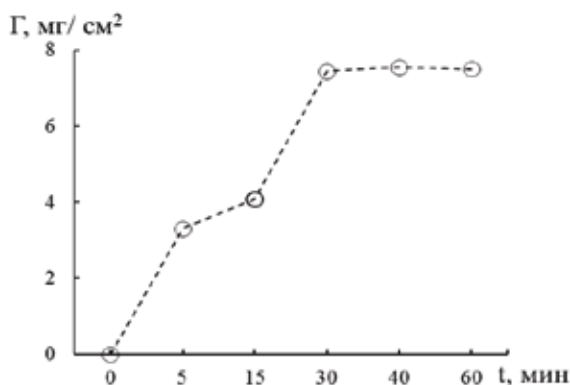


Рис. 1. Зависимость адсорбции ионов  $Fe^{2+}$  Бондарским глауконитом от времени. Используются средние арифметические значения из трех измерений

зуется в качестве ионита в ионообменниках на экспериментальной установке по водоподготовке на базе НПО «ИОНИТ». Как показал анализ образцов воды централизованной системы питьевого водоснабжения, прошедшей через такую экспериментальную установку, ее свойства после водоподготовки значительно улучшаются; по фи-

зическим, химическим и санитарно-бактериологическим показателям, утвержденным СанПином 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», испытательные образцы относятся к питьевой воде первой категории качества.

#### Литература:

1. Вигдорович В. И., Цыганкова Д. В., Николенко Д. В. и др. Адсорбционная способность глауконита Бондарского района Тамбовской области. // Сорбционные и хроматографические процессы. — Воронеж: Воронежский государственный университет. 2010. Т.10. Вып.1. С. 121–126.
2. Крупнова Т. Г., Зиганшина К. Р., Антонова Е. Л. Применение глауконита для очистки воды от радиоактивных загрязнений, ионов иттрия и редкоземельных элементов. // Успехи современного естествознания. Материалы конференций. — М.: Академия естествознания. 2004. № 10. С. 78–79.
3. Сухарев Ю. И., Кувыкина Е. А. Структурно-морфологические особенности глауконита Багрянского месторождения. // Известия Челябинского научного центра УРО РАН, раздел «Химия и химическая технология». 2000. № 3. С. 77–81.
4. Кацнельсон Ю. Я., Алексоныян О. М. Глауконитсодержащие микроконкрекции как поглотители радионуклидов. // Минералогия и геохимия глауконита. — Новосибирск. 1981. С. 80–81.
5. Сухарев Ю. И., Черногорова А. Е., Кувыкина Е. А. Особенности структуры и сорбционно-обменные свойства глауконита Багрянского месторождения. // Известия Челябинского научного центра УРО РАН. 1999. № 3. С. 64–69.
6. Григорьева Е. А. Сорбционные свойства глауконита Каринского месторождения. Дисс. ... канд. хим. наук. — Челябинск, 2004. 144 с.
7. Николаева И. В. Минералы группы глауконита и эволюция их химического состава. В кн.: Проблемы общей и региональной геологии. — Новосибирск: 1971. С. 320–336.

## К разработке задач современного контекста химии в изучении теоретико-методологических аспектов преподавания

Бекмурадова Феруза Кутлуг-Бековна, студент  
Ташкентский государственный аграрный университет (Узбекистан)

Скорее всего, предполагаемые педагогические задачи составления учебников или процесса преподавания в образовательных учреждениях, так или иначе, решаются предпосылками научного анализа содержания и методов обучения и разнообразных источников. Как правило, в процессе изучения, в нашем анализе, мы бы хотели отметить, значительное влияние масштаба профессиональных знаний и мотивационную сферу стимула преподавания.

Тенденция возложения основной теоретической функции предмету — делает проблему исследования сложным в определении роли его содержания, но, несмотря на различие подходов, специалисты сходятся во мнении, что на сегодня практически отсутствует единая система гуманитарного понимания условий модернизации преподавания. И эта единая система — определяющее звено профессиональности. Комплексная направленность преподавания специальных дисциплин способствует развитию специалиста, его научного мировоззрения. Поэтому необходимо рассмотреть теоретические особенности, связанные с подготовкой специалистов в практическом направлении.

Модернизированный принцип преподавания требует, чтобы в процессе обучения учащиеся овладевали подлинными знаниями, отвечающими современному уровню развития. Успех обучения естественным наукам зависит не только от точного определения ее целей и содержания, но в значительной степени и от способов преподавания и методов обучения.

Химия как практическая наука играет большую роль в решение наиболее актуальных и перспективных проблем современного миропонимания:

во-первых, это синтез новых веществ для решения практических задач будущего; во-вторых, это увеличение эффективности за счет искусственных изобретений для повышения продукции и продуктов питания; в-третьих, это разработка источников энергии; в-четвертых, новое рассмотрение протекания биохимических процессов; в-пятых, изучение новых источников.

В настоящее время известно около десяти миллионов веществ, и этот список чуть ли не ежедневно пополняется. Все вещества изучаются и получают свое название, поскольку, несмотря на наличие сходных признаков, каждое из них имеет свои индивидуальные свойства.

Изучая свойства веществ, химия не ограничивается только внешними качественными (прочность, цвет вещества, его устойчивость при нагревании и т. д.) или количественными (масса, температура плавления и кипения, плотность, значение разрушающей нагрузки и т. д.) наблюдениями. Она изучает и внутренние изменения, проис-

ходящие с веществами в результате физических явлений, которые не связаны с превращениями одних веществ в другие. Примером физических явлений служит переход вещества из одного агрегатного состояния в другое (превращение жидкой воды в пар при нагревании или в лед при охлаждении). (3:5)

Например, закон сохранения массы, закон постоянства состава, закон эквивалентов, закон кратных отношений, закон объемных отношений и закон Авогадро или основные положения атомно-молекулярного учения — это конечно не весь спектр правил и сводов химической науки. Она все больше приобретает новые обороты, расширяется и развивается.

Химия как наука относится к основополагающим областям естествознания. Обитая непрерывно и все быстрее изменяющемся материальном мире, человек взаимодействует с множеством материалов и веществ природного и антропогенного происхождения. Практическая деятельность людей давно превратилась в фактор, по своим масштабам соизмеримый с эволюцией самой природы. Этот фактор неустраним, пока существует человечество. Результаты деятельности людей во многом определяются тем специфическим компонентом культуры, который формирует химические знания.

Основные проблемы химии — изучение состава и строения веществ, зависимости их свойств от строения, конструирование веществ с заданными свойствами, исследование закономерностей химических превращений и путей управления ими в целях получения веществ и материалов, энергии. Поэтому, как бы не различались курсы химии объемом материала и глубиной трактовки изучаемых вопросов, их учебное содержание неизбежно будет строиться в рамках именно этих проблем.

Занимая среди наук о природе место между физикой и биологией, химия вносит существенный вклад в понимание современной научной картины мира. Как и другие естественные науки, химия не только изучает природу, но и обеспечивает человека знаниями для практической деятельности, развития материального производства. (2:8—10)

Нефть, как известно, является в настоящее время основным энергетическим и химическим сырьем. Однако по некоторым прогнозам мировые запасы нефти могут быть исчерпаны уже в течение ближайших 50 лет. Вместе с тем существующая технология позволяет извлекать только половину нефти, содержащейся в месторождениях. Это обусловлено прочной связью нефти с вмещающими ее породами. Повышение нефтеотдачи пластов на 10—15 % было бы равносильно открытию новых месторождений.

В связи с этим в настоящее время заметно возрос интерес к поиску путей и средств повышения вторичной добычи нефти. Основная задача, которая при этом решается, состоит в том, чтобы отделить от породы нефть, не извлекаемую методами первичной добычи. С этой целью широко используется вытеснение нефти водой, нагнетаемой в пласт под большим давлением. Предлагается также закачивать в нефтеносный пласт поверхностно-активные вещества, различные вязкие растворы, водяной пар, газы. Исследуя и возможность использования геохимиче-

ской деятельности микроорганизмов для увеличения вторичной добычи нефти. (1:60)

Сравнивая прогрессирующее значение науки не только на практике, но и в теории, как химия, можно заключить, что наличие искусственных и естественных веществ необходимо и достаточно, чтобы обеспечить её научную эволюцию в будущем. Следовательно, уже в ближайшие годы мы можем стать свидетелями эволюционных изменений в химической науке и промышленности.

#### Литература:

1. Биология и современность / А. В. Яблоков, Н. Ф. Реймерс, В. Д. Ильичев и др.; Под ред. А. В. Яблокова. — М.: Просвещение, 1990. — 208 с. : ил. — (Б-ка учителя биологии).
2. Концепция школьного химического образования. Разработка Г. В. Лисичкина, Е. Е. Минченкова при участии сотрудников МИРОС и ИОСО РАО. Всероссийское совещание по проблемам общего среднего химического образования. — Самара, 1993 г.
3. Химия: Справ. материалы: Кн. для учащихся / Ю. Д. Третьяков, Н. Н. Олейников, Я. А. Кеслер, И. В. Казимирчик; Под ред. Ю. Д. Третьякова. — 2-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 1988. — 223 с., 4 л. и.: ил.

## Исследование влияния добавок некоторых спиртов на экстракционно-фотометрическое определение алюминия

Козырева Александра Юрьевна, магистр;

Калугин Альберт Александрович, кандидат химических наук, доцент

Нижегородский государственный национальный исследовательский университет им. Н. И. Лобачевского

### Введение

В настоящее время значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки. Ионы многих металлов, содержащихся в окружающей среде, способны накапливаться в организме человека, оказывая отрицательное воздействие. Известно, что повышенное содержание алюминия ведет к нарушению обмена веществ, расстройству нервной системы, способствует увеличению распространенности анемий.

Суммарное содержание всех форм алюминия в питьевой воде не должно превышать 0.5 мг/л (в Европе — 0.2 мг/л, в США — 0.05 мг/л).

Из-за широкого распространения алюминиевых изделий и негативного влияния соединений алюминия на здоровье человека представляется актуальным контролировать содержание алюминия в объектах окружающей среды [1].

В настоящее время применяют различные способы определения алюминия в зависимости от состава анализируемого объекта. Среди аналитических методов особый интерес представляет экстракционно-фотометрический, благодаря его довольно высокой чувствительности, селективности, точности и простоте выполнения.

Цель нашей работы — экстракционно-фотометриче-

ское определение ионов алюминия в водных растворах с применением спиртов в качестве добавок к основному экстрагенту — толуолу. Подобные исследования применительно к определению алюминия в литературе отсутствуют.

На нашей кафедре разработана экстракционно-фотометрическая методика определения содержания алюминия (III), основанная на образовании экстрагируемого бензолом ионного ассоциата фторидного комплекса алюминия с основными красителями. [2] Бензол, являясь хорошим экстрагентом, весьма ядовит и практически не выводится из организма, поэтому перед нами стояла задача — заменить бензол на менее вредный экстрагент толуол. Толуол, в отличие от бензола, не накапливается, а выводится из организма.

Плотность заряда на ионе фтора высока, вследствие его малого размера, в результате чего фторидный комплекс алюминия (III) несет на себе достаточно большой отрицательный заряд, что является причиной незначительного перехода его ионного ассоциата с бриллиантовым зеленым в малополярный растворитель толуол.

Мы предположили, что добавление некоторых более полярных растворителей, например, некоторых спиртов к толуолу должно увеличивать экстракцию ассоциата за счет частичной компенсации заряда комплекса, что при-

ведет к увеличению степени извлечения ионного ассоциата.

В качестве полярных растворителей использовали амиловый, гексиловый, октиловый, нониловый, ундециловый спирты.

В качестве основного красителя в нашей работе был использован краситель трифенилметанового ряда — бриллиантовый зеленый.

Определение основано на измерении оптической плотности экстракта ионного ассоциата фторидного комплекса алюминия (III) с бриллиантовым зеленым.

### Экспериментальная часть

В работе использован кристаллогидрат нитрата алюминия  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  «х. ч.», толуол «х. ч.», спирты «х. ч.». Исходный раствор соли (0.1 моль/л) готовят растворением соответствующей навески в дистиллированной воде, подкисленной азотной кислотой. Концентрацию ионов алюминия в полученном растворе определяют обратным комплексонометрическим титрованием раствором сульфата цинка с индикатором ксиленоловым оранжевым [3].

Растворы меньшей концентрации готовят соответствующим разбавлением непосредственно перед использованием. Растворы соли алюминия подкисляют азотной кислотой (до  $pH = 3$ ) для предотвращения их гидролиза. Измерение оптической плотности экстракта ионного ассоциата проводят на спектрофотометре СФ-26. Все органические растворители перед экстракцией насыщают водой, а воду — соответствующим экстрагентом.

### Методика определения

В делительные воронки помещают 5 мл  $10^{-5}$  М раствора нитрата алюминия, приливают 1 мл 0.01М раствора

фторида калия. Затем добавляют 10 мл ацетатно-аммиачного буферного раствора с  $pH = 3.0$  и 3 мл 0.01М раствора бриллиантового зеленого, объем жидкой фазы доводят дистиллированной водой до 30 мл, приливают 3.5 мл толуола, держащего различные объемы используемых спиртов.

Содержимое делительных воронок перемешивают на механической мешалке в течение 5 минут. Предварительно было установлено, что пятиминутного перемешивания достаточно для установления равновесия в системе.

После разделения органической и водной фаз экстракт помещают в фотометрическую кювету с толщиной поглощающего слоя 1 см и измеряют оптическую плотность на фоне раствора сравнения. Раствор сравнения готовят по аналогичной методике с той разницей, что вместо исследуемого раствора, содержащего ионы алюминия, помещают 5 мл дистиллированной воды.

Для нахождения оптимальной длины волны снята кривая поглощения ионного ассоциата в толуоле в интервале длин волн от 500 до 700 нм. Спектры поглощения сняты в присутствии всех исследованных спиртов. (Рис. 1)

Из Рис. 1 видно, что максимальное поглощение комплекса приходится на длину волны, равную 640 нм и при использовании в качестве добавки ундецилового спирта. Поэтому дальнейшие измерения проводили при 640 нм.

В дальнейшем исследовано: влияние избытков реагентов — бриллиантового зеленого, фторида калия. Найдена оптимальная кислотность водной фазы ( $pH = 3$ ). Определены объемные доли исследуемых спиртов, при добавлении которых к толуолу получено максимальное увеличение оптической плотности экстракта.

Для нахождения оптимальных значений вышеперечисленных факторов использована вышеописанная мето-

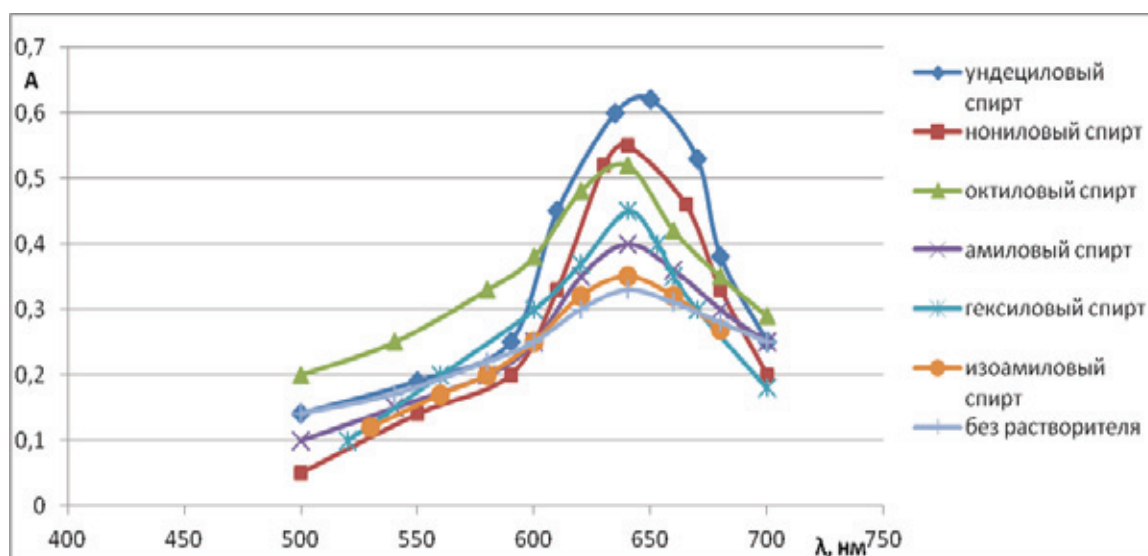


Рис. 1. Спектры поглощения ионного ассоциата фторидного комплекса алюминия с бриллиантовым зеленым на фоне раствора сравнения при добавлении различных спиртов

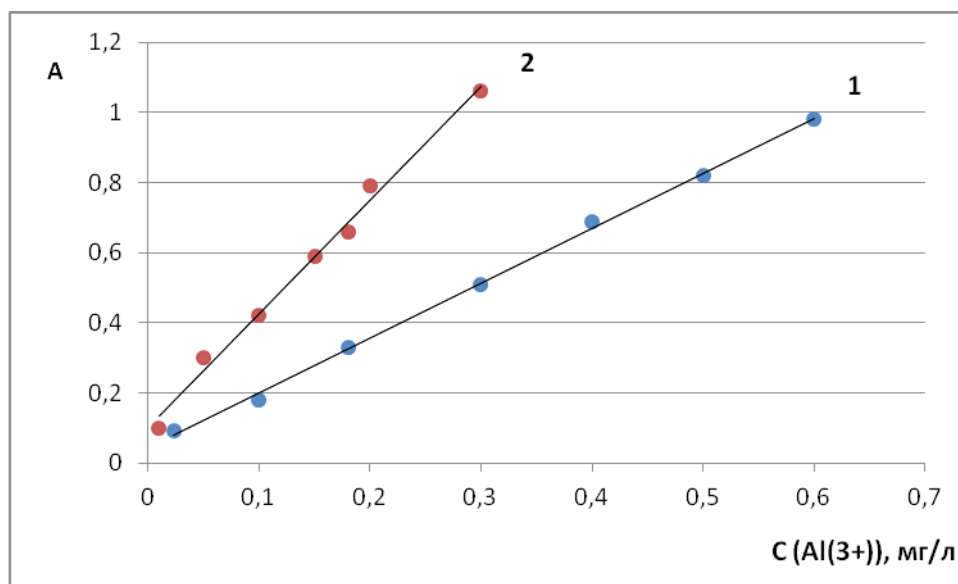


Рис. 2. Градуировочные графики для определения алюминия (III) в водных растворах:  
1 — экстрагент — толуол; 2 — экстрагент толуол + ундециловый спирт

дика. При этом исходная концентрация Al (III) оставалась постоянной, менялась концентрация того вещества, влияние которого исследовалось.

Проведенные исследования позволили окончательно сформулировать методику определения: в делительные воронки помещают 5 мл  $10^{-5}$  М раствора нитрата алюминия, приливают 1 мл 0.01М раствора фторида калия. Затем добавляют 10 мл ацетатно-аммиачного буферного раствора с  $pH = 3.0$  и 3 мл 0.01М раствора бриллиантового зеленого, объем жидкой фазы доводят дистиллированной водой до 30 мл, приливают 3.5 мл толуола, содержащего 1,13 % ундецилового спирта.

С использованием разработанной методики проведено определение концентрации Al (III) в водных растворах по методу градуировочного графика. Для сравнения построены градуировочные графики с использованием в качестве экстрагента чистого толуола и толуола с добавкой ундецилового спирта. (Рис. 2)

Уравнение градуировочного графика 1 (экстрагент — толуол):  $y = 1,579x + 0,067$ , коэффициент корреляции 0,992. Рабочая область градуировочной зависимости находится в интервале концентраций 0,023–0,61 мг/л. Предел обнаружения равен:  $C_{\min} = 6$  мкг/л. Рассчитан молярный коэффициент светопоглощения ионного ас-

социата в органической фазе:  $\epsilon = (6,3 \pm 0,1) \cdot 10^4$  л/ (моль·см).

Уравнение градуировочного графика 2 (экстрагент толуол + ундециловый спирт):

$y = 3,386x + 0,092$ , коэффициент корреляции 0,992. Рабочая область градуировочной зависимости находится в интервале концентраций 0,009–0,44 мг/л. Предел обнаружения равен:  $C_{\min} = 1,2$  мкг/л. Молярный коэффициент светопоглощения ионного ассоциата в смешанном органическом растворителе имеет значение  $\epsilon = (2,5 \pm 0,1) \cdot 10^5$  л/ (моль·см), что в 4 раза выше коэффициента чувствительности в случае использования в качестве экстрагента чистого толуола.

При использовании смешанного экстрагента возрастает чувствительность определения ионного ассоциата алюминия (тангенс угла наклона графика).

**Проверка воспроизводимости результатов определения алюминия методом «введено — определено»**

Градуировочные графики применены для определения Al (III) в водных растворах (Таблицы 1 и 2).

Из таблиц 1 и 2 видно, что определение с использованием экстрагента толуола и экстрагента толуола с добавкой ундецилового спирта позволяет получать хорошо

Таблица 1. Результаты определения алюминия (III) методом «введено — определено»  
( $n=3$ ,  $P=0,95$ ; экстрагент — толуол)

Введено, мг/л	Определено, мг/л	$S_r$
0,14	0,138±0,004	0,06
0,45	0,449±0,002	0,01
0,67	0,667±0,003	0,02



Таблица 2. Результаты определения алюминия (III) методом «введено — определено» (n=3, P=0,95; экстрагент — толуол с добавкой ундецилового спирта)

Введено, мг/л	Определено, мг/л	S <sub>r</sub>
0,090	0,091±0,018	0,05
0,150	0,147±0,016	0,03
0,220	0,218±0,016	0,02

воспроизводимые достаточно точные результаты с относительной погрешностью не более 6 %.

### Заключение

Разработана методика экстракционно-фотометрического определения ионов алюминия в водных растворах, основанная на образовании экстрагируемого ассоциата

фторидного комплекса алюминия с бриллиантовым зеленым с использованием смешанного экстрагента.

Коэффициент чувствительности определения ассоциата возрастает в 4 раза по сравнению с использованием в качестве экстрагента чистого толуола.

Методика характеризуется хорошей воспроизводимостью и точностью результатов анализа, что подтверждается методом «введено — определено».

### Литература:

1. Давыдова С. Л. О токсичности ионов металлов. М.: Наука, 1991. 31 с.
2. Кутырева И. А., Калугин А. А., Зорин А. Д., Занозина В. Ф. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского, 1 (1), 2012, 318 с.
3. Умланд Ф. и др. Комплексные соединения в аналитической химии: теория и практика применения. М.: Мир, 1975, 536 с.

## Расчет суспензий в выпарных аппаратах

Шмаль Игорь Иванович, кандидат физико-математических наук

*В статье изложена инженерная методика для расчета параметров суспензии в выпарных аппаратах. Рассматриваются растворы при концентрациях, достигших предельные значения, в результате чего происходит образование твердой фазы. Расчетная область представляет собой U-образный сосуд, в нисходящей ветви которого параметры известны, а в восходящей ветви находится суспензия — смесь насыщенного раствора соли и взвешенных частиц твердой фазы. Учтено положение уровня в восходящей ветви, оказывающее влияние на массу раствора и твердой фазы. Методика пригодна для инженерных оценок при конструкторских разработках.*

**Ключевые слова:** раствор, фаза, концентрация, баланс, масса, динамика, перепад уровней.

В химических технологиях широко применяются выпарные аппараты. Основные процессы в них описаны в классических трудах [1, 2]. Автором рассматривались близкие по тематике задачи — изменение концентрации без фазовых переходов, а также образование твердой фазы на стенках [3, 4]. Вне поля внимания остались задачи по определению параметров двухфазной смеси — суспензии. Особую актуальность данные процессы получают в случае резкого изменения температуры жидкой фазы при условии, что достигаются предельные значения растворимости солей. Это может происходить, например, при аварийных режимах в выпарных аппаратах и прочих устройствах.

Пусть расчетный объект представляет собой два общающихся сосуда (см. Рис. 1). Перетоки жидкой среды между сосудами могут осуществляться через канал вблизи дна. В первом сосуде, «опускной» участок, пусть находится среда с известными определяющими параметрами (плотность, уровень), которые необходимы для вычисления параметров весового столба в нем. Во втором сосуде, «подъемный» участок, находится суспензия.

Задача расчета следующая. Необходима проверка возможности существования, а затем — уточнение параметров состояния суспензии в подъемном участке. Этому предшествует запись балансовых соотношений для массы соли в подъемном участке:

$$\frac{dM_{под\ c}}{dt} = \sum_{i=1}^k G_i \cdot c_i - \sum_{j=1}^l G_j \cdot c_j$$

Для конкретного момента времени необходимо вычислить значение суммарной массы соли, находящейся в виде смеси насыщенного раствора и твердой фазы в подъемном участке —  $M_{под\ c}(t)$ .

Полученное значение является основным при построении решения, в котором уже будут конкретизироваться параметры состояния суспензии — солевой раствор при предельной концентрации и равномерно распределенные в нем твердые частицы соли.

Расчету параметров суспензии в «подъемном» участке предшествуют оценки правомерности поиска решения для смеси в виде суспензии. С этой целью производится вычисление параметров среды в «подъемном» участке для двух предельных вариантов решения: 1) максимальный уровень среды  $h_{max\ под}$ , когда имеем исключительно солевой раствор при предельной концентрации без твердой фазы; 2) минимальный уровень среды  $h_{min\ под}$ , когда имеем исключительно твердую фазу — кристаллы. Полученные значения используются для проверки наличия решения и обоснования правомерности использования алгоритма.

Исходные данные для расчета:

- зависимость площади поперечного сечения в подъемном участке от высоты,  $F(h_{под}(\tau))$ ;
- плотности жидкой и твердой фазы для подъемного участка —  $\rho_{под\ ж}$  (плотность раствора жидкости при предельной растворимости),  $\rho_{под\ к}$ ;
- плотность среды и уровень в опускном участке  $\rho_{он}$  и  $h_{он}$ ;
- концентрация  $c_{под\ ж}$ , г/кг для раствора в подъемном участке. Данная величина при рассмотрении суспензии равна предельной концентрации;
- суммарное количество соли в подъемном участке

$M_{под\ c}$ , находящейся в жидкой (раствор) и твердой (кристалл) фазе. Как упоминалось выше, эта величина определяется из балансовых соотношений с привлечением граничных условий — расходов подачи/отбора среды. Для сокращения выкладок принято, что твердая фаза — кристаллы, — формируется исключительно из соли.

Основные используемые соотношения при построении алгоритма:

- 1) Равенство весовых столбов в опускном и подъемном участке

$$\rho_{он} \cdot g \cdot h_{он} = \rho_{под} \cdot g \cdot h_{под}$$

- 2) Зависимость объема в подъемном участке от физического уровня смеси

$$V_{под}(\tau) = \int_0^{h_{под}} F(h_{под}(\tau)) \cdot dh_{под}$$

- 3) Зависимость плотности и удельного объема суспензии от объемного и массового содержания твердой фазы

$$\rho_{см} = \rho_{ж} + \alpha \cdot (\rho_{к} - \rho_{ж}),$$

$$v_{см} = v_{ж} - x \cdot (v_{ж} - v_{к})$$

Алгоритм расчета параметров суспензии следующий. Нужно определить верхнюю, максимально возможную оценку для массы соли, а также минимально возможную оценку для массы соли в суспензии. Если искомое значение массы соли лежит в указанной области, то можно отыскать решение с помощью итеративных вычислений.

- 1) Определяется максимально возможный уровень выродившейся суспензии, когда без содержания твердой фазы ( $\alpha=0$ ) и основные параметры для этого случая

$$\rho_{под\ min} = \rho_{под\ ж} + \alpha \cdot (\rho_{под\ к} - \rho_{под\ ж}) = \rho_{под\ ж},$$

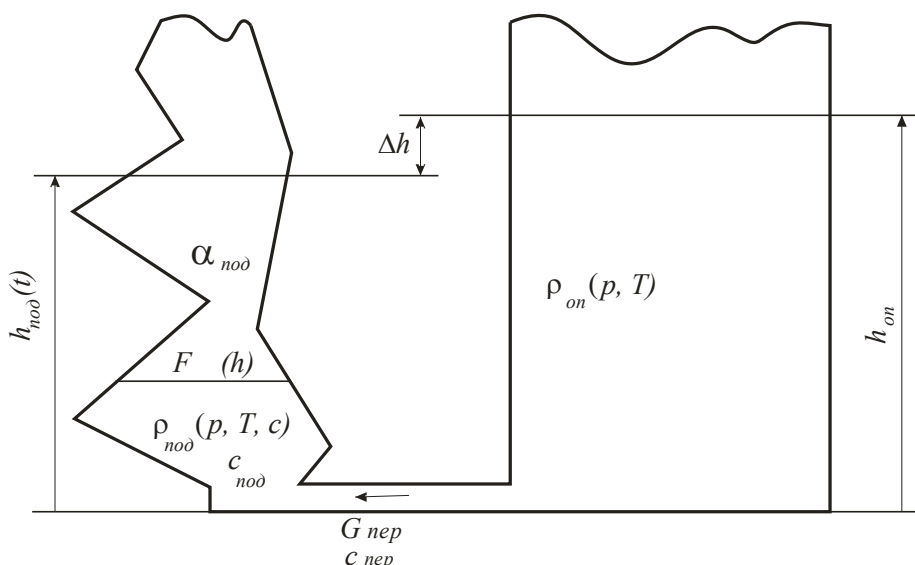


Рис. 1. Схема расчетной области

$$\rho_{он} \cdot g \cdot h_{он} = \rho_{подж} \cdot g \cdot h_{подмак}$$

$$h_{подмак} = \frac{\rho_{он} \cdot g \cdot h_{он}}{\rho_{подж} \cdot g}$$

$$V_{подмак} = \int_0^{h_{подмак}} F(h_{под}) \cdot dh_{под}$$

$$M_{подсmin} = V_{подмак} \cdot \rho_{подж} \cdot c_{подж} / 1000$$

2) Определяется минимально возможный уровень выродившейся суспензии, когда объемное содержание твердой фазы равно  $\alpha=1$

$$\rho_{подмак} = \rho_{подж} + \alpha \cdot (\rho_{подк} - \rho_{подж}) = \rho_{подк}$$

$$\rho_{он} \cdot g \cdot h_{он} = \rho_{подк} \cdot g \cdot h_{подмак}$$

$$h_{подмак} = \frac{\rho_{он} \cdot g \cdot h_{он}}{\rho_{подк} \cdot g}$$

$$V_{подмин} = \int_0^{h_{подмин}} F(h_{под}) \cdot dh_{под}$$

$$M_{подсmax} = V_{подмин} \cdot \rho_{подк}$$

3) Проверяется возможность существования решения для двухфазной смеси — суспензии

$$M_{подсmin} \leq M_{подс} \leq M_{подсmax}$$

и, если неравенство соблюдается, производится переход к итеративному процессу поиска решения

4) Принимаем новое значение уровня в подъемном участке и определяемые им величины для двухфазной смеси — плотность, объем

$$h_{подн} = (h_{подмак} + h_{подмин}) \cdot 0,5$$

$$\rho_{подн} = \rho_{он} \cdot h_{он} / h_{подн}; v_{подн} = 1 / \rho_{подн}$$

$$V_{подн} = \int_0^{h_{подн}} F(h_{под}) \cdot dh_{под}$$

5) Вычисляем объемное и массовое содержание твердой фазы

$$x_{подн} = 1 - ((v_{подн} - v_{подк}) / (v_{подж} - v_{подк}))$$

$$\alpha_{подн} = 1 - ((\rho_{подн} - \rho_{подж}) / (\rho_{подк} - \rho_{подж}))$$

6) В этом случае можно определить значения объемов и масс для каждого из компонентов смеси при заданном уровне смеси в подъемном участке  $h_{подн}$

$$V_{поднк} = V_{подн} \cdot \alpha_{подн}; V_{поднж} = V_{подн} - V_{поднк}$$

$$M_{поднк} = V_{поднк} \cdot \rho_{подк}; M_{поднж} = V_{поднж} \cdot \rho_{подж}$$

7) Вычисляется масса соли, находящейся в растворе, и суммарная масса соли в обоих фазовых состояниях — жидком и твердом

$$M_{поднжс} = M_{поднж} \cdot c_{подж} / 1000;$$

$$M_{поднс} = M_{поднжс} + M_{поднк}$$

8) Проводится сравнение вычисленного значения суммарной массы соли в обеих фазах с заданным в граничных условиях. Если точность решения не удовлетворительная, то происходит изменение предельных значений для высоты смеси в подъемном участке и повторяется итеративный процесс, начиная с пункта 4)

$$h_{подмак} = h_{подн}, \text{ если } M_{подс} \geq M_{поднс}$$

или

$$h_{подмин} = h_{подн}, \text{ если } M_{подс} \leq M_{поднс}$$

Данная методика проста и может применяться для описания различных процессов, в которых появляется необходимость поиска параметров двухфазной смеси — суспензии. Детальное описание, построение моделей с дополнительными параметрами и учет процессов, оставшихся вне поля зрения, — это следующий шаг, который должен рассматриваться в дальнейшем.

Список условных обозначений:

**M** — масса, кг;

**h** — высота, м;

**$\rho$**  — плотность, кг/м<sup>3</sup>;

**G** — расход, кг/с;

**c** — концентрация, г/кг;

**V** — объем, м<sup>3</sup>;

**$\alpha(x)$**  — объемное (массовое) содержание твердой фазы в суспензии.

Литература:

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971, 784 с.
2. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1981, 812 с.
3. Шмаль И. И. Аналитические оценки для процесса кристаллизации // Молодой ученый. — 2013. — № 7 (54), с. 30–31.
4. Шмаль И. И. Метод расчета нестационарных изменений концентрации в выпарных установках // Молодой ученый. — 2013. — № 8 (55), с. 42–44.

## ИНФОРМАТИКА

### Разработка мобильного приложения для связи администрации и жителей города

Агеева Светлана Полиектовна, магистр  
Вологодский государственный университет

*Приложение для мобильных устройств для связи администрации и жителей города.*

**Ключевые слова:** *мобильная приемная главы города, приложение для связи администрации и горожан.*

С ростом муниципалитета его администрация сталкивается с проблемой поддержания всех его единиц в надлежащем порядке. Проследить за всем невероятно сложно, ведь возможно, что случилось нечто незаметное, но что приведет к непоправимым последствиям. Например, кто-то снял канализационный люк во дворе. Дворов много. Все не обойдешь. А вдруг ребенок захочет посмотреть, что там внизу? Или случайный прохожий не заметит «дыру в асфальте» и провалится? А вот какая-нибудь бабушка, совершающая свою ежедневную прогулку, или женщина, спешащая домой с покупками, или студент, идущий на учебу, заметит. Но как сообщить? А люк не закрывают и день, и два, и три. Складывается впечатление, что власти не работают. Но это не совсем так: они просто не в курсе происходящего.

Конечно, создаются каналы связи между администрацией города и его жителями. Это и многочисленные номера телефонов в справочниках, и даже онлайн-приемные глав города. Но стационарный телефон есть не в каждой квартире и, следовательно, не в каждой квартире есть и телефонный справочник. А вот Интернет проведен почти в каждую квартиру. Придя домой, абсолютно любой человек может зайти в онлайн-приемную главы города и сообщить о неполадке, которую он видел. Но уже дома не каждый вспомнит, что он видел на улице и что он хотел сделать, как только сядет за компьютер. И возникшая проблема исчезнет только благодаря случаю. Но это неправильно.

Хочу предложить еще один вариант канала связи. Это разработка, а в дальнейшем бесплатное распространение приложения для мобильных телефонов «Онлайн приемная главы города». Конечно, не каждой бабушке будет под силу набрать сообщение и отправить его администрации для скорейшего решения увиденной проблемы, но вероятность того, что администрация узнает и сделает все возможное для устранения неполадки, заметно возрастает.

Функционал, который можно предложить в приложении, показан на рис. 1–4. На рисунках представлен примерный схематичный интерфейс приложения.

В личном кабинете представлены следующие возможности:

- «Новая заявка» — создание новой заявки;
- «Мои заявки» — просмотр отправленных ранее обращений;
- «Новости города» — информационная страничка о последних городских новостях;
- «Информация» — сведения о проекте: авторы, год выпуска, возможные обновления.

При выборе «Новая заявка» открывается страничка, где пользователю необходимо выбрать вид и категорию обращения. Виды могут быть: «Нарушение», «Предложение» и «Новость».

При выборе «Нарушение» горожанин сообщает, что произошло, что-то экстраординарное, что может повлечь за собой угрозу для жизни людей. Такие обращения должны рассматриваться в первую очередь, так как порой они требуют незамедлительного реагирования.

При выборе «Предложение» предлагается подать заявку на улучшение атмосферы жизни в городе. Это могут быть какие-то развлекательные мероприятия, предложения по украшению города, например, в каком еще месте требуется озеленение и красивые клумбы, также здесь могут предлагаться и парковочные места — актуальный вопрос в наше время.

«Новость» дает возможность горожанам предложить свою тему или новость на сайт Администрации. Это может быть какая-то пиар акция или реклама продукта, какой-либо очерк о произошедших в городе событиях.

Категории заявки, как у «Нарушения», так и у «Предложения» могут быть одни и те же. Это, например, дороги и тротуары, крыши (не убран снег или протекает) и многое другое.



Рис. 1. Загрузочная страница приложения

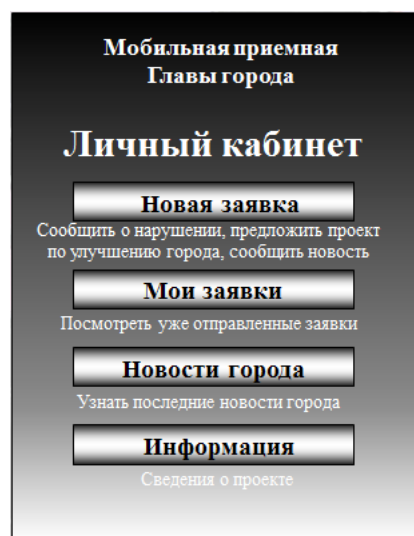


Рис. 2. Личный кабинет приложения

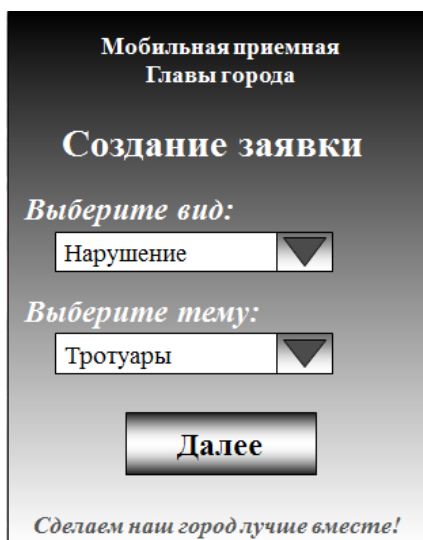


Рис. 3. Выбор категории создаваемой заявки

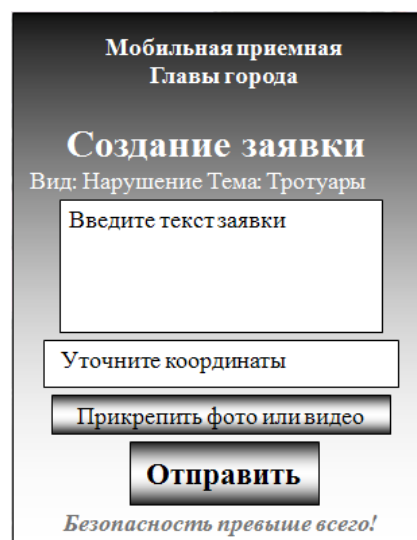


Рис. 4. Страничка формирования заявки

При формировании обращения пользователь вводит текст заявки, уточняет координаты (использование координат мобильного устройства считаю неуместным, так как пользователь может уже в автобусе решить написать о каком-либо нарушении, соответственно, его координаты и координаты проблемного места могут не совпадать). Также он может прикрепить фотографию или видео с «места происшествия», это поможет правильно понять описанную проблему, оценить ее и если требуется отправить на место происшествия нужных специалистов.

Также в приложении будет страничка новостей для отображения самых актуальных новостей города. Это позволит привлечь внимание к приложению не только тех

людей, которые хотят написать обращение, но и жителей, которые интересуются жизнью города и следят за городскими новостями. Такой функционал позволит сделать приложение универсальным, с охватом различных категорий граждан, как «ворчунов» так и «довольных жизнью» граждан. В свою очередь, для любителей жалоб лента новостей в приложении послужит своеобразным рупором о положительных изменениях, происходящих в городе по инициативе городских властей.

В результате работы у людей появится еще один способ сказать о возникших проблемах руководству города, а у администрации еще одна возможность быть в курсе происходящего и достаточно быстро обеспечивать горожанам нормальный уровень жизни.

## Обзор систем машинного перевода

Андреева Анастасия Дмитриевна, студент;

Меньшиков Илья Леонидович, студент;

Мокрушин Андрей Анатольевич, старший преподаватель

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

*В данной статье рассмотрены основные виды систем машинного перевода. Рассмотрены основные системы машинного перевода, произведено их сравнение и анализ. Сделаны предположения о возможных путях развития подобных систем.*

**Ключевые слова:** машинный перевод, обработка естественного языка, компьютерная лингвистика.

### Введение

Машинный перевод представляет собой процесс связанного перевода текстов компьютерной программой с одного естественного языка на другой. [1]

Различают следующие основные цели использования машинного перевода [2, 3]:

— Быстрое ознакомление с интересующей информацией — машинный перевод позволяет получить в общих чертах информацию о содержании статьи, книги, научной работы и т. д.;

— Возможность коммуникаций — машинный перевод дает возможность написать любому человеку из любой точки Земли;

— Автоматическая локализация — позволяет быстрорастущим компаниям увеличивать рынок сбыта;

— Упрощение работы переводчика — используя машинный перевод, переводчик может значительно ускорить перевод текста;

В данной статье будут рассмотрены виды машинного перевода, самые популярные системы, работающие с русским языком, разобран принцип их работы, описаны основные достоинства и недостатки. Так же будут сделаны предположения о путях развития машинного перевода.

### Виды машинного перевода

В настоящее время различают три вида систем машинного перевода [4, 5, 6]:

— Системы на основе грамматических правил (Rule-Based Machine Translation, RBMT);

— Статистические системы (Statistical Machine Translation, SMT);

— Гибридные системы;

Системы на основе грамматических правил производят анализ текста, который используется в процессе перевода. Перевод производится на основе встроенных словарей для данной языковой пары, а так же грамматик, охватывающих семантические, морфологические, синтаксические закономерности обоих языков. На основе всех этих данных исходный текст последовательно, предложение за предложением, преобразуется в текст на требуемом языке. Основной принцип работы таких систем — связь

структур исходного и конечного текстов.

Системы на основе грамматических правил часто разделяют еще на три подгруппы — системы пословного перевода, трансфертные системы и интерлингвистические системы.

Преимуществами систем на основе грамматических правил являются грамматическая и синтаксическая точность, стабильность результата, возможность настройки на специфическую предметную область. К недостаткам систем на основе грамматических правил относят необходимость создания, поддержки и обновления лингвистических баз данных, трудоемкость создания такой системы, а так же ее высокая стоимость.

Статистические системы при своей работе используют статистический анализ. В систему загружается двуязычный корпус текстов (содержащий большое количество текста на исходном языке и его «ручной» перевод на требуемый язык), после чего система анализирует статистику межъязыковых соответствий, синтаксических конструкций и т. д. Система является самообучаемой — при выборе варианта перевода она опирается на полученную ранее статистику. Чем больший словарь внутри языковой пары и чем точнее он составлен, тем лучше результат статистического машинного перевода. С каждым новым переведенным текстом улучшается качество последующих переводов.

Статистические системы отличаются быстротой настройки и легкостью добавления новых направлений перевода. Среди недостатков наиболее значительными являются наличие многочисленных грамматических ошибок и нестабильность перевода.

Гибридные системы сочетают в себе подходы, описанные ранее. Ожидается, что гибридные системы машинного перевода позволят объединить все преимущества, которыми обладают статистические системы и системы, основанные на правилах.

### Крупнейшие системы машинного перевода, работающие с русским языком

В этой части будут рассмотрены три крупнейшие системы машинного перевода, работающие с русским языком — Abbyu Compreno [7], Google Translate [8] и Ян-

декс.Перевод [9, 10, 11]. Каждая из этих систем продолжает активно развиваться, совершенствуясь и увеличивая качество перевода.

#### **Abbyy Comreno**

Abbyy Comreno — технология, разработанная российской компанией «Abbyy», а также одноименная система, созданная ей же.

Для перевода система строит полное синтаксическое дерево исходного текста. Для его построения она использует отдельно заданные правила для каждого языка. Причем Comreno способна правильно обрабатывать анафоры, эллипсис и другие трудно поддающиеся обработке языковые конструкции. При переводе учитываются связи между словами в этом дереве, возможное положение этих слов в USH (Universal Sematic Hierarchy — иерархии универсальных семантических значений и отношений между ними) а также статистика взаимоотношений между словами.

Основным недостатком данной системы является её закрытость, отсутствие данных о полномасштабных тестированиях данной системы, что делает невозможным оценку качества производимого ей машинного перевода.

#### **Google Translate**

Google Translate — система, в настоящий момент разрабатываемая компанией Google. Первоначально разрабатывалась Franz Josef Och. Построена на статистическом методе перевода. Для обучения системы первоначально использовались параллельные корпуса текстов ООН, представленные на шести официальных языках ООН.

Данная система не осуществляет прямой перевод для языковых пар, в которые не входит английский язык. То есть, при переводе, например, с русского языка на французский, сначала будет осуществлен перевод с русского на английский язык, а после этого — с английского на французский.

Более того, для некоторых языков таких шагов больше. Например, тексты на белорусском языке вначале переводятся на русский, после этого на английский и только потом превращаются в текст на конечном языке. Это значительно снижает точность перевода и делает систему абсолютно непригодной для перевода ряда текстов.

#### **Яндекс.Перевод**

Яндекс.Перевод представляет собой сервис автоматического перевода слов, фраз, целых текстов, а так же веб-страниц. Как и Google Translate, Яндекс.Перевод использует статистический перевод. Яндекс.Перевод состоит из двух частей — модели перевода и модели языка. Модель перевода занимается построением графа, содержащего все возможные варианты перевода предложения. Модель языка выбирает лучший вариант перевода с точки зрения оптимальной сочетаемости слов в естественном языке. []

Хотя список доступных для перевода языков у Яндекс.Перевод значительно меньше, чем у Google Translate, перевод осуществляется напрямую, без использования промежуточных звеньев.

#### **Анализ**

В настоящий момент, наиболее распространены системы машинного перевода, основанные на статистическом анализе. Эти системы проще создать и поддерживать. Кроме того, для обучения этих систем доступно огромное количество данных: в их распоряжении параллельные корпуса текстов, книги, переведенные на разные языки, веб-сайты, имеющие возможность выбора языка и многие другие источники данных.

В противоположность им, системы, основанные на правилах трудоемки в разработке и поддержке. Например, у компании Abbyy на создание своей Abby Comreno ушло около 15 лет! [7]

Однако, системы, основанные на правилах, уже сейчас имеют куда более высокое качество перевода, чем системы, основанные на статистике. Кроме, того, они куда более перспективны. Следует понимать, что с увеличением числа данных для статистики, качество перевода систем, основанных на статистике, увеличивается нелинейно, и в определенный момент настанет ситуация, после которой увеличение числа данных уже не будет давать хоть сколько-нибудь заметного улучшения качества перевода. Именно поэтому, разработки систем на основе правил будут представлять больший интерес.

Но построение систем на основе правил — задача хоть и необходимая и перспективная, но невероятно трудоемкая. Над созданием правил трудятся десятки лингвистов в течение многих лет. Поэтому прекрасным вариантом будет построение гибридной системы машинного перевода, которая будет обладать следующими качествами:

— Открытость — благодаря ей становится возможно пополнение базы правил не только ограниченной группой лиц, но силами всего сообщества

— Гибридный принцип построения — сочетание статистических и естественно-языковых технологий позволит при меньшей базе правил добиться существенного повышения качества перевода

Возможность работы над системами, используя силы русского NLP-сообщества (научное сообщество, занимающееся проблемами компьютерной обработки естественного языка), успешно доказана проектами OpenCorpora [12] и NLPub [13].

#### **Вывод**

В статье рассмотрены виды систем машинного перевода, приведены примеры таких систем, произведено их сравнение и анализ. Наибольший интерес представляют системы, основанные на правилах и гибридные системы.

Будущим исследователям и разработчикам систем машинного перевода следует обратить внимание на создание открытых гибридных систем машинного перевода, которые бы развивались и дополнялись силами научного сообщества.

Литература:

1. Словари и системы машинного перевода [Электронный ресурс]: IT LAND. — Режим доступа: [http://www.itland.com.ua/products/sect.php?SECTION\\_ID=306](http://www.itland.com.ua/products/sect.php?SECTION_ID=306) 20.11.2013
2. Машинный перевод: исторический обзор и преимущества [Электронный ресурс]: Компания ПРОМТ. — Режим доступа: [http://www.promt.ru/company/press/pdf/mt\\_istorich\\_obzor\\_preimushestva.pdf](http://www.promt.ru/company/press/pdf/mt_istorich_obzor_preimushestva.pdf) 20.11.2013
3. Появление машинного перевода. Викрам Денди [Электронный ресурс]: Журнал MSDN Magazine Январь 2009 — Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/dd315410.aspx> 20.11.2013
4. Rule based machine translation system [Электронный ресурс]: Natural language processing — Режим доступа: <http://language.worldofcomputing.net/machine-translation/rule-based-machine-translation.html> 21.11.2013
5. Статистический машинный перевод [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия — Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4) 21.11.2013
6. Гибридный машинный перевод [Электронный ресурс]: Искусственный интеллект. Системы и модели. — Режим доступа: <http://www.rgiai.org.ru/statisticheskiy-mashinnyiy-perevod.html> 21.11.2013
7. Научные разработки в бизнесе [Электронный ресурс]: АБВУ — Режим доступа <http://www.abbyu.ru/science/technologies/business/compreno/> 22.11.2013
8. Перевод [Электронный ресурс]: Google — Режим доступа <http://translate.google.ru> 22.11.2013
9. Яндекс.Перевод [Электронный ресурс]: Yandex — Режим доступа <http://translate.yandex.ru> 22.11.2013
10. Яндекс.Перевод Справка [Электронный ресурс]: Yandex — Режим доступа <http://translate.yandex.ru/help> 22.11.2013
11. Машинный перевод [Электронный ресурс]: Yandex — Режим доступа <http://company.yandex.ru/technologies/translation> 22.11.2013
12. Проект «Открытый корпус» [Электронный ресурс]: OpenCorpora: открытый корпус русского языка — Режим доступа <http://opencorpora.org>
13. NLPub — каталог лингвистических ресурсов для обработки русского языка. [Электронный ресурс]: NLPub — Режим доступа <http://nlpub.ru> 22.11.2013

## Приобретение обучающимися позитивного социального опыта через сетевой клуб «Клуб — 7Я»

Варданян Наира Андраниковна, кандидат педагогических наук, доцент, учитель информатики  
ГБОУ СОШ №1980 (г. Москва)

Главную цель открытой школы в работе с родителями, которые принимают школу как семью, где хорошо и тепло их ребенку и где постоянно заботятся о подрастающем поколении.

Учитель должен признавать и поддерживать главенствующую роль семьи в воспитании и обучении ребенка. Сотрудничество учителей и семьи приносит пользу детям через хорошее самочувствие, ощущение счастья, полезности, чувство сопричастности, наполнения энергией. Так у меня родилась идея создания виртуального сообщества учителей, школьников и родителей — «КЛУБ — 7Я» (<http://school1980.mosuzedu.ru/CLUB-7MI/7me.php>.)

Патриотизм — это гордость за народ своей страны, это грамотный, взвешенный взгляд в прошлое, это законопослушный гражданин в настоящем и будущем. История нашего государства даёт огромное количество ярких исторических фактов, с которых можно брать пример, гордиться

ими, сохранять в памяти и передавать последующим поколениям.

Я считаю, что информацию об участниках войны нужно делать доступной любому посетителю нашего сайта. Для решения этой задачи был создан электронный архив «Мы помним...».

В электронном архиве «Мы помним...» электронная копия предмета, выполненная с высоким качеством, позволит сберечь его образ, содержание, информацию о месте нахождения. Каждый человек, принесший для электронного архива предметы военных лет, сможет увидеть их в музее. Поступившие в электронный архив «Мы помним...» документы доступны широкой аудитории. У учащихся нашей школы, как у подрастающего поколения, возникнет чувство причастности к истории, живой интерес к ней, гордость за своих родных и близких, уважение к тому, что передано всем нам по наследству. Любой



посетитель сайта в разделе «Компьютерный музей», проделав несложную поисковую операцию на компьютере, сможет сказать: «Вот фотографии и письма моего деда, прадеда, воевавшего в Великую отечественную войну». И, наверное, приобщившись к этой общей с музеем работе, он и на других пожилых людей посмотрит по-другому — с уважением.

В нашей школе действует добровольческое содружество «Доброе сердце», работа которого строится на основе самоуправления. Инициативная группа в течение учебного года освещает деятельность содружества на страницах сетевого клуба. Учащиеся создали и опубликовали презентации-рассказы «О вреде курения», «Наркомания — путь в никуда», буклет «Мои права, мои обязанности», «Я за здоровый образ жизни!», мастер — класс для родителей «Дом Мечты». На странице содружества «Доброе сердце» опубликована листовка — обращение, где первые участники написали:

«Нам кажется, что все смогут:

- сделать доброе, благородное дело;
- весело провести время с друзьями и одноклассниками;
- классно поработать и отдохнуть;
- оставить воспоминания, о которых с гордостью можно рассказать родителям, друзьям, а в будущем, может быть, детям или даже внукам!».

В сетевом клубе ключевое значение имеет ещё малоиспользуемый ресурс — это опыт и знание родителей, бабушек и дедушек, являющихся специалистами в своей области. Здесь родители выступают в роли педагога в той области знаний, где они наиболее компетентны. Являясь профессионалами, они дают квалифицированную консультацию, проводят обучение и вместе с учителем организуют практическую деятельность детей на конкретном участке работы. В результате учителя, родители и ученики выходят на новый уровень общения. Такое общение помогает ученику войти в мир взрослых правил и способов интеллектуальной и практической работы, в опыт взаимодействия взрослых при решении практических внеучебных задач. Таким образом, «естественный» авторитет родителей как старших по возрасту, перерастет в «заслуженный», как старших по опыту и знаниям.

В сетевом клубе «Клуб — 7Я» разработана страница «Уроки компьютерной грамотности для родителей, бабушек и дедушек» <http://school1980.mosuzedu.ru/CLUB-7MI/Urok-roditeljam.php>. Страница создана с целью оказания реальной помощи родителям и, в первую очередь, — бабушкам и дедушкам в овладении персональным компьютером. На странице размещено большое количество уроков (как на компьютере написать текст и сохранить документ; как организовать папку; как скопировать информацию; как создать электронный почтовый ящик и т. д.) и ссылки на полезные страницы Интернета. Планируется организовать очные занятия и консультации по проблемным вопросам, таким как: **безопасность в Интернете; использование ин-**

**тернет-сервисов; создание личной страницы в Интернете и т. д.**

На сайте сетевого клуба «Клуб-7Я» представлена отдельная рубрика «Наш школьный двор — цветущий сад!». Учащиеся инициативной группы и экологического клуба «Росток» в рубрике «Школьный двор» создали страницы: «Виртуальная клумба»; «Как сделать школьный двор красивым», «Акция субботник!», «День птиц», «Декада Красной книги», «Вырасти растение» и т. п.

В рубрике «Виртуальная клумба» каждый год выставляются фотографии всех клумб нашего школьного двора. Проводится конкурс «Самая красивая клумба», так как за каждой клумбой ухаживает один класс. Победителем конкурса становится тот класс у кого самая красивая клумба.

На странице «Как сделать школьный двор красивым» ребята публикуют советы своих бабушек и дедушек. Проводится опрос: «Какие цветы надо посадить на нашей клумбе?», «Какие деревья могут расти вокруг школы?». Публикуются результаты опросов. На субботниках, во время летней трудовой практики или после занятий, ребята с удовольствием надевают перчатки, берут в руки инструменты и вместе с педагогами наводят лоск вокруг школы. На странице «Акция — субботник!» публикуются фотографии ребят во время работы и, конечно, фотография самого активного класса.

На странице «Декада Красной книги» учащиеся готовят и публикуют электронные газеты, рефераты, рисунки, рассказы о домашних питомцах.

На странице «День птиц» опубликованы советы родителей и учителей, как правильно делать кормушки и домики для птиц. Позже публикуются фотографии уже готовых кормушек.

В нашей школе учащиеся младших и средних классов принимают активное участие в инициативе «Вырасти растение». Это стало уже традицией. Классы среднего звена оформляют рефераты о растениях, учащиеся начальных классов выполняют рисунки, аппликации. Учащиеся старшего звена готовят фотографии этих рисунков и аппликаций, грамотно оформляют в электронном виде рефераты участников и публикуют на странице «Вырасти растение».

В рубрике «Наш школьный двор — цветущий сад!» до сих пор сохраняется фотография школьного двора, когда ещё только строили школу. Посетители сетевого клуба могут сравнить и оценить, какая работа была выполнена, и каким красивым стал сейчас наш школьный двор. Учащиеся создали видеоролики, презентации о нашем школьном дворе, которые используют при защите различных экологических проектов, таких как «Город моей мечты», «Наш школьный дворик», «Если бы я был депутатом», «Мечта о будущем» и т. п.

Виртуальный школьный дворик способствует социализации учащихся, стимулирует их познавательную активность, воспитывает у ребят добросовестное отношение к труду, чувство ответственности, любовь и бережное отношение к природе, служит для воспитания гражданской ответственности.

Таким образом, сайт сетевого клуба «Клуб — 7Я» позволяет мне успешно организовывать социально значимую, творческую деятельность учащихся, привлекать

их к активному участию в жизни нашего образовательного учреждения, решению проблем местного социума, благоустройству территории школьного двора.

Литература:

1. Цветкова М. С. «Модели непрерывного информационного образования». Издательство «БИНОМ». Москва — 2009.
2. Ставрова О. Б. «Применение компьютера в профессиональной деятельности учителя». Интеллект-Центр. Москва — 2010.
3. Проблемы и перспективы теории и практики ученического проектирования (Сборник статей). МИОО. Москва-2008.

## Сущность и методы функционирования скрытых каналов в пространственных областях изображения

Гапонов Игорь Юрьевич, аспирант  
Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

Попытки скрыть факт передачи информации имеют длинную историю и множество примеров. Научкой о скрытой передаче информации путём сохранения в тайне самого факта передачи является стеганография. Скрытые каналы (СК) неразрывно связаны со стеганографией, и впервые понятие скрытого канала было введено в работе Батлера Лэмпсона [1], американского учёного в области теории вычислительных систем, «A Note of the Confinement Problem» 10 октября 1973 года. Он предложил следующее определение: «Covert channels, i.e. those not intended for information transfer at all, such as the service program's effect on the system load», которое можно перевести как «скрытые каналы — это те каналы, которые вовсе не предназначены для передачи информации, такие как воздействие служебной программы на загрузку системы».

Стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53113.1—2008, входящий в серию взаимосвязанных стандартов, объединённых общим наименованием «Информационная технология. Защита информационных технологий и автоматизированных систем от угроз безопасности, реализуемых с использованием скрытых каналов», даёт следующее определение «скрытый канал — непредусмотренный разработчиком системы информационных технологий и автоматизированных систем коммуникационный канал, который может быть применен для нарушения политики безопасности».

Сущность скрытых каналов заключается в том, он скрыт от средств разграничения доступа, межсетевых экранов, систем обнаружения вторжений даже безопасных операционных систем, которые контролируют только информационные потоки. Скрытый канал не использует установленные системой механизмы передачи

и обработки данных, такие как чтение и запись, и потому не может быть обнаружен или проконтролирован аппаратными механизмами обеспечения безопасности, которые лежат в основе защищённых операционных систем. В реально действующих системах скрытый канал достаточно трудно установить, возможно лишь уменьшить степень угрозы и затруднить работу скрытого канала, как на стадии проектирования системы, так и в процессе эксплуатации.

Опасность скрытых каналов основывается на том, что злоумышленник имеет постоянный доступ к информационным ресурсам системы и может воздействовать на нее любыми способами. Отсутствие контроля за действиями нарушителя способно причинить значительный материальный ущерб, как организации, так и стране в целом.

На сегодняшний день изучению скрытых и нетрадиционных каналов передачи информации уделено мало внимания. Проектируя систему защиты, специалисты не принимают во внимание скрытые каналы передачи информации, считая, что традиционные средства защиты способны обеспечить необходимый уровень защищённости системы, тем самым подвергая организацию прямой угрозе. С другой стороны разработанная система защиты должна быть не только полной, но и адекватной, и часто попытки предотвратить угрозу скрытых каналов являются экономически неоправданными.

В Российском законодательстве не разработана нормативно — правовая база, способная дать четкие указания, как стоит строить системы защиты от скрытых каналов, не существует универсального средства, которое могло бы анализировать трафик, программные или аппаратные продукты на наличие в них скрытых каналов. Действующие стандарты, регламентирующие вопросы

скрытых каналов, такие как ГОСТ Р 53113.1–2008, «Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных», ГОСТ Р 53113.2–2009 лишь поверхностно описывают сущность проблемы.

Для того чтобы строить системы, обеспечивающие защиту от нетрадиционных каналов передачи данных, необходимо тщательно разобраться как именно функционируют данные каналы, как происходит внедрение и незаметная передача информации, каким образом получатель может извлечь полезный сигнал из потока непрерывных данных.

Согласно [2] по механизму передачи информации скрытые каналы подразделяют на следующие категории:

- СК по памяти;
- СК по времени;
- скрытые статистические каналы.
- СК по памяти, в свою очередь, подразделяют на:
  - СК, основанные на сокрытии информации в структурированных данных;
  - СК, основанные на сокрытии информации в неструктурированных данных.

СК, основанные на сокрытии информации в неструктурированных данных, используют встраивание данных в информационные объекты без учета формально описанной структуры (например, запись скрытой информации в наименее значимые биты изображения, не приводящая к видимым искажениям изображения).

На сегодняшний день наибольшее распространение для скрытия информации получили графические контейнеры и это обусловлено следующими причинами:

- необходимость защиты цифровых фотографий от незаконного использования, распространения и от нарушения авторских прав;
- большим объемом встраиваемых данных и устойчивостью цифровых знаков;
- плохой чувствительностью зрительной системы человека к незначительным изменениям контрастности изображения, его цветов, яркости, наличия в нем шума и слабым искажениям;
- наличием в большом количестве изображений областей, имеющих шумовую структуру и подходящих для скрытия встраиваемой информации;
- хорошо разработанными методами обработки цифровых изображений.

Для ознакомления с методами скрытия информации в графических контейнерах рассмотрим метод скрытия в пространственной области изображения, который встраивает информацию в подмножество пикселей изображения. Принцип работы заключается в замене малозначимой части изображения битами внедряемого сообщения.

**Метод замены наименее значащего бита**

Наименее значащий бит изображения несет в себе меньше всего информации, поэтому человек в большинстве случаев не способен заметить изменений, происходящих с изображением, при замене этого бита.

Алгоритм работы.

- 1) Произвести импорт изображения;
- 2) Разложить изображение на матрицы цветовых компонентов R (red), G (green), B (blue);

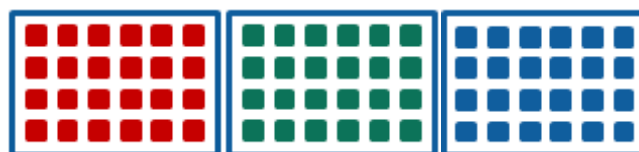


Рис. 1. Матрицы цветовых компонентов R, G, B

- 3) Произвести импорт текстового сообщения;
- 4) Построить матрицу, каждый элемент которой соответствует расширенному ASCII-коду соответствующего символа (буквы) импортируемого сообщения. В десятичном виде коды символов будут принимать значения от 0 до 255;
- 5) Перевести получившийся массив десятичных данных в массив двоичных данных. Пример преобразования сообщения представлен в таблице 1;
- 6) Выполнить шифрование получившейся матрицы (необязательно). Ввиду того, что имеется возможность скрыть большой объем данных, желательно применить какой-либо способ шифрования к контейнеру;

Таблица 1. Преобразование сообщения в двоичный формат данных

Сообщение	ASCII — код	Двоичный формат
M	77	01001101
E	69	01000101
S	83	01010011
S	83	01010011
A	65	01000001
G	71	01000111
E	69	01000101

7) Ввести ограничивающие метки, которые бы определяли начало и конец полезного сообщения. Из-за того что при извлечении данных будет получено множество лишних бит информации, целесообразно ограничить встраиваемое сообщение метками, которые бы давали понять принимающей стороне, где находится начало и конец передаваемой полезной информации;

8) Перевести матрицы R, G, B в двоичные матрицы и произвести замену младших битов каждой матрицы на биты встраиваемого сообщения. Для большей стеганостойкости можно перемешать матрицы любым доступным алгоритмом. Желательно производить встраивание не последовательно;

9) На основе модифицированных матриц R, G, B создать новое изображение.

Процесс встраивания сообщения в графический контейнер на основе метода замены наименее значащего бита представлен на рисунке 2.

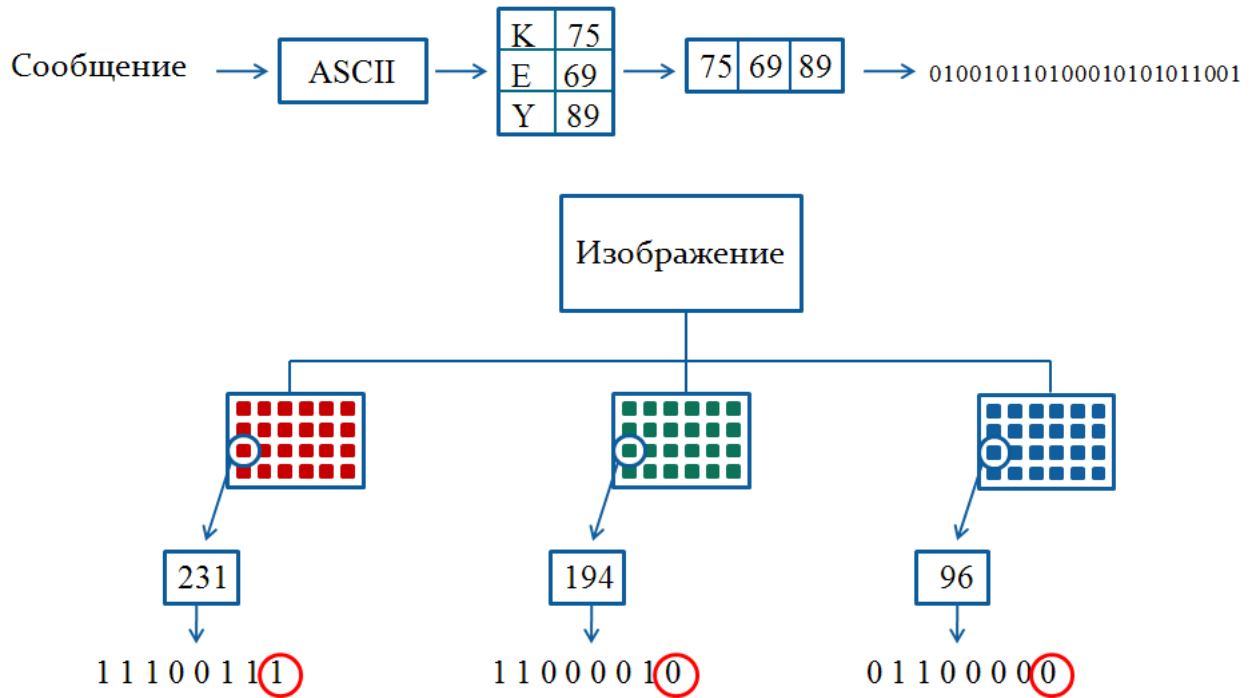


Рис. 2. Метод замены наименее значащего бита

Алгоритм распаковки скрытого сообщения описан ниже:

- 1) Разложить изображение на матрицы цветовых компонентов R (red), G (green), B (blue);
- 2) Зная порядок перестановки цветовых матриц, произвести необходимые действия и получить массив двоичных данных, созданный на основе этих матриц;
- 3) Найти метки, обозначающие начало и конец полезной информации;
- 4) Дешифровать извлеченное сообщение (если необходимо);
- 5) Декодировать сообщение, повторив шаг 5, выполнимый при встраивании информации, в обратном порядке.

При замене одного наименее значащего бита изображения визуально не наблюдается каких-либо искажений. В случае, если производить замену двух или трех бит, увеличивая этим емкость контейнера, изображение претерпевает сильные искажения, заметные зрительной системе

человека.

Преимущества метода замены наименее значащего бита:

- а) Большой объем скрываемых данных;
- б) Простота программной реализации метода;
- в) Возможность применения шифрования.

Недостатки метода:

- а) Высокая чувствительность к малейшим искажениям контейнера;
- б) Низкая скрытность сообщения.

В связи с актуальностью изложенной проблемы, недостаточным изучением вопроса скрытых каналов и практическим отсутствием программных средств, позволяющих имитировать действия злоумышленника, необходимо разработать имитационную модель, демонстрирующую организацию скрытого канала в графическом контейнере.

Литература:

1. Lampson B. W. A Note on the Confinement Problem. Communications of the ACM. Oct.1973.16 (10):p. 613–615.
2. ГОСТ Р 53113.1–2008. Информационная технология. Защита информационных технологий и автоматизированных систем от угроз информационной безопасности, реализуемых с использованием скрытых каналов. Часть 1. Общие положения. — [введ. 18.01.2008: приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 531-ст.]

## Компьютерная модель для лабораторной работы «Выбор оптимальной траектории движения транспортного робота с использованием задачи о коммивояжере»

Мусатенко Ксения Алексеевна, студент

Научный руководитель Раводин Олег Михайлович, доцент, член Академии информатизации образования.  
Национальный исследовательский Томский государственный университет

*Основная задача работы — синтез виртуальной модели для нахождения оптимального пути робота в заданном многопараметрическом пространстве. Цель — постановка компьютерной лабораторной работы, связанной с решением задач линейного и дискретного программирования при управлении роботами. Предполагается, что робот должен обойти множество контрольных пунктов с учетом заданных критериев: минимум пройденного пути, времени движения, погрешности выхода в контрольные пункты.*

**Ключевые слова:** робот; задача коммивояжера; метод ветвей и границ; минимизация; оптимальный путь обхода; Delphi; лабораторная работа.

**В**ведение. Качество обучения является одним из основных объектов стратегии образования. Оно определяет репутацию и имидж ВУЗа. Выпускники учебного заведения с высоким качеством обучения обладают широким кругом знаний и являются высококвалифицированными специалистами [1]. Для повышения уровня образования необходимо проектирование методического и материально-технического обеспечения лабораторных циклов, в том числе и по робототехническому направлению.

Наличие программной интегрированной обучающей среды с удобным пользовательским интерфейсом во многих случаях позволяет заменить использование реальных дорогостоящих технологических объектов адекватными, по требуемым параметрам, компьютерными моделями, активизировать самостоятельную работу при выполнении практических и лабораторных работ, автоматизировать промежуточный контроль знаний студентов.

При проектировании обучающей среды возникают достаточно противоречивые требования [6]. Наиболее существенными из них представляются:

- создание дидактических средств для приобретения навыков работы с исследуемыми объектами;
- гибкость комплектования лабораторных установок объектами исследования;
- обеспечение мер безаварийной эксплуатации исследуемых объектов в процессе выполнения работы и при непреднамеренных нарушениях режимов;
- стоимость технического обеспечения лабораторного цикла;
- возможность тиражирования и поставки средств обеспечения лабораторных циклов потребителям.

**Обучающие модули и специализированные программы** позволяют визуализировать учебную информацию, моделировать и имитировать изучаемые процессы или явления, проводить лабораторные работы в условиях имитации реального опыта на компьютере, формировать умение принимать оптимальное решение в различных ситуациях, усилить мотивацию обучения и др. [6].

Разработка методического обеспечения в области робототехники должна учитывать возросший во всем техническом мире интерес к интеллектуальным системам, приведшим к появлению спортивных соревнований среди мобильных роботов [4]. Идея заключается в том, что роботы должны обойти все маяки, причем качество управления оценивается по некоторому критерию, например, — полный обход за кратчайшее время. Оптимизация критерия может производиться методами линейного или дискретного программирования. В результате должна быть получена **оптимальная** траектория движения робота.

Разработчик систем управления роботами должен уметь оптимизировать выбранные параметры движения, поэтому в настоящей статье предложена компьютерная модель, позволяющая задавать опорные точки и строить траекторию движения робота в соответствии с определенными критериями. Данная модель может использоваться с автоматизированной адаптивной обучающей системой [6], имеющей четыре раздела: обучение, текущий контроль знаний студента, выполнение лабораторной работы, проверка результатов решения студентом задачи оптимизации траектории движения робота. Адаптация системы проявляется в том, что траектории обучения изменяются в зависимости от уровня знаний конкретного студента и, кроме того, ответы на вопросы могут быть не строго формализованы и не строго детерминированы.

В математике задача обхода контрольных точек по кратчайшему пути носит название «Задача о коммивояжере» [3].

**1. Постановка задачи.** Классическая постановка задачи о коммивояжере выглядит следующим образом:

Имеется  $N$  городов, выезжая из исходного города  $A1$ , коммивояжер (в нашем случае это будет транспортный робот) должен побывать во всех городах по 1 разу и вернуться в город  $A1$ . Задача заключается в определении последовательности объезда городов, при которой коммивояжеру требуется минимизировать некоторый критерий эффективности: стоимость проезда, время пути, суммарное расстояние и т. д.

Для расчета затрат существует матрица условий, содержащая затраты на переход (в общем случае) из каждого города в каждый, при этом не допускается переход из  $j$ -го города в  $j$ -ый (в матрице диагональные элементы исключаются). Целью решения является нахождения маршрута, удовлетворяющего всем условиям и при этом имеющего минимальную сумму затрат [3].

Чтобы привести задачу к удобному виду, введём некоторые термины. Итак, города перенумерованы числами  $j \in T = (1, 2, 3, \dots, n)$ . Тур коммивояжера может быть описан циклической перестановкой  $t = (j_1, j_2, \dots, j_n, j_1)$ , причём все  $j_1, j_2, \dots, j_n$  — разные номера; повторяющийся в начале и в конце  $j_1$ , показывает, что перестановка зациклена. Расстояния между парами вершин  $C_{ij}$  образуют матрицу  $C$ . Задача состоит в том, чтобы найти тур  $t$ , минимизирующий функционал:

$$L = L(t) = \sum_{k=1}^n C_{j_k j_{k+1}} \quad (1)$$

Относительно формулировки задачи уместно сделать два замечания.

Во-первых, в постановке  $C_{ij}$  означали расстояния, поэтому они должны быть неотрицательными, т. е. для всех  $j \in T$ :

$$C_{ij} \geq 0; C_{ij} = \infty \quad (2)$$

симметричными, т. е. для всех  $i, j$ :

$$C_{ij} = C_{ji}$$

и удовлетворять неравенству треугольника, т. е. для всех:

$$C_{ij} + C_{jk} \geq C_{ik} \quad (3)$$

Второе замечание касается числа всех возможных туров. В несимметричной задаче все туры  $t = (j_1, j_2, \dots, j_n, j_1)$  и  $t' = (j_1, j_n, \dots, j_2, j_1)$  имеют разную длину и должны учитываться оба. Разных туров очевидно  $(n-1)!$ .

**2. Метод решения задачи.** Для решения данной задачи был использован метод «ветвей и границ» [3], являющийся одним из основных для решения задач дискретного программирования. В табл. 1 приведена матрица параметров траектории (например, расстояние, экономические затраты и т. п.) для простого примера [5].

Суть идеи проста. Все перебираемые варианты следует разбить на классы (блоки), сделать оценку снизу (при минимизации) для всех решений из одного класса, и если она больше ранее полученной, то отбросить все варианты из этого класса. Весь вопрос в том, как разделять на классы. Например,

Таблица 1

	1	2	3	4	5	6
1	$\infty$	7	3	10	17	5
2	9	$\infty$	4	5	8	6
3	13	2	$\infty$	9	11	14
4	5	8	6	$\infty$	3	6
5	16	11	13	10	$\infty$	8
6	6	5	9	8	4	$\infty$

Если мы будем вычитать одно и то же число из всех элементов строки или столбца, то суммарная оценка пути коммивояжера не изменится. При вычитании константы из элементов строки оценка любого пути уменьшится на эту константу, ибо числа в строке соответствуют выезду из города. Точно так же и вычитание из элементов столбца — въезд в город. Вычитаемая константа входит в оценку пути, но не рассматривается дальше, после изменения матрицы. Найдем минимум в каждой строке (в первой строке — это 3, во второй — 4 и т. д.) и вычтем его. Сумма вычитаемых констант равна 24. Получается матрица:

Таблица 2

	1	2	3	4	5	6
1	$\infty$	4	0	7	14	2
2	5	$\infty$	0	1	4	2
3	11	0	$\infty$	7	9	12
4	2	5	3	$\infty$	0	3
5	8	3	5	2	$\infty$	0
6	2	1	5	4	0	$\infty$

Аналогичную операцию выполним со столбцами: из элементов первого вычитаем 2, а из элементов четвертого — 1. Итого — вся сумма — 27. Все пути коммивояжера уменьшились на это значение.

Таблица 3

	1	2	3	4	5	6
1	$\infty$	4	0	6	14	2
2	3	$\infty$	0	0	4	2
3	9	0	$\infty$	6	9	12
4	0	5	3	$\infty$	0	3
5	6	3	5	1	$\infty$	0
6	0	1	5	3	0	$\infty$

Если получается выбор по одному нулю в каждом столбце и строке (они выделены в матрице), то тем самым мы получаем путь коммивояжера с оценкой 27. Это путь (1->3->2->4->5->6->1) с минимальной оценкой, любой другой путь имеет большую оценку. Значение 27 — это оценка снизу всех маршрутов коммивояжера. В данном случае она достигается на конкретном маршруте.

**3. Реализация метода при помощи пакета программирования Delphi.**

На рис. 1 представлено главное окно интерфейса программного модуля для выполнения лабораторной работы «Планирование оптимального маршрута транспортного робота».

Программа реализована в интегрированной среде визуального программирования Delphi 7 [2].

На модели расположены:

**1. Основное меню программы.** Главное меню приложения включает в себя следующие пункты:

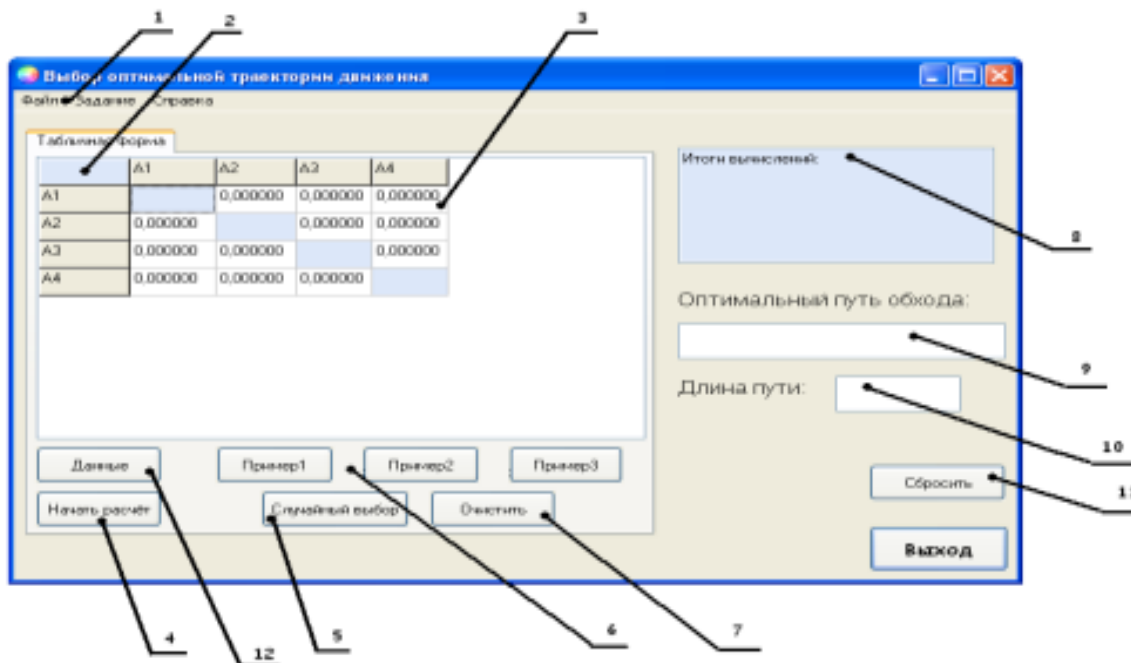


Рис. 1. Окно программы «Выбор оптимальной траектории движения робота»

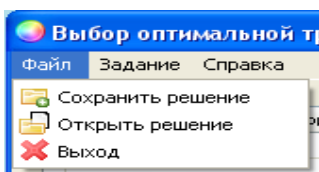


Рис. 2. Меню «Файл».

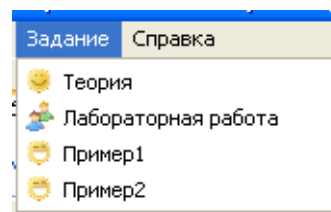


Рис. 3. Меню «Задание»

— Меню «Файл» имеет стандартные операции и представлено на рис. 2

— Меню «Задание» представлено на рис. 3

— Теория — содержит основную информацию, необходимую для выполнения лабораторной работы;

— Лабораторная работа — на этой форме отображается задание к лабораторной работе и алгоритм её выполнения;

— Пример1/Пример2 — наглядно иллюстрируют ход решения;

— Меню «Справка» — краткая информация о программе «Планирования оптимального маршрута транспортного робота».

2. **Фиксированные ячейки** — отображают количество пунктов назначения, через которые необходимо пройти транспортному роботу.

3. **Табличная форма** — содержит матрицу расстояний между городами. Элементы матрицы могут задаваться пользователем или генерироваться автоматически.

4. **Кнопка «Начать расчёт»** подразумевает, что после её нажатия будет выводиться оптимальное решение.

5. **Кнопка «случайный выбор»** формирует новое задание в виде матрицы расстояний (случайные величины в диапазоне от 0 до 20).

6. **Кнопки «Пример1», «Пример2», «Пример3»** — открывают априори заданные варианты трех лабораторных работ соответственно. Здесь матрицы зафиксированы, в отличие от тех, что были получены при нажатии кнопки «случайный выбор».

7. **Кнопка «Очистить»** освобождает поле матрицы расстояний для ввода новых значений.

8. **Данное окно** предназначено для ввода вручную результата решения студентом задачи оптимизации маршрута. Оно позволяет вводить ответ в виде текста с клавиатуры, загружать его из файла, редактировать и сохранять в файл.

9–10. **Поля для вывода машинного решения задачи оптимизации:** «оптимальный путь обхода» и «длина пути».

11. **Кнопка «Сбросить»** очищает элемент (8) и предоставляет возможность проводить последующие вычисления.

12. **Кнопка «Данные»** позволяет выводить на экран окно, предназначенное для задания параметров таблицы (рис. 4).

Заполнение таблицы производится двумя способами: «Ввод вручную» и «Ввод из файла».

— В 1-м случае размер матрицы расстояний регулируется нажатием стрелки «вверх/вниз», т. е. изменяется ко-

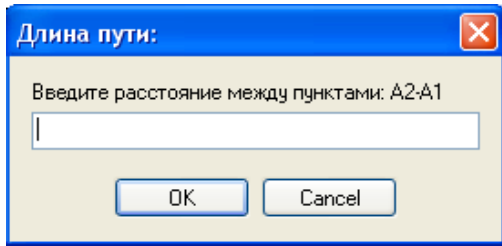


Рис. 4. Параметры таблицы

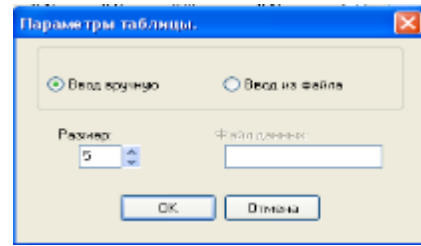


Рис. 5. Длина пути

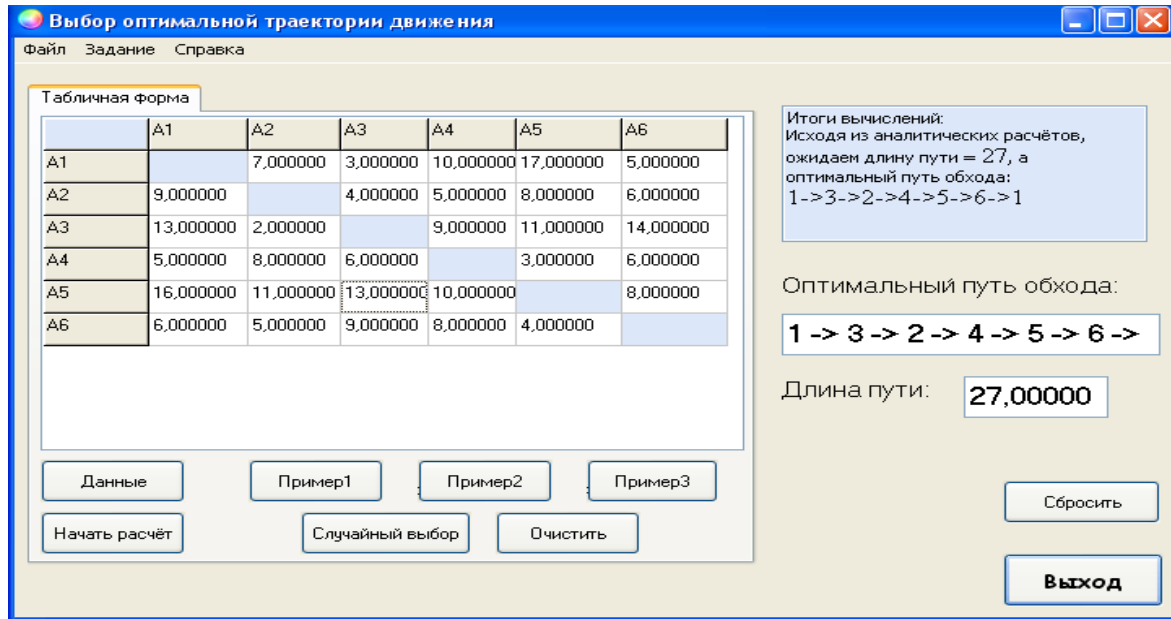


Рис. 6. Результаты

личество пунктов назначения. В появившемся окне (рис. 5) прописываем необходимое значение.

— Во 2-м случае в поле «Файл данных» вводится адрес ранее сохранённого файла.

**4. Пример решения задачи.** Имеются 6 пунктов назначения. Транспортному роботу необходимо развести груз, используя оптимальную траекторию движения. Ниже приведена несимметричная матрица расстояний, т. е. проезд одной дороге из города *A* в город *B* может быть не равен проезду по другой дороге из *A* в *B*:

$$M = \begin{vmatrix} - & 7 & 3 & 10 & 17 & 5 \\ 9 & - & 4 & 5 & 8 & 6 \\ 13 & 2 & - & 9 & 11 & 14 \\ 5 & 8 & 6 & - & 3 & 6 \\ 16 & 11 & 13 & 10 & - & 8 \\ 6 & 5 & 9 & 8 & 4 & - \end{vmatrix}$$

В ходе лабораторной работы студенты производят аналитические вычисления (см. пункт 2 — метод решения задачи) и получают определённый результат. Далее необходимо проверить правильность проделанных решений. Данные из матрицы заносятся в таблицу программы. На рисунке 6 показаны результаты примера. Очевидно, что если полученные «длина пути» и «оптимальный путь обхода» полностью совпадают с произведенными ранее аналитическими вычислениями, то работа выполнена верно.

### Заключение

Была создана компьютерная модель, позволяющая находить оптимальную (по заданному критерию) траекторию обхода определенного количества опорных точек. Используемый метод оптимизации — «Метод ветвей и границ» [3].

Модель позволяет задавать размер матрицы расстояний (она может быть и несимметричной), вводить данные вручную или считывать из файла. После команды «Запуск» рассчитывается минимальный путь обхода опорных точек, и результат выдается преподавателю. Также модель осуществляет проверку решений студента.



## Литература:

1. Афанасьева Э. В., Раводин О. М. Болонский процесс в России: за и против. // Технологии и методики образования. 2011. № 2. С.7–8
2. Бобровский С. И., Delphi 7. Учебный курс — СПб.: Питер, 2006. — 736 с. : ил.
3. Задача коммивояжера [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энцикл. — Электрон. дан. — [Б. м.], 2012. — URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%E4%E0%E7%E0\\_%EA%E6%E8%E2%E6%FF%E6%B8%F0%E0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C7%E0%E4%E0%E7%E0_%EA%E6%E8%E2%E6%FF%E6%B8%F0%E0) (дата обращения: 20.10.2012).
4. Мобильные роботы [Электронный ресурс] // Официальный сайт молодежного научно-технического фестиваля «Мобильные роботы». URL: <http://www.mobilerobots.msu.ru/ru/regulations2010main.html> (дата обращения: 21.10.2012).
5. Окулов С. М. Программирование в алгоритмах, — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002. — 341 с: ил.
6. Раводин О. М., Туровец Л. А., Зайцев А. П. Адаптивная обучающая система для проведения лабораторных практикумов при дистанционной технологии // Успехи современного естествознания. 2005. № 6 С. 90–92.

## Экспертная система, предназначенная для оптимального выбора сталей, испытывающих влияние агрессивных сред

Пушкарева Юлия Сергеевна, магистрант;

Раводин Олег Михайлович, доцент

Национальный исследовательский Томский государственный университет

*В данной работе представлено описание экспертной системы, которая позволяет помочь пользователю в выборе сталей, испытывающих влияние агрессивных сред той или иной концентрации и температуры, с учетом времени нахождения образца в конкретной среде, а также с учетом мнения дополнительных экспертов, т. е. реализовано обучение системы.*

**Ключевые слова:** экспертная система, агрессивная среда, коррозионностойкая сталь, время эксплуатации.

### Введение

Экспертная система — это программа для компьютера, которая оперирует со знаниями в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем [1]. Эти системы широко используются в различных областях, таких как медицина, юриспруденция, геология и многих других. Экспертные системы появились в рамках исследований по искусственному интеллекту (ИИ) (artificial intelligence) в тот период, когда эта наука переживала серьезный кризис, и требовался существенный прорыв в развитии практических приложений. Этот прорыв произошел, когда на смену поискам универсального алгоритма мышления и решения задач исследователям пришла идея моделировать конкретные знания специалистов-экспертов. Так в США появились первые коммерческие системы, основанные на знаниях, или экспертные системы (ЭС) [2].

При изучении воздействия кислот на коррозионностойкие материалы возникла необходимость в подборе сталей для работы в ряде особо агрессивных сред. Оказалось, что при определенных условиях, таких как высокая температура, температура кипения, высокая концентрация, некоторые стали существенно теряют способ-

ность к сопротивлению коррозии, и многие из них фактически становятся непригодными для изготовления элементов, контактирующих с данной средой. При подборе материалов специалист руководствуется табличными данными. Часто выбор оптимального материала для заданных условий эксплуатации, оказывается сложной задачей. Важно подобрать сталь с хорошим баллом стойкости, который измеряется в мм/год при непрерывном воздействии кислоты. В ряде случаев контакт стали со средой непостоянен. Если учитывать длительность контакта, то нужно подобрать стали, которые обладают достаточно хорошей стойкостью.

Цель работы — создать экспертную систему (с использованием пакета Microsoft Visual C++ 2010), которая позволяет подобрать стали, подходящие для работы в той или иной агрессивной среде, при этом должны быть реализованы следующие возможности:

- 1) получение рекомендации по выбору сталей, с учетом необходимых параметров: вида агрессивной среды, концентрации, температуры, времени эксплуатации, стоимости или других, директивно заданных свойств;
- 2) оценка достоверности решения, предоставляемого системой;
- 3) обучение системы посредством учета мнения дополнительных экспертов;

4) обоснование системой принятого решения.

В рамках данной работы, было рассмотрено воздействие на группу сталей следующих кислот: азотной, серной, соляной, уксусной, фосфорной, щавелевой.

Подбор сталей, которые меньше всего подвержены коррозии в выбранной среде, осуществляется с учетом баллов коррозионной стойкости и предполагаемого времени контакта стали с агрессивной средой.

Каждому баллу соответствует определенная величина коррозии. В соответствии с этим, стали подразделяются на виды: совершенно стойкие (1 балл), весьма стойкие (2 балла, 3 балла), стойкие (4 балла, 5 баллов), понижено стойкие (6 баллов, 7 баллов), малостойкие (8 баллов, 9 баллов) и нестойкие (10 баллов)[3].

Реализованная экспертная система учитывает время пребывания стали в агрессивной среде. Баллам коррозионной стойкости соответствует величина коррозии, измеряемая за год при непрерывном пребывании образца в агрессивной среде [3]. Если, например, есть необходимость в изготовлении емкостей для хранения кислот, то тогда следует придерживаться табличных значения баллов коррозионной стойкости. Но, если предположить, что изделие из стали контактирует с кислотой в течение года непостоянно, то можно подобрать сталь с учетом времени пребывания образца в кислоте.

Для некоторых особенно агрессивных кислот сложно предложить сталь, обладающую хорошей коррозионной стойкостью. Зачастую наилучшей стойкостью имеет сталь с баллом в этой среде от 8 до 10, а это соответствует малостойким и нестойким сталям. Но в случае, если изделие будет работать в кислоте не все время, а половину или одну треть заданного срока, то, учтя этот факт, можно подобрать сталь достаточной стойкости на заданном интервале времени.

Разработана программа, предназначенная помочь пользователю в выборе сталей, при условиях:

- влияние агрессивных сред с концентрацией, заданной пользователем (5, 10 % и т. д.),
- заданной температуры (20, 40°C и т. д.),
- заданного времени нахождения образца в конкретной среде,

С рекомендациями, выданными ЭС, могут не согласиться некоторые эксперты-пользователи системы или приглашенные независимые эксперты. В таком случае, ЭС может учесть их мнение и предложить второе решение, с указанием процента согласия с решениями, полученными за все предыдущие запуски системы.

В процессе поиска решения, система, прежде всего, опирается на табличные сведения. Для всех кислот имеется набор концентраций, каждой из которых соответствует список температур.

### Алгоритм работы системы

Для каждой кислоты были созданы по две базы данных. В одних хранятся элементы в следующем порядке:

а) число возможных вариантов сочетаний *концентрация-температура*;

б) номер элемента, концентрация, температура. Далее аналогично для всех элементов.

В других базах хранятся данные о согласиях экспертов с выданными рекомендациями системы.

Поэтапно рассмотрим алгоритм программы.

1. Из списка кислот пользователь выбирает интересующую его. В зависимости от выбранной кислоты, открывается соответствующий файл со списком концентраций и температур. Пользователь выбирает концентрацию. Далее для данной концентрации выводится список допустимых значений температур. После выбора температуры открывается второй файл, и дальнейшая работа идет уже с ним.

2. Далее система определяет наименьший возможный балл для выбранной кислоты, концентрации и температуры. Важен именно наименьший балл, поскольку ему соответствует сталь наилучшим образом выдерживающая нагрузку.

Элементы сортируются методом «пузырька». Далее исключаются нули из ряда минимальных значений. Каждому баллу соответствует интервал коррозии.

3. Рассчитываются новые границы с учетом времени:

$$P_{нл} = P_{л} / t \quad P_{нп} = P_{п} / t$$

где  $P_{л}$  — левая граница,  $P_{п}$  — правая граница,  $P_{нл}$  — новая левая граница,  $P_{нп}$  — новая правая граница,  $t$  — время фактического пребывания образца в среде в течение года, как часть от числа.

4. Каждому баллу коррозионной стойкости соответствует величина коррозии. Для рассчитанных границ  $P_{нл}$  и  $P_{нп}$  определяются баллы, попадающие в данный интервал. В соответствии с этими баллами выводится список подходящих сталей.

5. Для каждой стали рассчитывается процент согласия. Далее для выбранной кислоты перебираются стали, для каждой из которых подсчитывается суммарное количество согласий в рассчитанных выше пределах баллов, а также суммарное количество согласий для всех баллов. Их отношение в процентном содержании является процентом согласия с решением системы. На экран выводятся только те стали, процент согласия у которых отличен от нуля. Для каждой стали выводятся соответствующие проценты согласия.

6. Система спрашивает, согласен ли пользователь с решением. В зависимости от ответа, система или завершает работу, или учитывает мнение пользователя и перезаписывает базу. В базе, для каждой стали, предложенной системой, данной концентрации и температуры к числу согласий добавится «1».

7. Если пользователь не согласен с решением, то система выводит на экран список всех сталей. Далее необходимо выбрать сталь для правки и ввести величину коррозии за указанное выше время. Система рассчитывает величину коррозии за год, и находит соответствующие значения баллов. К выбранной пользователем стали для

конкретной концентрации и температуры в базу добавится «1». В зависимости от номера кислоты происходит запись того или иного файла.

### Работа системы

1. При запуске программы открывается форма (рис. 1).
2. Первым пунктом следует предложение выбрать кислоту. Рядом с данным текстом расположен выпадающий список (рис. 2).
3. Далее для данной кислоты из выпадающего списка соответствующих ей концентраций выбираем элемент (рис. 3).
4. Аналогично выбираем температуру и вводим с клавиатуры время эксплуатации изделия в процентах от годового интервала времени с учетом, что скорость коррозии задается в мм/год (рис. 4).
5. Открывается новая форма, на которой представлен список рекомендуемых сталей. Также система спросит, согласен ли пользователь с ее решением. Если была на-

жата кнопка «Да», то система завершает свою работу (рис. 5).

6. В случае, если пользователь не согласен с системой, появляется новая форма. Здесь необходимо в выпадающем списке выбрать сталь для правки (рис. 6).

После этого, нужно ввести величину коррозии и нажать кнопку «Готово» (рис. 7).

### Заключение

Создана экспертная система, которая дает рекомендации пользователю по выбору сталей в зависимости условий эксплуатации, с учетом времени пребывания в конкретной среде определенной концентрации и температуры, а также с учетом достоверности данных системы. Реализована возможность обучения системы новым знаниям с учетом мнений сторонних экспертов.

Программа написана в среде программирования Microsoft Visual C++ 2010. Ее работоспособность проверена.

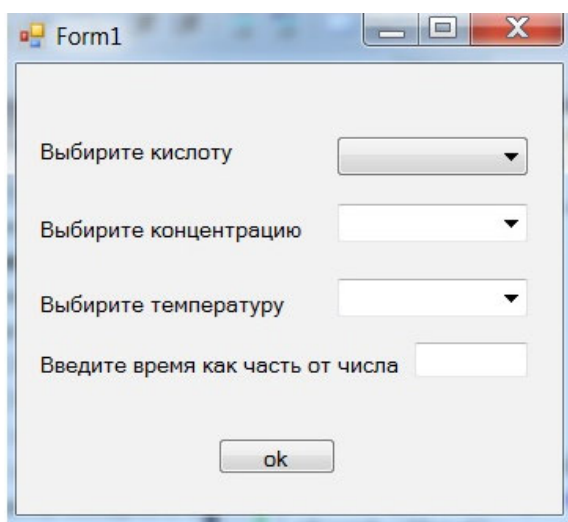


Рис. 1. Вид рабочего окна

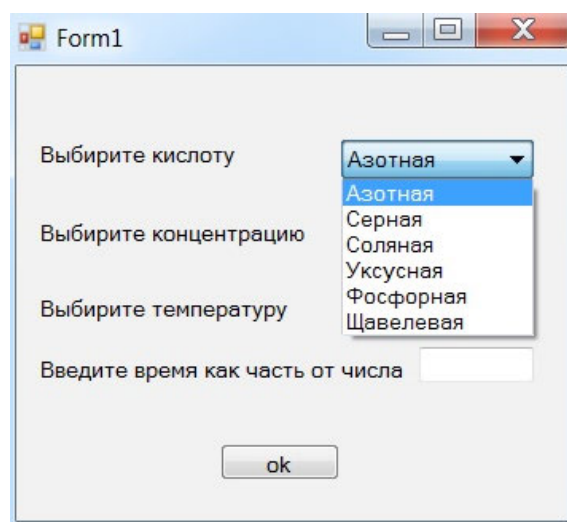


Рис. 2. Вид рабочего окна. Выбор кислоты

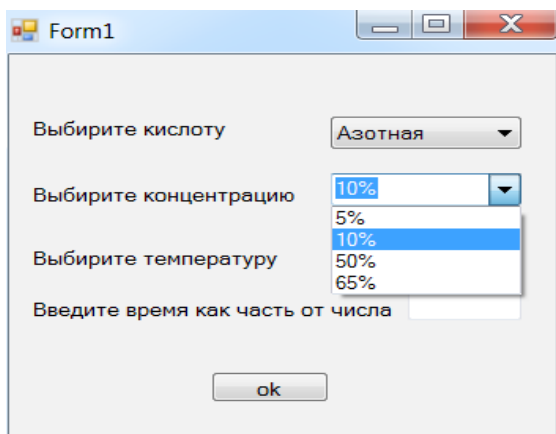


Рис. 3. Вид рабочего окна. Выбор концентрации

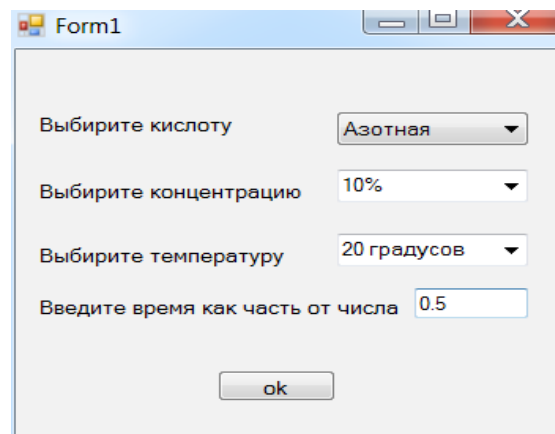


Рис. 4. Вид рабочего окна. Выбор температуры и ввод времени

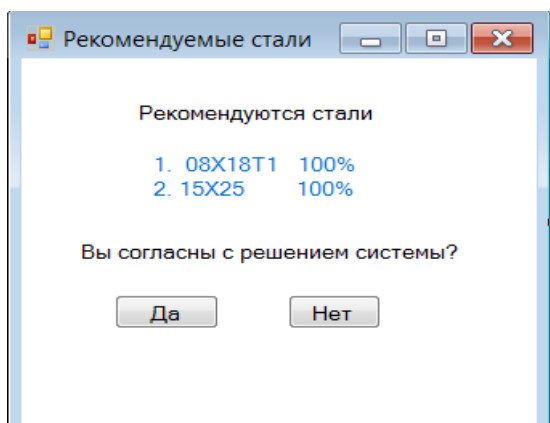


Рис. 5. Рекомендуемые стали

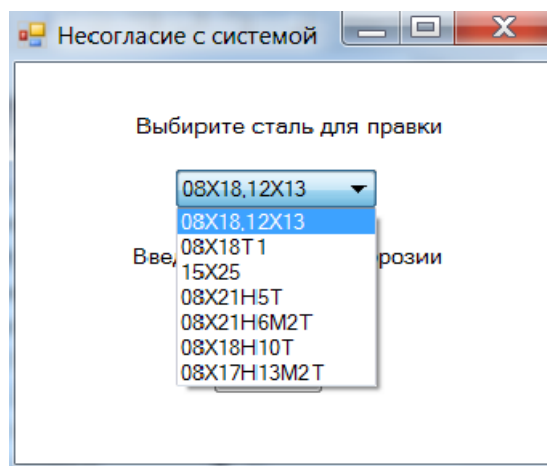


Рис. 6. Несогласие с системой. Выбор стали

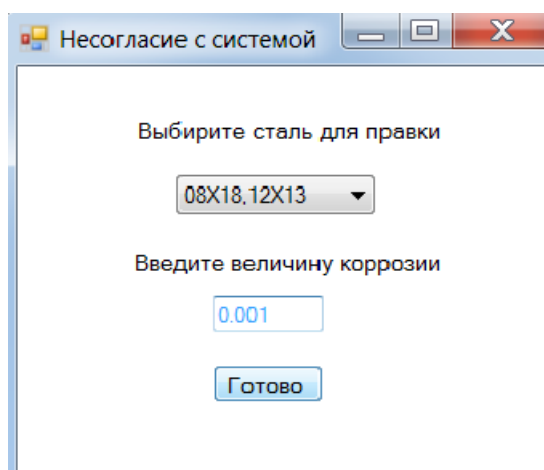


Рис. 7. Случай несогласия с решением системы. Ввод величины коррозии

## Литература:

1. Джарратано Дж. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Дж. Джарратано, Г. Райли; пер. с англ. — М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2007. — 1152 с.
2. Частиков А. П. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / А. П. Частиков, Т. А. Гаврилова, Д. Л. Белов. — СПб: «БХВ-Петербург», 2003. — 391 с.
3. Арзамасов Б. Н. Конструкционные материалы. Справочник. / Б. Н. Арзамасов, В. А. Брострем, Н. А. Буше. — М. «Машиностроение», 1990. — 688 с. :ил.

## Модель для исследования качества управления транспортным роботом

Романенко Юлия Витальевна, студент;  
 Раводин Олег Михайлович, кандидат технических наук, доцент  
 Национальный исследовательский Томский государственный университет

*Рассматривается программная модель для исследования траектории движения транспортного робота по трассе, заданной опорными точками с использованием различных алгоритмов управления. Модель используется в учебном процессе.*

### Введение

Робототехника внесла существенный вклад в повышение производительности и качества, однако ввод в эксплуатацию роботизированной ячейки, а так же обучение высококвалифицированных специалистов (в том числе и студентов) в условиях реального производства может оказаться весьма затратным с точки зрения финансов и времени.

Проектирование методического и материально-технического обеспечения лабораторных циклов по учебным дисциплинам связано с преодолением достаточно противоречивых ограничений, среди которых наиболее существенными представляются:

- создание дидактических средств для приобретения навыков работы с исследуемыми объектами;
- гибкость комплектования лабораторных установок объектами исследования;
- обеспечение мер безаварийной эксплуатации исследуемых объектов в процессе выполнения работы и при непреднамеренных нарушениях режимов;
- стоимость обеспечения лабораторного цикла;
- возможность тиражирования и поставки средств обеспечения лабораторных циклов потребителям.

Наличие программной интегрированной обучающей среды с набором виртуальных моделей различных технологических объектов и с удобным пользовательским интерфейсом позволяет самостоятельно осваивать изучаемую дисциплину, контролировать уровень знаний студентов, выполнять практические и лабораторные работы

### Постановка задачи моделирования движения робота

Необходимо создать программную модель для исследования различных законов управления транспортным роботом по траектории, заданной опорными точками при наличии внешних помех. Робот движется в плоскости в декартовой системе координат. Движение происходит из некоторой начальной точки в заданную конечную точку по нелинейной траектории с заданной курсовой скоростью  $V_k$ . В начальный и конечный момент времени скорость движения равна нулю. *Наброс* скорости (изменение ско-

рости за один цикл управления) постоянен и составляет  $\Delta V$ . Управление производится по двум ортогональным приводам.

Режимы работы модели: ручной/ автоматический.

В ручном режиме могут задаваться:

- опорные точки траектории,
- курсовая скорость,
- наброс скорости,
- условия остановки движения.

Возможные состояния в автоматическом режиме:

- пуск,
- останов,
- сброс.

### Модель для исследования движения робота

Релейный закон управления. В системах, где инерционность объекта не играет существенной роли и не требуется точного выхода в заданную точку, может использоваться релейный способ управления, т. к. он технически легко реализуется:

$$\begin{aligned} V_x &= \text{sign}(X_i - X_t) * V_k \\ V_p &= \text{sign}(Y_i - Y_t) * V_k, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $X_i, Y_i$  — координаты очередной опорной точки,  $X_t, Y_t$  — текущие координаты,  $V_x, V_y$  — компоненты вектора курсовой скорости.

При релейном законе управления величина скорости по обеим осям одинакова и равна  $V_k$ . Это приводит к тому, что невозможно организовать движение точно по заданной траектории (контурное управление), но легко реализуется выход в заданную точку (позиционное управление).

Данный алгоритм имеет существенные недостатки:

- скорость движения никогда не обращается в нуль,
- скорость изменяется мгновенно при переходе через заданную точку, что в реальных условиях выполнить невозможно.

Рассмотрим простой вариант формирования вектора скорости *инерционного* объекта, ориентированный на релейный закон. Инерционность в модели будет задаваться набросом скорости  $\Delta V$ . Увеличенный наброс, при управлении будет, с одной стороны, уменьшать время разгона и торможения, а с другой — может повлиять на устойчивость системы управления.

Используем вспомогательные переменные:

$$V_{px} := \text{sign}(X_3 - X_t) * V_k;$$

$$V_{py} := \text{sign}(Y_i - Y_t) * V_k;$$

Если модуль реальной скорости по соответствующей координате меньше заданной, то объект разгоняется с набросом скорости  $\Delta V$ :

$$\text{abs}(V_x) < \text{abs}(V_{px}) \text{ then } V_x := V_x + \Delta V * \text{sign}(X_i - X_t) \quad (2)$$

иначе скорость равна заданной:

$$V_x := V_k * \text{sign}(X_i - X_t).$$

И аналогично, если

$$\text{abs}(V_y) < \text{abs}(V_{py}) \text{ then } V_y := V_y + \Delta V * \text{sign}(Y_i - Y_t)$$

иначе

$$V_y := V_k * \text{sign}(Y_i - Y_t).$$

Управление движением по нелинейной траектории.

Для определения направления движения по заданной нелинейной траектории необходимо рассчитать компоненты вектора курсовой скорости  $V_x$  и  $V_y$  по формулам для вычисления:

$$V_y = \frac{Y_i - Y_t}{X_i - X_t} * V_x$$

$$V_x = \sqrt{V_k^2 - V_y^2} \quad (3)$$

где  $V_k$  — заданная курсовая скорость.

Разрешая данную систему уравнений относительно  $V_x$  и  $V_y$ , можно задать на модели скорость движения по траектории *безинерционного* объекта.

Управление инерционным объектом. В рассмотренном алгоритме нужно уделить внимание изменению  $V_x$  и  $V_y$  с учетом наброса скорости в начальной точке ( $X_0, Y_0$ ), в конечной ( $X_k, Y_k$ ) и в промежуточных опорных точках ( $X_i, Y_i$ ). Решение данных уравнений позволяет управлять роботом с необходимой точностью, однако такие формулы не практичны при дефиците времени, так как машина долго выполняет такие операции, как нахождение квадратного корня, умножения и деления.

Приближенный метод расчета вектора скорости. Предлагаются так же различные приближенные способы расчета  $V_x$  и  $V_y$  по заданной  $V_k$ , исключая использование «долгих» команд.

Предположим, что  $V_x$  — независимая компонента (const), например

$$V_x = \frac{V_k}{\sqrt{2}}$$

Тогда

$$V_y = \frac{Y_i - Y_0}{X_i - X_0} * V_x$$

При равенстве компонент  $V_x$  и  $V_y$  модуль вектора реальной скорости составит

$$V_p = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{\frac{V_k^2}{2 + V_y^2}}$$

При изменении координат  $X_i, Y_i$  компонента  $V_x$  будет оставаться постоянной, а вектор скорости  $V_y$  будет очень быстро и сильно расти, следовательно, реальная скорость будет очень велика. Поэтому этот алгоритм модифицируем.

Добавим следующие условия:

Если  $|X_i - X_t| < |Y_i - Y_t|$ , то

$$V_y = \frac{V_k * \text{sign}(Y_i - Y_t)}{\sqrt{2}} \quad \text{и}$$

$$V_x = \frac{X_t - X_i}{Y_t - Y_i} * V_y$$

иначе

$$V_x = \frac{V_k * \text{sign}(X_i - X_t)}{\sqrt{2}} \quad \text{и}$$

$$V_y = \frac{Y_t - Y_i}{X_t - X_i} * V_x$$

Режим торможения в дискретной системе управления имеет свои нюансы. Для исключения перерегулирования необходимо вычислять и учитывать тормозной путь для текущей скорости:

$$S_x = V_x^2 / 2\Delta V \text{ и } S_y = V_y^2 / 2\Delta V$$

Остановить робот мгновенно и точно в заданной точке невозможно (что связано, в частности, с особенностями представления информации в дискретной форме), поэтому приходится вводить параметр  $\varepsilon$ , — точность выхода в заданную точку. Определим  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  при движении к очередной (или конечной) точке:

$$\Delta X = X_t - X_i \text{ и } \Delta Y = Y_t - Y_i$$

В соответствии с этим смену опорной точки (или торможение) следует производить в некоторой окрестности  $\varepsilon$ , радиус которой будет зависеть от требуемой точности навигации:  $\Delta X^2 + \Delta Y^2 \leq \varepsilon^2$ .

### Модель для исследования движения робота

Интерфейс компьютерной модели (рис. 1) представлен в виде графической сетки в декартовых координатах, окон для ввода параметров управления и задания опорных точек, информационных окон для вывода формул закона управления и вывода текущих координат при движении по траектории, кнопок управления моделью.

Модель позволяет задать траекторию движения робота, наброс скорости, курсовую скорость перемещения (как на этапе инициализации движения, так и во время перемещения) и задать условия останова. Останов, или смена опорной точки может происходить если обе текущие координаты (условие **И**) попали заданную окрестность, или хотя бы одна из них (условие **ИЛИ**).

На рис. 2. представлена траектория движения безинерционного объекта при релейном управлении в соответствии с формулой (1). Траектория задана двумя точками: начальной и конечной, т. е. движение должно происходить по прямой, соединяющие эти точки, причем

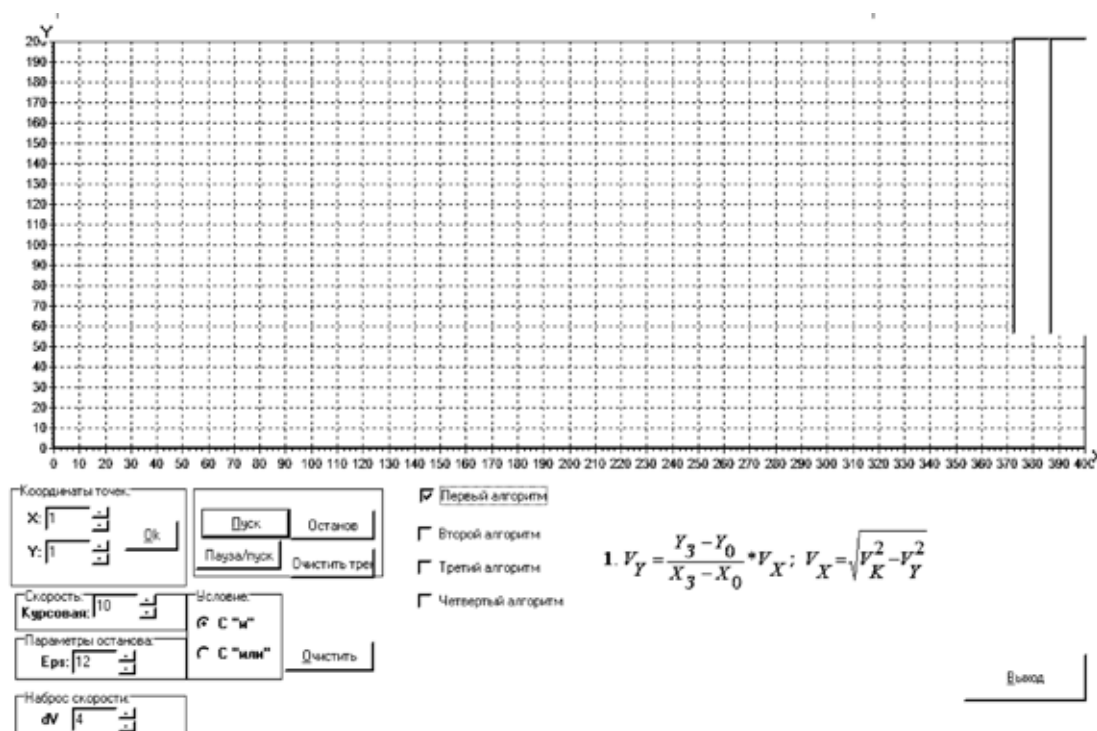


Рис. 1. Интерфейс программы «Транспортный робот»

скорость в начале и в конце  $V(t=0)=0$  и  $V(t=T_k)=0$ . При равенстве модулей скорости  $V_x$  и  $V_y$  движение происходит с курсовым углом в  $\pm 45^\circ$ . Изменение вектора скорости происходит мгновенно.

При использовании релейного закона (см. формулу (2)) для инерционного объекта (рис. 3) траектория движения сглаживается, но на стационарных участках движение, опять же, происходит с курсовым углом в  $\pm 45^\circ$ .

Изменение наброса скорости влияет на качество управления. С уменьшением наброса скорости уменьшается скорость движения робота, следовательно, транспортный робот точнее выйдет в заданную точку. При увеличении

наброса скорости наблюдается перерегулирование (неустойчивое состояние объекта, не происходит остановки движения). На этих примерах видно, что релейный закон имеет смысл использовать при позиционном управлении. Для контурного управления этот закон иногда используют, но при этом заданную непрерывную траекторию аппроксимируют ступенчатой траекторией.

На рис. 4 представлена траектория движения инерционного объекта при контурном управлении в соответствии с формулами (3). Хорошо видно, что в начале траектории объект наращивает курсовую скорость, затем переходит в стационарный режим движения и вблизи ко-

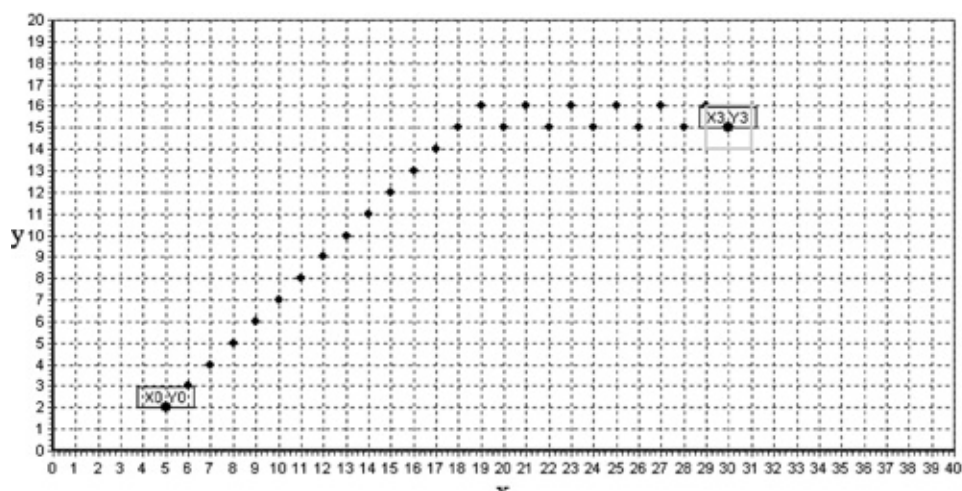


Рис. 2. Релейный закон управления, безынерционный объект

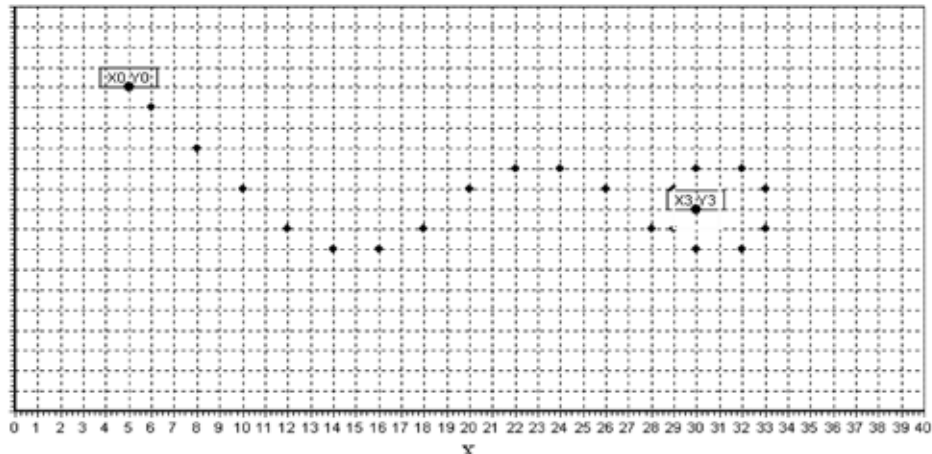


Рис. 3. Релейный закон управления, инерционный объект

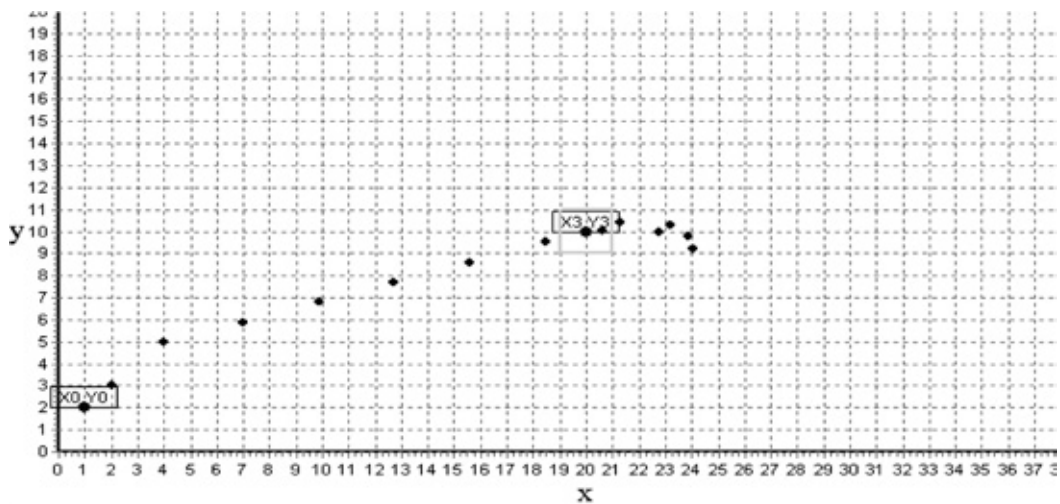


Рис. 4. Траектория инерционного объекта при контурном управлении

нечной точки начинается торможение. Но за счет инерции происходит переход через конечную точку. Поскольку компоненты скорости различны:

$$|V_x| > |V_y|$$

перерегулирование по координате  $X$  много больше, чем по координате  $Y$ .

На компьютерной модели можно количественно и качественно исследовать для различных законов управления, различных заданных траекторий, различных параметров системы управления:

- вид реальной траектории движения,
- погрешности удержания объекта на заданной траектории,
- влияние пространственной крутизны траектории

на качество управления,

- время прохождения траектории,
- влияние таких параметров, как наброс скорости, значение курсовой скорости, размер заданной окрестности при смене опорной точки или останова.

### Заключение

Разработана программная модель транспортного робота, движущегося по заданной траектории для лабораторной работы по дисциплине «Моделирование робототехнических систем». Проведен качественный анализ двух законов управления транспортным роботом: релейным законом и релейным инерционным законом.

Литература:

1. <http://www.dissercat.com/content/metod-raspoznaniya-binarykh-izobrazhenii-dorozhnykh-stsen-v-sisteme-upravleniya-dvizhenii>



2. Раводин О. М. Бейнарович В. А. Принципы построения программного обеспечения копировально-фрезерных станков. Аппаратно-программные средства автоматизации технологических процессов. — Изд-во ТУСУР, Томск 1998.
3. Раводин О. М. Гибкие производственные системы и робототехника. Учебное пособие. Издание 2-ое переработанное и дополненное. — Томск: В-Спектр, 2007. — 260 с.

## Установление тождественной связи информационного и репутационного рисков в общей структуре рисков органов государственной власти

Симанков Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор;

Юрченко Анастасия Сергеевна, аспирант

Кубанский государственный технологический университет (г. Краснодар)

*Статья посвящена вопросам роли информационного риска в общей структуре рисков в государственном учреждении. Автор определяет категорию информационного риска, на основании установления экономического смысла этого понятия и анализа существующих рисков выделяет и сопоставляет понятия информационного и репутационного рисков. В качестве исследовательской задачи была определена попытка установления прямой связи между этими понятиями с приведением конкретных примеров. Результаты будут интересны как специалистам в области защиты информации, так и руководителям государственных и коммерческих структур.*

**Ключевые слова:** управление информационными рисками, информационный риск, репутационный риск.

Роль и место управления рисками, как отрасли организационной защиты информации в общей системе мер, направленных на защиту информации предприятия, определяются исключительной важностью принятия руководством своевременных и верных управленческих решений с учетом имеющихся в его распоряжении средств, методов и способов на основе действующего нормативно-методического аппарата.

Рассмотрим адаптивную структуру рисков для органа государственной власти и на основании анализа сущности информационного риска определим категорию информационного риска и его вес в рамках существующей градации.

Воспользуемся классификацией рисков, предложенной профессором Б. Мильнером и профессором Ф. Лиисом [1].

Всю совокупность рисков разделим на две основные группы. Причем первую группу образуют внешние риски, т. е. риски, возникающие во внешней среде организации. Ко второй группе относятся внутренние риски, соответственно возникающие во внутриорганизационной среде. Представим расширенную классификацию в иерархичной структуре на рисунке 1.

Сущность информационного риска заключается в том, что это случайное событие, приводящее к негативным последствиям в информационной системе. Воздействуя на информационную систему, в конечном итоге риски приводят к ущербу организации, в чем и заключается экономический смысл понятия «информационный риск». [2]

Трактуя понятие «информационный риск» в более широком смысле, отнесем к нему также события, связанные с незаконным использованием информации или искажением информации, относящейся к организации и наносящие ущерб организации путем прямого воздействия на внешнюю среду.

Тогда, информационный риск — это возможность наступления случайного события, приводящего к нарушениям функционирования информационной системы организации и снижению качества информации, а также к неправомерному использованию, распространению или противодействию распространения информации во внешней среде, в результате которых наносится ущерб.

Определяя сущность информационного риска применительно к рассматриваемому случаю, а именно к органам государственной власти, непосредственно связать его с обеспечением конечной цели функционирования — получением максимальной прибыли деятельности организации, не представляется возможным, и как следствие дать количественную оценку.

Однако, говоря о целостности циркулируемой информации в отдельно взятом государственном учреждении, ее качестве и доступности, можно сделать вывод, что данные характеристики непосредственным образом влияют на репутационную составляющую, отсюда следует, что можно установить прямую связь между понятием информационного риска и репутационного. Приведу пример: администратор разместил на официальном сайте конкретной государственной структуры недостоверную информацию, которая была либо не согласована руководителем струк-

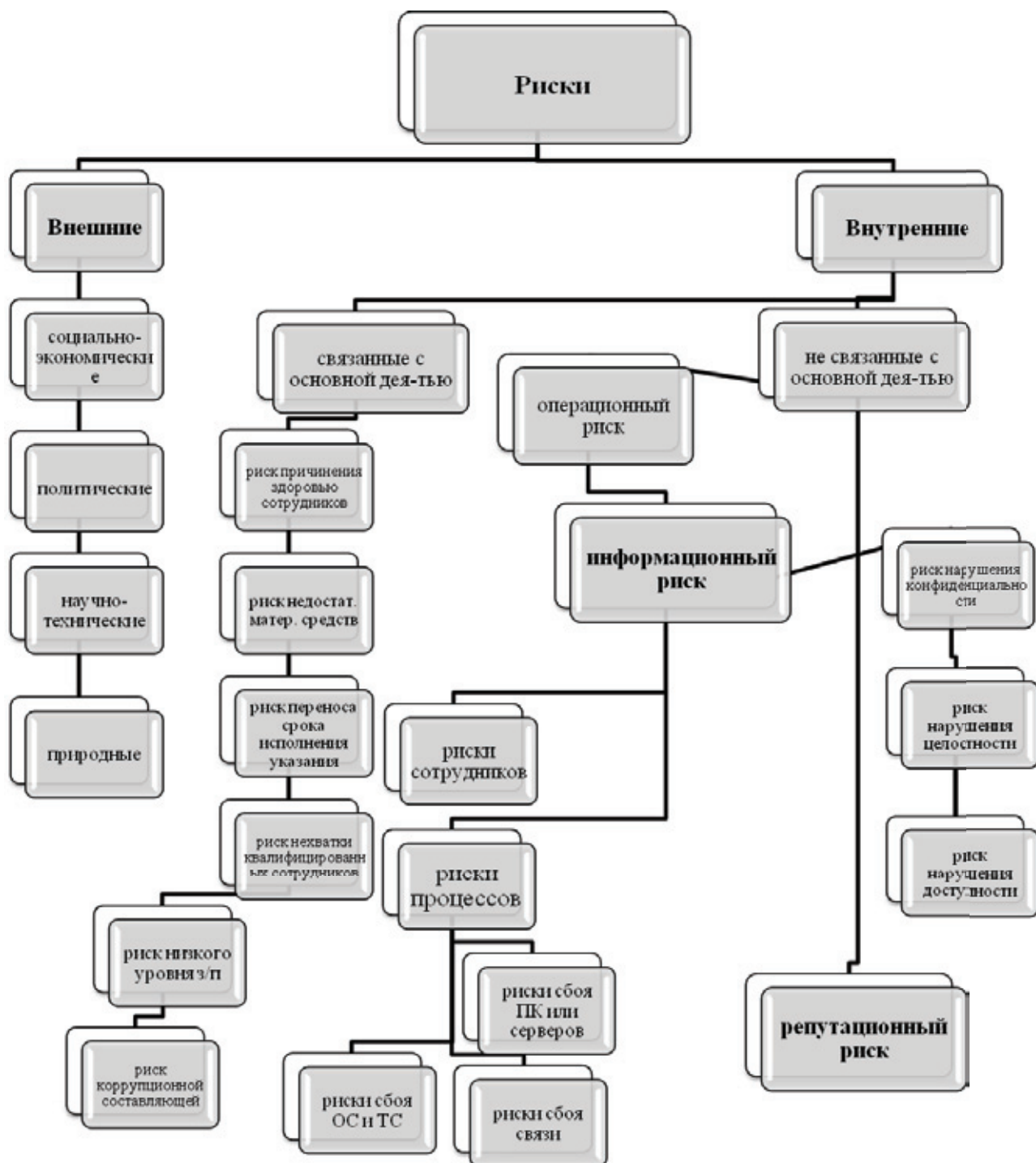


Рис. 1. Структура рисков

турного подразделения, либо умышленно внедрена, чем была нарушена конфиденциальность. После мониторинга с помощью средств массовой информации она публикуется в других информационных ресурсах: газетах, журналах, интернет-сайтах, таким образом, становится известной широкому кругу общественности, что в свою очередь приводит как к снижению уровня доверия к государственным органам (репутационный риск), так и может стать причиной общественного резонанса (политический, социально-экономические риски).

Поэтому управляя информационным риском, специалист по информационной безопасности может дать количественную оценку репутационному риску для государственных организаций, наглядно представить эту информацию, сделать ее доступной для визуального восприятия. В свою очередь у руководителя появляется возможность оценить риск и, с учетом его опасности для деятельности, выработать адекватную политику управления конкретным риском.

Литература:

1. Мильнер Б. З. Теория организаций: курс лекций / Б. З. Мильнер. — М.: ИНФРА-М, 1999. 336 с.
2. Завгородний В. И. Информация и экономическая безопасность предприятия // Прикладная информатика. 2006. № 2. с. 107–113.

## Применение мультимедиа технологий при создании программы развития речи

Устинова Людмила Валерьевна, магистр техники и технологии, старший преподаватель;  
 Самойлова Ирина Алексеевна, магистр механики, преподаватель;  
 Фазылова Лейла Сабитовна, старший преподаватель  
 Карагандинский государственный университет имени Е. А. Букетова (Казахстан)

В настоящее время при устранении недостатков речи у детей и подростков всё чаще прибегают к помощи новых компьютерных технологий, которые выступают не только мощным и эффективным средством коррекционного воздействия, но и дополнительным инновационным элементом в рамках традиционного индивидуального логопедического занятия.

Многочисленные научные исследования показали, что ребенка младшего школьного или дошкольного возраста можно обучать чему-либо, заинтересовав его в этом. Из чего вытекает тот факт: что выбор современных технологических средств логопедической работы с детьми должен проводиться с таким расчетом, чтобы в первую очередь эти технологии способствовали появлению интереса и возникновению внимания к происходящему на занятиях. По оценкам исследований, проводимым в области задач логопедии, использование новейших информационных технологий в учебном процессе положительно влияет на развитие моторики, внимания ребенка, его памяти, активизации мышления, получению и закреплению этих знаний. Откуда следует, что игровые приемы и разнообразные наглядные пособия должны стать незаменимыми помощниками современного квалифицированного логопеда [2].

В настоящее время рынок имеет достаточно большой выбор развивающих детских компьютерных игр. Увлекательные истории придают обучению игровой занимательный характер, что крайне важно для детей дошкольного и младшего школьного возраста. Основной целью занятий с использованием компьютерных программ является как приобретение новых и закрепление полученных ранее знаний, так и эмоциональное раскрепощение детей, активизация и побуждение их к активной познавательной деятельности. На практике используются не только готовые пакеты программ, но и собственные задания, разработанные с учётом изученного материала и речевого нарушения данной группы детей.

Авторами статьи предложены способы, позволяющие автоматизировать процесс создания программы развития речи «В помощь логопеду!», название которой говорит

о том, что данная программная оболочка не должна заменить логопеда, а помочь специалисту исправить дефекты речи ребенка.

В качестве основных средств разработки программного продукта использованы среда программирования Delphi 7.0 и язык гипертекстовой разметки HTML. Для создания эффектов в html документе использован JavaScript. Для создания многочисленных и разнообразных по типам графических объектов применены следующие программные средства: векторный графический редактор CorelDraw 14, программы для создания анимированных объектов EasyGIF. Для оптимизации программы применена программа для сжатия исполняемых файлов AS Pack, для добавления анимированных изображений средствами Delphi — библиотека RXGifAnimator [2].

Основным этапом при разработке программного обеспечения является определение интерфейсных частей программы [3]. На рис. 1 представлено главное окно программы.



Рис. 1. Главное окно программы

Данное окно, как и другие окна программы, разработано в среде программирования Delphi 7.0. Главное окно содержит интерактивные элементы: Согласные звуки, Гласные звуки, игры «Отгадай звук!», «Учим звуки!», Справка-солнышко.

Раздел «Гласные звуки» содержит информацию о верном произношении гласных звуков, веселые скороговорки, забавные загадки, поучительные пословицы

и поговорки, подобранные для отработки каждого проблемного гласного звука. Из раздела «Согласные звуки» можно узнать, как правильно выговаривать «трудные» согласные звуки. В нем также есть множество интересных заданий, которые помогут верно поставить согласные звуки речи. При наведении мыши на объект, изменяется его цвет и проигрывается соответствующий звук. Так, например, при наведении на раздел «Гласные звуки», объект меняет цвет на красный и проигрывается звук «А». Аналогично при наведении на изображение «Согласные звуки», объект меняет цвет на синий, произносится звук «Б» и т. д. Для проигрывания звука применен объект Media Player. Для имитации выделения изображения использованы два объекта: в первый объект помещаем изображение соответствующее неактивному элементу, во второй — активному элементу.

В главное окно программы добавлено несколько анимированных рисунков. Анимированные рисунки создавались в GifAnimo. Для анимации можно использовать Media Player, однако библиотека RxGifAnimator предоставляет больше возможностей.

При щелчке мышью по управляющим элементам происходит переход в модальные окна программы: «Согласные звуки», «Гласные звуки», «Совет родителям», «Отгадай звук!», «Учим звуки!», «Справка-солнышко». При щелчке по объекту класса TImage в объект WebBrowser1 загружается html-страничка «000.html», содержащая главное меню раздела:

```
webBrowser1.Navigate (GetCurrentDir+'\\logoped\
data\003\000\000.html').
```

Функция GetCurrentDir определяет путь приложения, что позволяет переносить программу в любое удобное место для пользователя.

Аналогично все разделы «В помощь логопеду!» открываются щелчком по названию — появляется содержание. Далее выбираем интересующий раздел, нажав на его активное название. Web-страница содержит полосу прокрутки и элементы перехода на главную страницу, к следующей или предыдущей теме, вывода на печать, перехода от одной статьи к другой.

Все web-документы должны иметь элементы навигации. В разделе Гласные звуки создано 168 web страниц, в разделе Согласные звуки — 68 страниц. Для перехода на связанные страницы в каждом из файлов автоматически с помощью созданной программы на Delphi добавляются команды. Например, для файла 168.htm:

```
<div id=«btn_prev»><a href=147.htm> <img
src=«../././imgs/btn_prev.jpg» width=23 height=27
border=0> </a> </div>
```

```
<div id=«btn_next»><a href=149.htm><img
src=«../././imgs/btn_next.jpg» width=23 height=27
border=0></a></div>
```

В web-документах используется единый принцип работы с изображениями. Например, при щелчке на рисунок открывается окно с увеличенным изображением. При повторном щелчке окно закрывается.

Компьютерная игра «Учим звуки!» в доступной и увлекательной форме поможет исправить дефекты произношения трудных звуков у детей от 3 до 7 лет.

В правой части панели управления расположены 25 кнопок, 6 из которых с изображением гласных и 19 с изображением согласных звуков. В левой части панели управления находится кнопка «Изучение», которая становится активной при каждом запуске игры. Если ребенок наведет курсор на картинку с нужным звуком, то услышит как правильно произносить выбранный звук. При наведении на рисунок происходит смена изображения.

Щелкнув по кнопке «Упражнения» в окне добавятся две новые кнопки: Чистоговорки и Скороговорки. Выбрав картинку, ребенок может повторять за диктором. Внизу в левой части панели управления находится слайдер. Который показывает продолжительность упражнения по времени. Слайдер может использоваться для повтора воспроизведения звука, остановки, перемещения (рис. 2).



Рис. 2. Режим «Упражнения»

Игра «Отгадай звук!» рассчитана на неречевой слух ребенка, отвечающий за распознавание природных, бытовых и музыкальных шумов, голосов животных и людей. Такие упражнения способствуют формированию правильного речевого восприятия, и как следствие верного произношения звука. На панели располагается 16 кнопок вопросов, нажав одну из которых, ребенок услышит знакомый звук, например мяукание кошки, журчание ручья, звон будильника, шелест леса и т. д.

В левой части содержатся две подсказки-картинки, одна из которых является верным ответом. Ребенок должен выбрать правильную и перетащить ее мышкой на нужную кнопку-вопрос. Если ответ окажется верным, звучит похвала и картинка занимает место вопроса. При каждом запуске игры рисунки располагаются случайным образом (рис. 3).

Преимуществом созданной программы является возможность настройки игры «Отгадай звук!» без необходимости изменения программного кода. Дополнительный файл конфигурактор позволяет добавить количество разделов (Животные, Машины и т. д.), изменив количество кнопок-вопросов. Ниже предлагается фрагмент кода программы, описывающий формирование динамического массива изображений.



Рис. 3. Перемещение рисунка

```

for i:=1 to m do // m — кол-во строк, k — столбцов
for j:=1 to k do
begin
  Img [i,j]:=TImage.Create (Self);
  Img [i,j].Width:=w; Img [i,j].Height:=h;
  Img [i,j].top:=X0+i*W; Img [i,j].left:=Y0+j*w;
  Img [i,j].Name:='img_'+inttostr (j+i*k); Img [i,j].
Parent:=Self;
  Img [i,j].OnDragDrop:=peretashi2;
  Img [i,j].OnDragOver:=peretashi1;
  Img [i,j].Picture.LoadFromFile (f_name [i,j]);
end;

```

Развитие систем мультимедиа технологий нашло свое широкое применение в сфере образования, поскольку существенно повысить эффективность обучения можно средствами информатизации, основанными на технологии мультимедиа. Экспериментально доказано, что при устном изложении материала ученик способен переработать до одной тысячи условных единиц информации за ми-

нуту, а при «подключении» органов зрения до 100 тысяч таких единиц за это же время. В результате анализа материалов учебной, научной и методической литературы было сделано гипотетическое предположение о том, что одним из условий успешности преодаления дефектов речи является развитие зрительного восприятия и зрительной памяти [4].

Разработанная программа «В помощь логопеду!» позволяет реализовать следующие задачи: развитие зрительного восприятия; увеличение объема кратковременной зрительной памяти; формирование механизма запоминания зрительного образа слова; развитие внимания; развитие звукобуквенного анализа; развитие навыков работы с текстом. Предлагаемый материал содержит коррекционно-развивающие упражнения и игры, направленные на развитие зрительного восприятия и зрительной памяти у детей дошкольного и младшего школьного возраста через систему индивидуальных занятий, например, на занятиях у школьного логопеда.

#### Литература:

1. Агранович З. Е. Логопедическая работа по преодолению нарушений слоговой структуры слов у детей. — Спб.: Детство-Пресс, 2001. — 48 с.
2. Тюкачев Н., Свиридов Ю. Delphi 5. Создание мультимедийных приложений. Учебный курс. — СПб.: Питер, 2001. — 350 с.
3. Гультяев А. К., Машин В. А. Проектирование и дизайн пользовательского интерфейса. — СПб: Коронапринт, 2000. — 550 с.
4. Логопедия: Методическое наследие/ Под ред. Л. С. Волковой: В 5 кн.. — М., 2003.

## Компьютерно-интерактивное и индивидуально-групповое обучение предметам путём создания автоматизированной компьютерной программы

Юнусова Гулшода Назировна, кандидат педагогических наук, доцент  
Наманганский государственный университет (Узбекистан)

Реформы и новообразования целиком затронули процесс образования.

В период обучения, 14–15 лет, исходя из своих умственных способностей и интересов, молодёжь задумывается над своим правом выбора профессии. Именно в это время у детей происходят различные психологические и физиологические, умственные изменения и развитие. В этот период у молодёжи много свободного времени, так как они должны выбрать свой жизненный путь. Они могут поступить в академические лицеи и колледжи, за три года обучения получить специальность или необходимые знания для последующего обучения в вузах страны. Каждому выпускнику лицеев и колледжей даётся право выбора поступления в вуз или идти работать [1, с. 2,3]. Начались большие перемены и в информационной среде, большой поток информации, наплыв информационных технологий, новых видов компьютеров, интернета с большой скоростью приводит к применению компьютеров и информационной технологии, как во всех отраслях жизни, так и в сфере образования. В процессе образования стали применяться новые технические средства: видеопроектор, компьютерные обучающие программы. Традиционные уроки изменились и пришли к форме «Учитель+компьютер+ученик» или «Учитель+компьютер+студент».

Компьютер в процессе образования стал вспомогательным средством для доставки материала, который невозможно было предоставить традиционными методами обучения с помощью традиционных средств обучения. Компьютер внёс в процесс обучения электронную интерактивность. С помощью компьютера можно наглядно увидеть учебный материал, анимационное представление процессов физики, биологии, химии близко к их происхождению в природе. Компьютер играет роль доставки добавочного необходимого материала для понимания сути. Компьютер входит в жизнь каждой личности как «Самоучитель» необходимого материала, к примеру, можно обучиться темам по предметам, изучать иностранные языки, прослушать уроки английского языка и т.д. Стало возможным представить ту или иную сферу образования или производства без современных информационных технологий. Большую значимость в формировании знаний и умений личности играет интернет. Решение различных кроссвордов, загадок из интернета, получение новых материалов по тем или различным темам полностью изменило существование социума, его потребности [2, с.3,4].

С каждым годом всё растёт и растёт число работающих в интернете, число покупателей собственных компьютеров, ноутбуков, нетбуков. Всё это повлияло на процесс

обучения молодёжи в школах, лицеях и колледжах, а так же в высших учебных заведениях. Обучение предметов стало проводиться в среде информационных технологий. В процесс обучения стали запускаться электронные учебники, создаваться электронные библиотеки. В процессе образования входит новый термин дистанционное обучение. Молодёжь, которая свободно владеет языками и работает в интернете, невозможно схоластичными лекциями и традиционным обучением заинтересовать на уроке. Здесь на помощь в образовании приходят новые педагогические технологии, информационные технологии (технологии перевода текстов с одного языка на другой, технологии создания гипертекстов, обучающие системы и программы Crocodile physics, Crocodile chemistry, Crocodile technology) [3, с.5]. И их использование в процессе образования даёт лучшее качество и эффект. В этот период используются электронные учебники, материалы, создаётся самостоятельное и индивидуальное обучение материала с помощью компьютерных средств, и здесь учитель как бы уходит на второй план. Конечно немислим процесс образования без учителя, появились новые методы проведения лекций, учитель стал задумываться над более продвинутым материалом для своего обучаемого. В этом периоде в процессе обучения выявляются следующие три компонента образования: «учитель+компьютер (+видеопроектор)+обучаемый». Нам известно, что каждый человек владеет даром речи, и суть объяснения учителя зависит от того, как он преподносит этот материал, т. е. он обладает собственным «тезаурусом», он объясняет суть темы, исходя из своего мировоззрения, понимания, из своего объёма знаний. Ученик или студент так же воспринимает материал, исходя из своего мировоззрения, интеллекта, объёма знаний, исходя из своей начитанности, грамотности. Ученик улавливает материал, преподносимый им учителем настолько, насколько он может. И в момент восприятия им усваивается 50–60 % материала и того меньше. Здесь учителю могут прийти на помощь наглядные пособия, применение интерактивного обучения, применение педагогических и информационных технологий, материалов из интернета, т. е. применение компьютера приводит к анимационному использованию наглядности в образовании, что приводит к запоминанию 70 % материала и больше. Использование интерактивных методов обучения: методов малых и больших групп, метода чтения и письма, сингвейна, диаграммы Венна и другие, приводят к организации активности обучаемых, они сами самостоятельно приходят к сути темы, самостоятельно осмысливают содержание материала, делают анализ и синтез. Применение интер-

рактивных методов и информационных технологий во время урока учителем, причём когда учитель преподносит материал словесно, наглядно используя компьютерные программы приводит к процессу обучения в виде «Учитель+компьютер+ученик». Использование во время уроков электронных учебников, когда обучаемый сам использует программы, электронные материалы незаметно вытесняет роль учителя в процессе обучения. И поэтому здесь были необходимы комбинированные методы обучения: традиционных методов, с использованием программных средств и анимационных обучающих фрагментов. В этом процессе выявляется подчёркнутая роль учителя и информационных технологий, компьютерных программ [3, с.2].

Перед учителем любого времени стоит проблема завершенности сути материала урока, взаимосвязанности, непрерывности учебного материала из одного занятия на другое. Для формирования непрерывного образования, требуется устранение различных неполадок в обучении, связанных с появлением «дискретности» в образовании. Непрерывность в образовании можно добиться путём использования компьютерных программ, путём вовлечения вспомогательных средств, дополняющих и преподносящих суть учебного материала. Каждый учитель имеет своё мировоззрение и «тезаурус» слов, имеет свой дар речи, ораторские способности. Обучаемый имеет своё мировоззрение и умственные способности, подходящие его возрасту, психологическим и возрастным способностям. И если он имеет некоторые «дискретные» моменты в своём интеллекте, полученные из-за его недостаточной усидчивой учёбы, из-за пропуска тех или иных занятий, из-за болезни и т. д., тогда он обязательно запомнит очень малое количество излагаемого учителем материала [3, с. 3].

Даже очень способный обучаемый теряет некоторый объём информации, запоминая суть содержания и понимая смысл излагаемого материала. Необходимо повторение материала, работа над собой, над учебником, использование материалов из интернета, пополнение знаний, используя добавочные каналы получения информации по сути учебного материала. И здесь, конечно, необходимы информационные технологии, использование специальных программ в обучении тех или иных предметов. И примерно такими вопросами и занимались долгое время педагоги. И это время длилось до тех пор пока не появилась современная электронная доска. И теперь процесс обучения можно представить как активное вовлечение трёх необходимых компонентов образования, и роль учителя здесь уже на видном первом месте. Процесс обучения состоит из следующих четырёх компонентов: «Учитель+компьютер+электронная доска+обучаемый». В этом периоде уже и учитель и ученик вовлечены в процесс обучения, на электронной доске учитель может показать примеры по своей теме, а так же вовлечь самих студентов попробовать выполнить задания совместно наглядно на доске. В этот период внимание всех обуча-

емых сосредотачивается на доске. Здесь учитель, его личность как обучающего стоит на первом плане. Обучение предметов словесными, интерактивными методами, с использованием компьютерных программ, используя электронную доску, вовлечение самой личности обучаемого в процесс обучения сути материала и выполнения его наглядно на доске приводит к высоким результатам в сфере запоминания материала и его усвоения [4, с.2].

Никому не секрет, что сегодня в процесс образования вошло и дистанционное образование. Словесный метод обучения сути материала с использованием компьютера если можно применить для всей аудитории, то работа с электронным учебником приводит к формированию индивидуального обучения студента. Применение интерактивных методов обучения: методов больших групп или применение методов малых групп, использование мозгового штурма, метода чтения и письма при проведении лекции и т. д. привело нас к идее создания программы, которая будет обучать методом малых групп некоторых тем по окончании глав или разделов предметов. Т. е. мы выдвинули идею создания программы интерактивного обучения, в частности, обучения методом групп, причём обучение можно проводить как средствами локальной сети, так и средствами интернета. Здесь преобладает дистанционное и интерактивное обучение, используются индивидуально-групповые и компьютерно-интерактивные методы обучения. Сначала дадим обзор созданной нами программы:

Заранее учитель должен определить, сколько будет обучаемых, он должен подготовить материал, используя компьютерную программу. В специальной аудитории, к примеру, на 50 человек, состоящую из 10 столов, у каждого стола по 5 компьютеров, вокруг них по 5 стульев для обучаемых. На каждом столе по 5 компьютеров. Компьютеров должно быть столько сколько обучаемых за каждым столом. Обучаемые каждого стола считаются обучаемыми одной группы. Все компьютеры соединены в одну локальную сеть. Урок начинается с входом учителя в аудиторию. С головного компьютера-сервера от учителя идёт сообщение, учитель приветствует аудиторию. Каждый обучаемый вводит своё ответное приветствие. Так организуется вступительная часть урока. Далее задаётся вопрос учителем по теме пройденного урока. Все отвечают учителю. Ответы появляются на экране компьютера следующим образом:

1 группа:

1. Яковлева Света — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»
2. Пак Альбина — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»
3. Каримов Пётр — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»
4. Селивестрова Татьяна — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»
5. Юнусова Гулшана — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»

2 группа:

1. Кофгун Ирина — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»

2. Петрова Антонина — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»

3. Каримов Руслан — тема пройденного урока: «Закон Ньютон»

4. Иванов Константин — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»

5. Филипов Антон — тема пройденного урока: «Закон Ньютона»

и т. д., таким образом, поступает информация со всех групп на компьютер учителя. В нашем примере групп всего пять [4, с.3–5].

Далее с компьютера учителя на компьютер обучаемых всех групп задаются вопросы по пройденной теме, к примеру по 3 вопроса на каждую группу. Вопросы задаются в виде тестов. Причём вопросы ко всем группам задаются только по теме пройденного материала и вопросы эти разные. Каждый обучаемый из группы самостоятельно отвечает на вопрос учителя, ему не даётся доступ на просмотр ответа своих соседей из своей группы. Причём на компьютере учителя высвечиваются ответы группы. Только после его собственного ответа на вопрос, через некоторое время, даётся доступ входа в ответы соседей только из своей группы. После того любой обучаемый одной группы имеет право пообщаться на компьютере со своими соседями с одной группы и просмотреть их ответы, затем прийти к одному правильному ответу по вопросам и послать ответ группы учителю. Т. е. при послании ответа члены группы, приходят к ответу сообща. Здесь идёт индивидуальный опрос группы и так же групповой опрос по пройденному материалу. Таким образом, использование этой программы создаёт индивидуально-групповое обучение и повторение пройденного материала.

После проведения этого этапа, обучаемые групп, могут войти в данные компьютеров других групп и получить вопросы по пройденной теме, заданные им учителем, причём это делается по порядковому номеру групп. Каждый член группы вначале индивидуально отвечает на вопрос, затем получает доступ входа в ответы группы, как в начальные ответы, так и в правильные ответы команды. Далее организуется самая основная часть нетрадиционного урока. Содержание и суть новой темы даётся на все компьютеры одновременно, причём текст лекции наглядно показывается на компьютере и идёт чтение текста голосом самого учителя, заранее это должно быть подготовлено, учитель сидит за компьютером и наблюдает. После чтения каждого абзаца голосом учителя, делается пауза для конспектирования материала обучаемыми. Здесь программой должно быть определено время обучения новой темы.

Учитель должен заранее обдумать и запланировать этот момент обучения. После проведения такого урока для одной специализации, можно точно определить регламент времени, начала урока, проведения новой темы и т. д. Таким образом, излагается новая тема. После объяснения

и конспектирования новой темы, идёт следующая ступень проведения урока: закрепление новой темы. Этот процесс урока так же проводится с использованием выше указанного процесса, т. е. как при повторении пройденной темы. Значит и в этом случае всем группам задаются по три вопроса и обучаемые отвечают на вопросы самостоятельно, а затем, общаясь в группе, дают правильный ответ группы. Каждый вначале отвечает индивидуально, а затем идёт групповой ответ. После завершения этого процесса ответы групп поочередно наглядно показываются на электронной доске или на компьютере для проведения презентаций, после чего звучат «Аплодисменты». Так проводится презентация одной группы. Далее члены других групп могут задавать вопросы членам той группы, которая провела и показала свою презентацию. Члены группы отвечают на вопросы и отстаивают свою точку зрения. После чего так же звучат «Аплодисменты». В такой очередности проводится презентация всех групп, они так же отстаивают точку зрения своей команды. В нашем примере было 5 групп. Так проводится презентация 5 групп, все они отстаивают свои точки зрения, отвечают на вопросы по пройденной теме и только по тем вопросам, которые им были заданы учителем [4, с.4,5].

После проведения этого этапа, обучаемые групп, могут войти в данные компьютеров других групп и получить вопросы по новой теме. Каждый член группы вначале индивидуально отвечает на вопрос, затем получает доступ входа в ответы группы, как в начальные ответы, так и в правильные ответы команды. Так проводится следующий этап компьютерно — интерактивного обучения. Он помогает среднему обучаемому расширить свой кругозор знаний и учит работать над собой, над учебным материалом, так как во время индивидуального ответа на вопросы по пройденной теме ученикам или студентам разрешается вход в интернет для получения необходимого материала, использование лекций, учебника и т. д. После организации процесса ответа на вопросы и просмотра других ответов начинается следующая часть нетрадиционного урока по предмету. Задаётся домашнее задание, причём домашнее задание может задаваться всем одинаково или группам в отдельности. Далее идёт следующая часть урока: идёт завершение урока и учитель и обучаемые прощаются. Урок заканчивается. Контроль и оценки знаний обучаемых так же фиксируются на компьютере учителя, так как вопросы задаются в виде теста и по правильным ответам, можно параллельно провести оценивание знаний обучаемых групп.

Таким образом, мы хотим создать компьютерно-интерактивное и индивидуально-групповое обучение предметов в среде компьютерной программы, работающей в среде дистанционного обучения. Этот процесс может быть рассмотрен как отдельная проблема компьютерно-интерактивного и индивидуально-группового образования.

Итак, мы выдвинули идею создания такой программы, которая организует нетрадиционные уроки по всем пред-



метам. Причём эту программу можно использовать как учебных заведений. Программа может быть использована в локальной, так и в глобальной сети. И членами групп и внедрена в обучение на общеобразовательной ступени могут быть студенты или ученики двух или нескольких и обязательной ступеней образования [4, с.5].

Литература:

1. Ясинский В. Б., О применимости дистанционных образовательных технологий для получения высшего образования по техническим специальностям — Электронный журнал «Исследовано в России», 2002 г.
2. Т. Г. Калашникова. Применение дистанционных технологий в образовании// Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы, № 1 (21), 2005, <http://pitis.tsure.ru/>
3. Г. Н. Юнусова, Информатика, информационные технологии, автоматизированная компьютерная программа, г. Пенза, XII научно-практическая конференция «Технические науки», 2013 г. б — С. 34–39.
4. Г. Н. Юнусова, Компьютерно-интерактивное и индивидуально-групповое обучение посредством автоматизированной системы, Наманган, НамПИ, материалы научно-практической конференции 2012 г. б — С. 70–74.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Методика расчета гранулометрического состава дисперсных материалов

Абдуллаев Айдар Бердиханович, магистрант

Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова (г. Шымкент)

Существуют матричные модели для описания гранулометрического состава материалов, однако применение их сопряжено с трудоемкими вычислительными процедурами и значительными погрешностями, а также с необходимостью проведения большого количества экспериментов по разрушению одиночных частиц и т. д.

В частности, для обобщения экспериментальных данных по разрушению одиночных частиц и использования их для потока материала необходимо было составлять и решать матрицы в следующем виде [1]:

$$\begin{pmatrix} f_{k_1}(x) \\ f_{k_2}(x) \\ f_{k_3}(x) \\ \vdots \\ f_{k_n}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - P_1(x) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - P_2(x) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - P_3(x) & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 - P_n(x) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} f_{0_1}(x) \\ f_{0_2}(x) \\ f_{0_3}(x) \\ \vdots \\ f_{0_n}(x) \end{pmatrix} + \\
 + \begin{pmatrix} f_{0_1}(x) \\ f_{0_2}(x) \\ f_{0_3}(x) \\ \vdots \\ f_{0_n}(x) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \varphi_2(x) & 0 & 0 & 0 \\ \varphi_3(x) & \varphi_3(x) & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_{1n}(x) & \varphi_{2n}(x) & 0 & \varphi_{n-1,n}(x) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_1(x) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2(x) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_3(x) & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & P_n(x) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $f_0(x)$  — исходная монофракция, равная единице;

$f_{kn}(x)$  — приведенная дифференциальная доля в пределах  $n$ -ной фракции в конечном гранулометрическом составе;

$\varphi_{1n}(x)$  — приведенная дифференциальная доля  $n$ -ной фракции в распределительной функции, показывающая какая часть материала перешла из первой фракции в  $n$ -ную.

С учетом этого, для расчета изменения гранулометрического состава дисперсных материалов в настоящей статье предлагается более упрощенная и информативная методика, которая заключается в определении вероятностных параметров перехода непосредственно в потоках частиц, т. е. с использованием только селективной функции, вместо двух — селективной и распределительной.

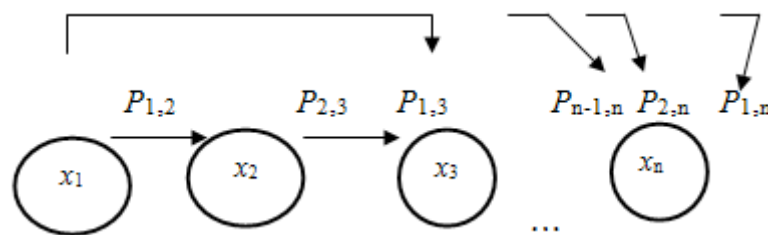
Сущность данного подхода базируется на материальном балансе полидисперсного потока до и после разрушения, который можно выразить в виде следующей матрицы:

$$M \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{vmatrix} = M' \begin{vmatrix} x_1' \\ x_2' \\ x_3' \\ \vdots \\ x_n' \end{vmatrix} \quad (2)$$

где  $M, M'$  — массовые расходы потока до и после разрушения (считаем, что  $M = M'$ );  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), (x_1', x_2', x_3', \dots, x_n')$  — соответственно, распределения полидисперсных частиц в потоке до и после разрушения.

Если распределение частиц по размерам представить в весовых долях, то справедливо условие:  $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n = 1,0$  и  $x_1' + x_2' + x_3' + \dots + x_n' = 1,0$ .

Переход разрушенных частиц из крупных в мелкие фракции при измельчении материалов осуществляется по следующей схеме при условии  $(x_1 > x_2 > x_3 > \dots > x_n)$ :



где  $P_{1,2}; P_{1,3}; P_{1,n}$  — вероятности перехода частиц из первой фракций, соответственно, во вторую и  $n$ -ную фракции;  $P_{2,3}, P_{2,n}$  — то же самое, но для частиц последующих фракций.

Вероятность перехода выражается отношением массы частиц, перешедших при разрушении в следующие фракции, к исходной массе фракции. С учетом вероятностей перехода и материального баланса потока, гранулометрический состав частиц после разрушения определяется по следующему выражению:

$$\begin{cases} x_1' = x_1 [1 - (P_{1,2} + P_{1,3} + \dots + P_{1,n})] \\ x_2' = x_2 [1 - (P_{2,3} + P_{2,4} + \dots + P_{2,n})] + x_1 P_{1,2} \\ x_3' = x_3 [1 - (P_{3,4} + P_{3,5} + \dots + P_{3,n})] + x_1 P_{1,3} + x_2 P_{2,3} \\ \dots \\ x_n' = x_n + x_1 P_{1,n} + x_2 P_{2,n} + \dots + x_{n-1} P_{n-1,n} \end{cases} \quad (3)$$

В системе уравнений (.3) выражения в квадратных скобках характеризуют доли неразрушившихся частиц, т. е. оставшихся в пределах тех же фракций, в которых они находились, а правые слагаемые — доли частиц, перешедших после разрушения в более мелкие фракции. Отличительной особенностью предложенной методики расчета гранулометрического состава дисперсных материалов является то, что значительно упрощается механизм вычислений матриц. Вероятности перехода зависят от физико-механических свойств частиц, ее размеров, динамических параметров соударения, и использование предложенной методики позволяет получать вполне надежные результаты.

Литература:

1. Сариев А. А. Экспериментальное исследование изменения гранулометрического состава дисперсного материала при многократных нагружениях // Химия и хим. технология. — 2003. — Т.46, № 5. — С. 162–163.

## Исследование статической работы клееных рам

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;

Куценко Елена Владимировна, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Настоящая статья продолжает цикл работ учёных НПГУАС исследованию связанных с разработкой эффективных деревянных конструкций [1], [2], [3].

Методикой предусматривалось расчет различных рам методом конечных элементов основные размеры рам приняты из условия предварительных расчетов рам: высота сечения рам назначается в пределах  $1/12... 1/30$  пролета рам. Высота поперечного сечения ригеля рам в коньковом узле принимается не менее  $0,3 h$ , а в опорном сечении — не менее  $0,4 h$ . Прямолинейные элементы рам изготавливаются из слоев толщиной после острожки 32 мм. Толщина слоев в гнутоклееных рамах зависит от внутреннего радиуса кривизны в карнизном узле и назначается в пределах 16...24 мм. Радиус гнутого узла принимается в пределах 2 м — 4 м.

Основные параметры гнутоклееной рамы показаны на рисунке 1.

Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD [4]. Комплекс реализует конечно-элементное моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций. В представленной ниже пояснительной записке описаны лишь фактически использо-

ванные при расчетах названного объекта возможности комплекса SCAD.

Для задания данных о расчетной схеме могут быть использованы различные системы координат, которые в дальнейшем преобразуются в декартовы. В дальнейшем для описания расчетной схемы используются следующие декартовы системы координат:

Глобальная правосторонняя система координат XYZ, связанная с расчетной схемой.

Локальные правосторонние системы координат, связанные с каждым конечным элементом.

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X, Y, Z и поворотами вокруг этих осей.

Гнутоклееная деревянная рама представлена как трех шарнирная и одна шарнирная. Заданы правильные граничные условия, и приложена расчетная нагрузка. рассмотрены три комбинации загрузений:

1) Собственный вес (0.05 Т/м) + погонная нагрузка от покрытия (0.68 Т/м) + снег на всю длину (0.54 Т/м)

2) Собственный вес (0.05 Т/м) + погонная нагрузка от покрытия (0.68 Т/м) + снег слева (0.54 Т/м)

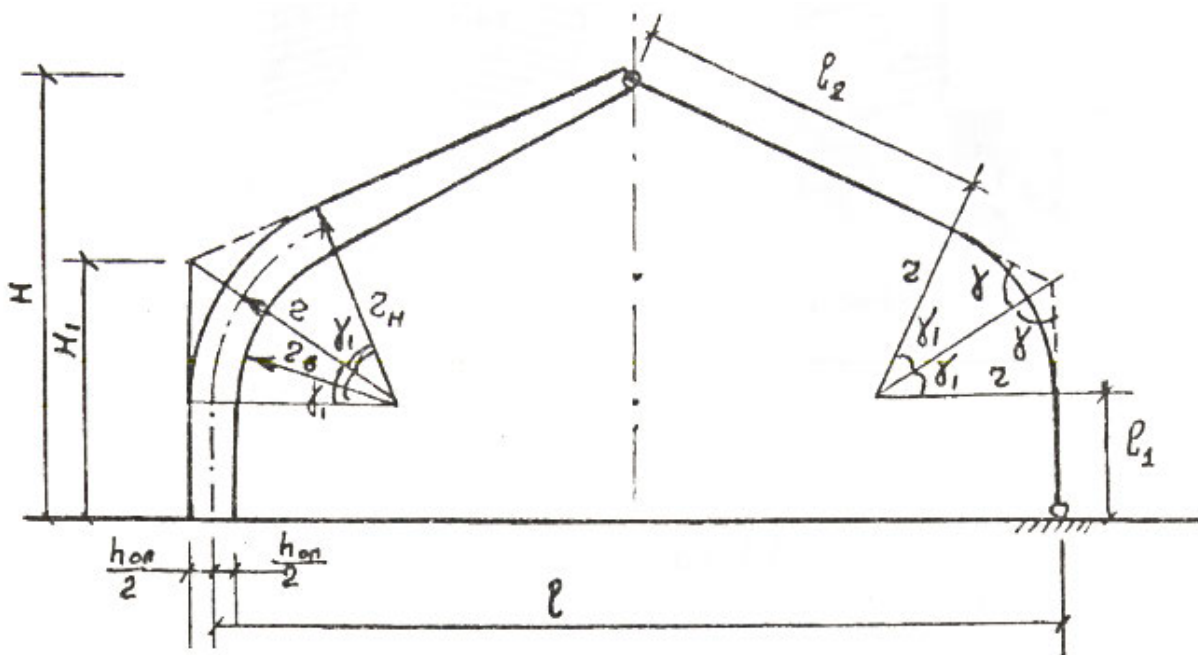


Рис. 1. Деревянная гнутоклееная рама

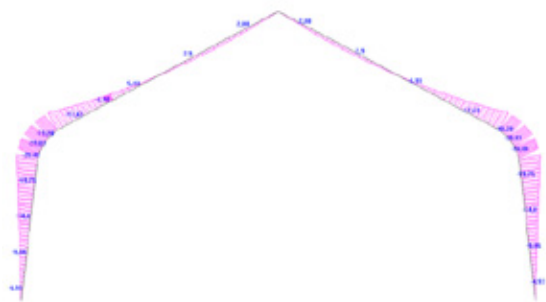


Рис. 2.1. Эпюра усилий  $M_u$  в трех шарнирной раме



Рис. 2.2. Эпюра усилий  $M_u$  в одношарнирной раме

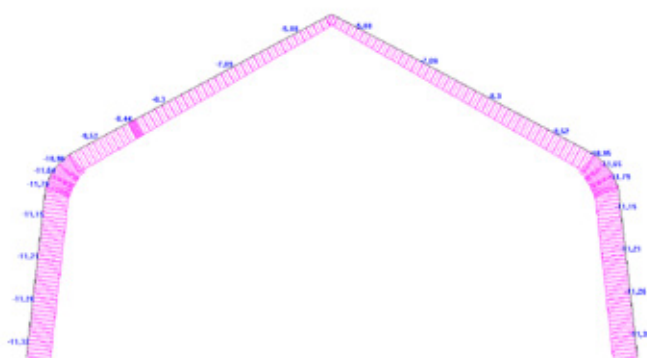


Рис. 2.3. Эпюра усилий  $N$  в трех шарнирной раме

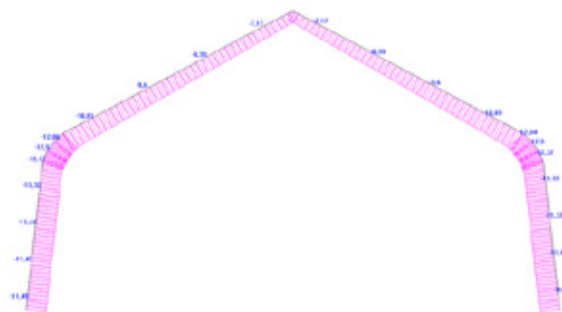


Рис. 2.4. Эпюра усилий  $N$  в одношарнирной раме

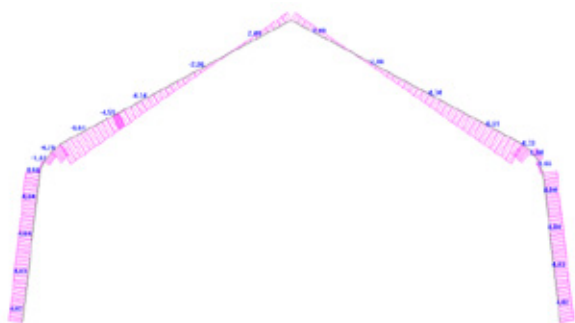


Рис. 2.5. Эпюра усилий  $Q$  в трех шарнирной раме



Рис. 2.6. Эпюра усилий  $Q$  в одношарнирной раме

3) Собственный вес ( $0.05 \text{ T/м}$ ) + погонная нагрузка от покрытия ( $0.68 \text{ T/м}$ ) + снег справа ( $0.54 \text{ T/м}$ )

Результаты статических расчетов приведены на рисунке 2.1–2.6, где приведены эпюры основных усилий (изгибающих моментов, поперечных сил, продольных сил) в трехшарнирной и одношарнирной раме.

Нетрудно заметить, что введение «лишних» связей, т. е. статической неопределимости в статическую работу рам, приводит к перераспределению усилий с наиболее напряженного участка (гнутой карнизной части) рамы в менее напряженные места. Учитывая то, что карнизная гнутая часть является наиболее ответственной, с точки зрения безопасности работы рамы, подобное явление благоприятно, поскольку позволяет при пректировании рамы уменьшить рабочее сечения в опасных участках и более надежно выполнить напряженный участок гнутой рамы.

Сравнивая величины максимальных изгибающих моментов, возникающих в одношарнирной и трехшарнирной

рамах, можно отметить снижение расчетных усилий в наиболее опасном и напряженном сечении почти на 6 %. Естественно что такое снижение максимального изгибающего момента в раме может привести к уменьшению высоты рабочего сечения почти на 50 %

Перераспределение изгибающего момента с карнизного узла на определенную часть стоек рамы, с другой стороны, может привести к увеличению высоты сечения стоек рамы в определенных участках. Однако следует заметить, что на этих участках отсутствует кривизна (что лучше для работы деревянного клееного элемента) и выравнивание высоты сечения рамы по длине ее снимет технологические трудности при выполнении переменной высоты сечения по длине рамы.

Считаем, что изменение статической схемы рамы, т. е. переход на рамы одношарнирные может дать в целом технико-экономический эффект как в расходе клееной древесины так и в трудозатрат при их изготовлении.

Литература:

1. Современные тенденции развития проектирования в строительстве [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2012. — № 10. — С. 31–33
2. Применение многорядных соединений в деревянных конструкциях в практике строительства [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — С. 35–38.
3. Экономическая эффективность проектирования в комплексе Allplan по сравнению с существующими САД-системами [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — С. 32–35.
4. Лицензия № 8135м от 07.12.2009 г. (Пользователь Арискин М. В.)

## Расчет многорядных соединений на клеенных шайбах в программном комплексе SCAD

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;  
Куценко Елена Владимировна, студент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Настоящая работа является логическим продолжением опубликованных ранее работ [1], [2], [3], [4].

Расчет выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD. Комплекс реализует, конечно-элементное, моделирование статических и динамических расчетных схем, проверку устойчивости, выбор невыгодных сочетаний усилий, подбор арматуры железобетонных конструкций, проверку несущей способности стальных конструкций. В представленной ниже пояснительной записке описаны лишь фактически использованные при расчетах названного объекта возможности комплекса SCAD.

Монолитность соединения модели математически описывалось как связывание соответствующих узлов по всем степеням свободы.

Расчетная схема определена как система с признаком 5. Это означает, что рассматривается система общего вида, деформации которой и ее основные неизвестные представлены линейными перемещениями узловых точек вдоль осей X, Y, Z и поворотами вокруг этих осей.

Возможные перемещения узлов конечно-элементной расчетной схемы ограничены внешними связями, запрещающими некоторые из этих перемещений. Наличие

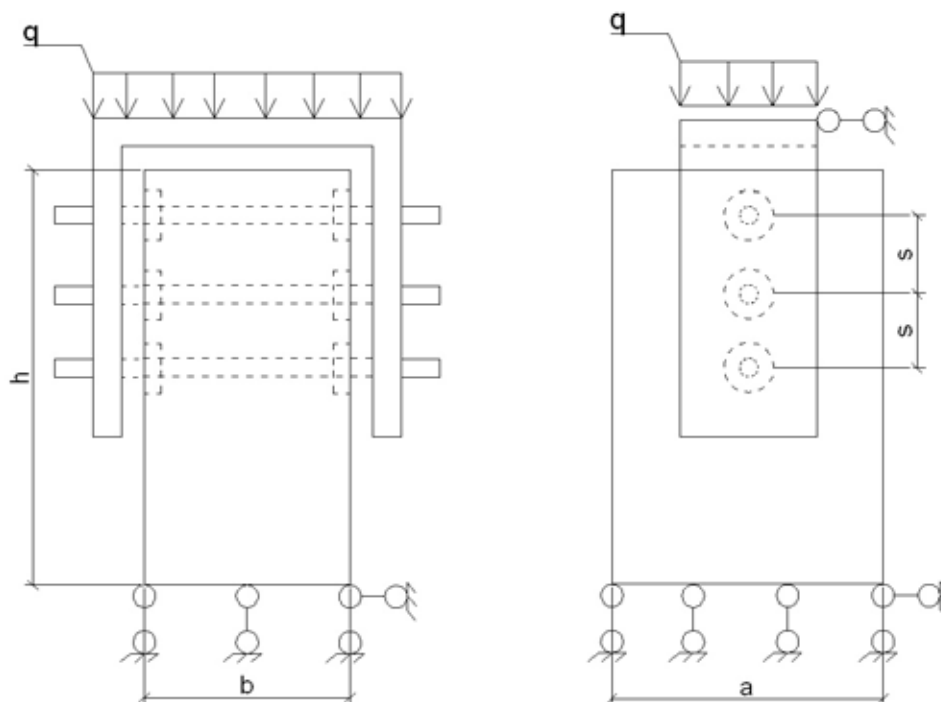


Рис. 1. Расчетная схема соединения на ВШ

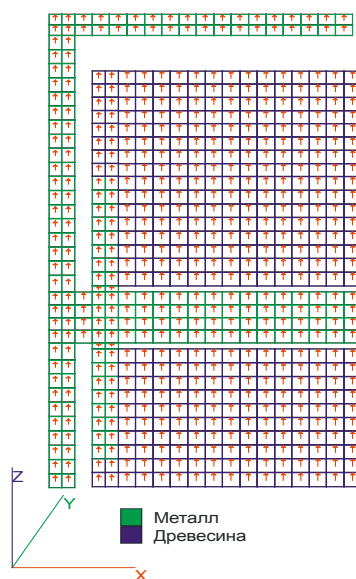


Рис. 2. Выравнивание осей для вывода напряжений

таких связей помечено соответствует расчетной схеме рис 1.

Точки примыкания конечного элемента к узлам (концевые сечения элементов) имеют одинаковые перемещения с указанными узлами.

Конечные элементы оболочек, геометрическая форма которых на малом участке элемента является плоской (она образуют многогранник, вписанный в действительную криволинейную форму срединной поверхности оболочки). Для этих элементов, в соответствии с идеологией метода конечных элементов, истинная форма перемещений внутри элемента приближенно представлена упрощенными зависимостями. Описание их напряженного состояния связано с местной системой координат, у которой оси  $X1$  и  $Y1$  расположены в плоскости элемента и ось  $Z1$  направлена от первого узла ко второму, а ось  $Z1$  ортогональна поверхности элемента.

В расчетной схеме присутствуют пластинчатые элементы, для которых напряжения выводятся вдоль осей, отличных от осей местной системы координат элементов. Выравнивание осей показано на рис. 2

Результаты расчета представлены выборочно. Вся полученная в результате расчета информация хранится в электронном виде.

Как видно из рис. 3–4 максимальные напряжения возникают под шайбами, т.е. для изучения характера распределения напряжения необходимо построить эпюры напряжений по наиболее опасному сечению рис. 5.

Как видно из рис. 5 напряжения уменьшаются с увеличением шага расстановки шайб, также видно что напряжения под нижней шайбой значительно больше чем под средней и верхней что свидетельствует о неравномерном распределении усилия между шайбами. Следует заметить что расчет в программном комплексе SCAD произведен в плоской постановки и для ортотропного тела, т.о. необходимо произвести расчет приближенный к реальной конструкции. К сожалению в программном комплексе SCAD этого сделать невозможно, т.е. необходимо воспользоваться программным комплексом ANSYS который позволяет произвести выполнить объемное решение задачи, а материал древесины задать в виде анизотропного тела.

#### Литература:

1. Современные тенденции развития проектирования в строительстве [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2012. — №10. — С. 31–33.
2. Экономическая эффективность проектирования в комплексе Allplan по сравнению с существующими CAD-системами [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2013. — №5. — С. 32–35.
3. Применение многорядных соединений в деревянных конструкциях в практике строительства [Текст] / М. В. Арискин [и др.] // Молодой ученый. — 2013. — №5. — С. 35–38.
4. Защита от удара и сопровождающей вибрации: экспоненциально-тригонометрическая аппроксимация функций [Текст] / Данилов А.М. [и др.] // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 3. С. 85–88.

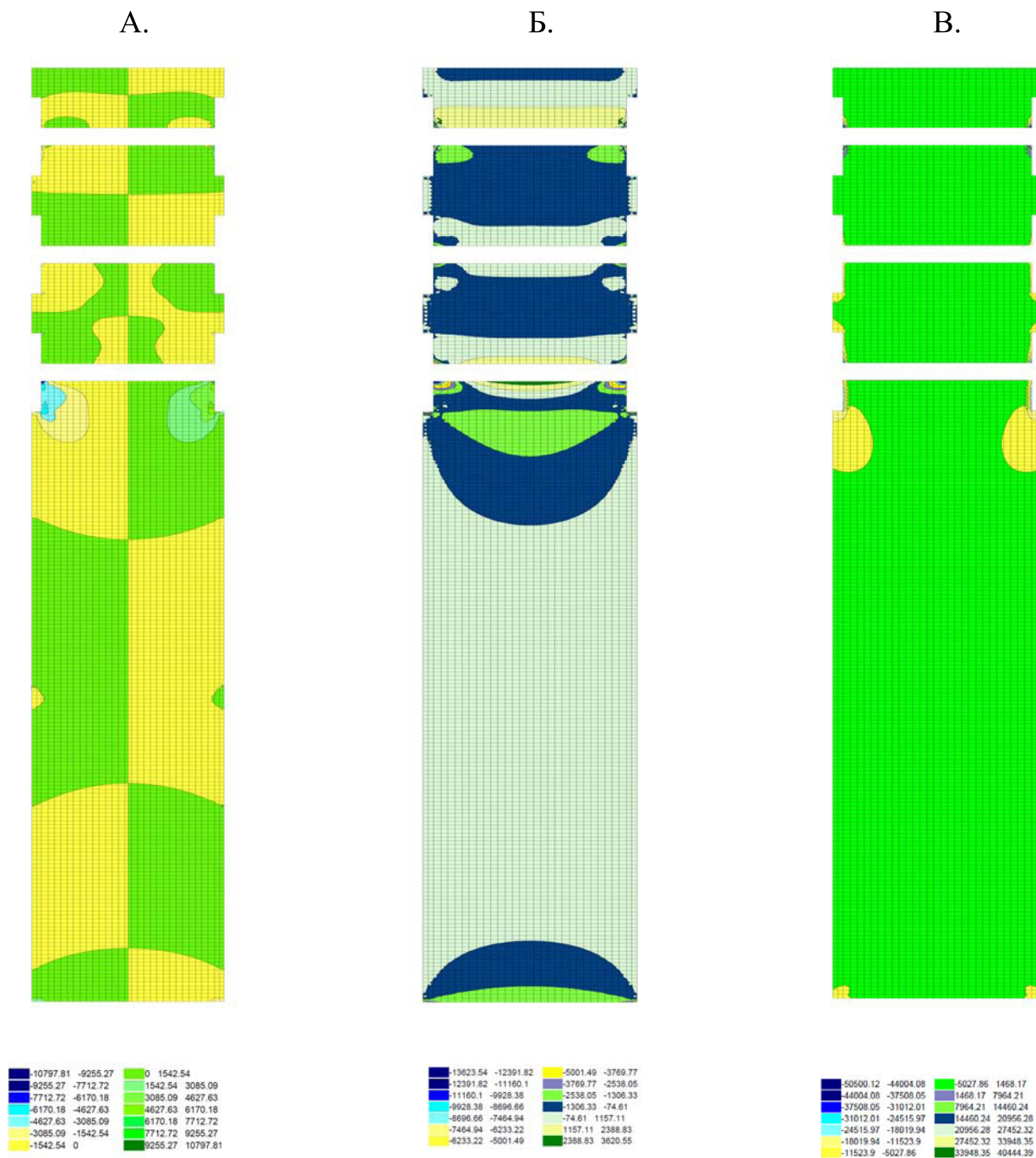


Рис. 3. Результаты расчетов в программном комплексе SCAD 11.3 образцов с шагом 120 мм.

- а) Касательные напряжения  $t_{xy}$
- б) Нормальные напряжения  $S_y$
- в) Нормальные напряжения  $S_x$



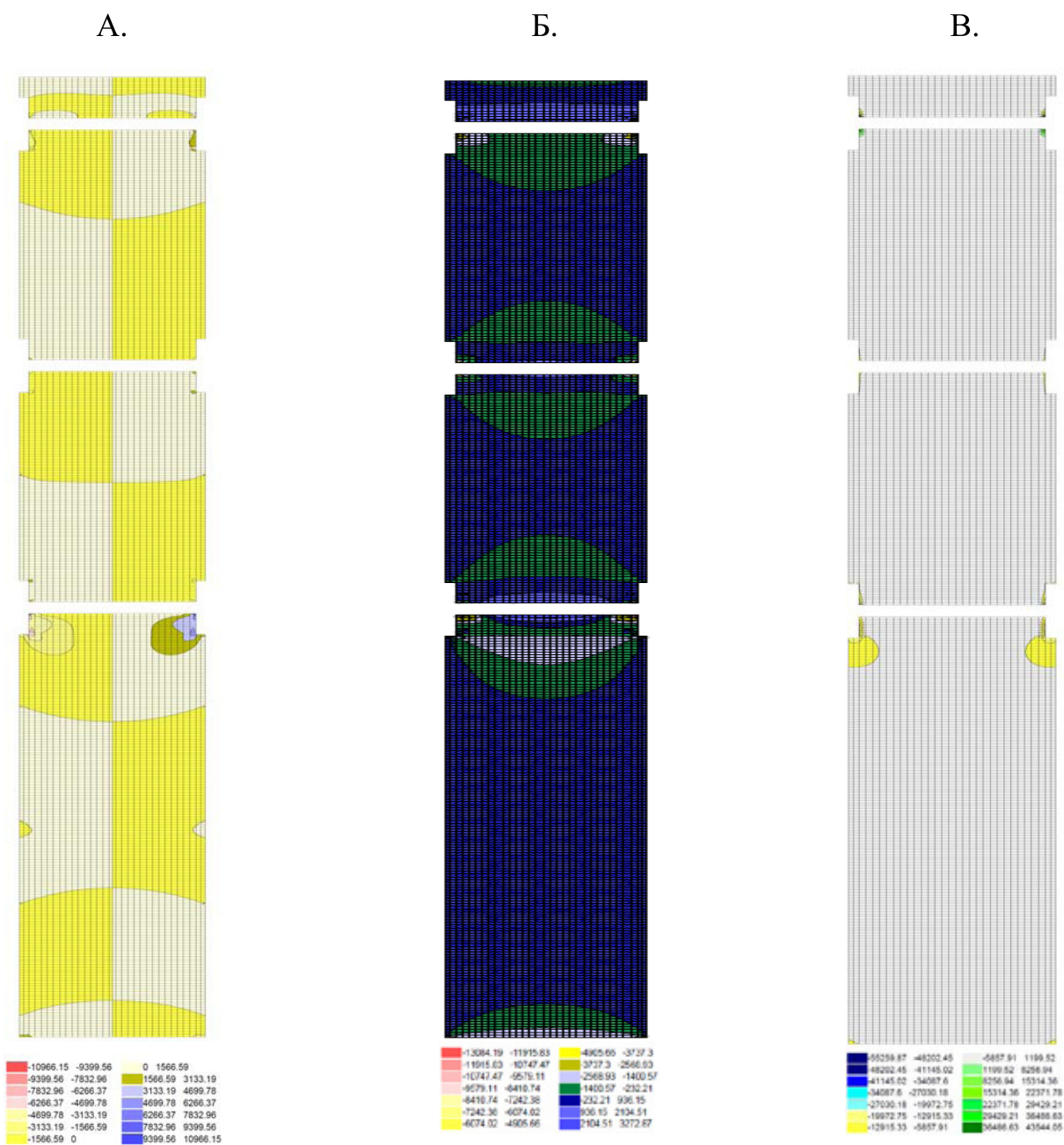


Рис. 4. Результаты расчетов в программном комплексе SCAD 11.3 образцов с шагом 240 мм.

- а) Касательные напряжения  $t_{xy}$
- б) Нормальные напряжения  $S_y$
- в) Нормальные напряжения  $S_x$

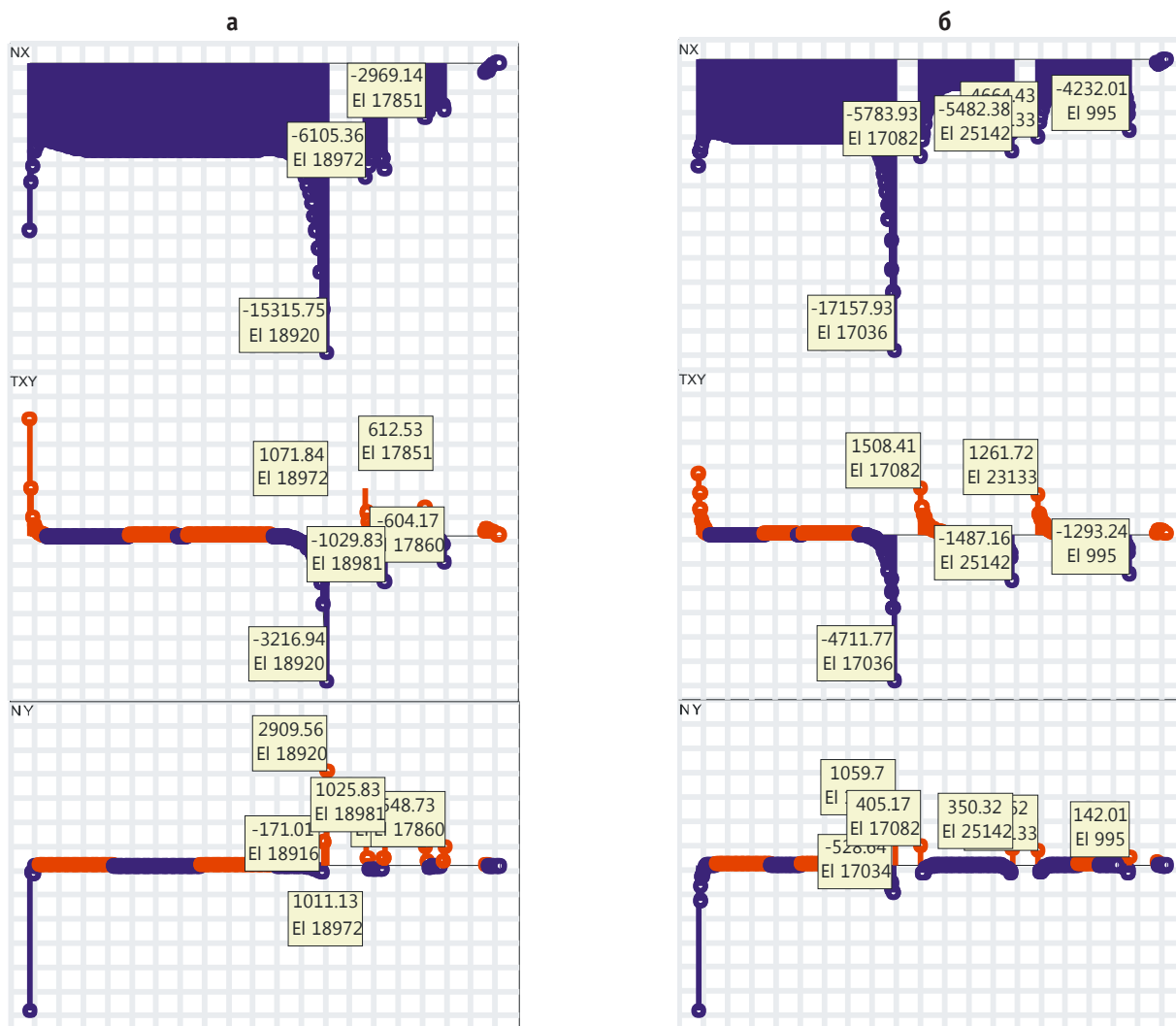


Рис. 5. Эпюры распределения напряжений по высоте образца  
 А образец с шагом 120 мм; А образец с шагом 240 мм.

### Разработка 3D моделей резьбовых соединений

Безрукова Татьяна Васильевна, старший преподаватель;  
 Мишустина Светлана Николаевна, старший преподаватель;  
 Асеева Елена Николаевна, кандидат технических наук, доцент;  
 Мишустин Олег Алексеевич, студент;  
 Асеева Светлана Дмитриевна, студент  
 Волгоградский государственный технический университет

Для повышения эффективности труда конструкторов и технологов и качества разрабатываемой ими продукции необходимо использование объемных моделей в качестве основных объектов проектирования. Преимуществами твердотельной модели являются: полное определение объема и формы; автоматизированное построение трехмерных разрезов проектируемого изделия, что полезно при анализе сложных сборочных единиц; автоматическое получение точных значений массы, площади поверхности, центра тяжести, момента инерции для любой

детали или изделия в целом; повышение эффективности имитации движения инструмента или рабочих органов изделия; наличие разнообразной палитры цветов, управление цветовой гаммой, получение тоновых эффектов — всего того, что способствует получению качественного изображения формы [1].

При 3D-моделировании сборочных единиц приходится выполнять изображение деталей с резьбой. Для упрощения резьбовые поверхности условно заменяют гладкими цилиндрическими или коническими поверхностями,



Рис. 1

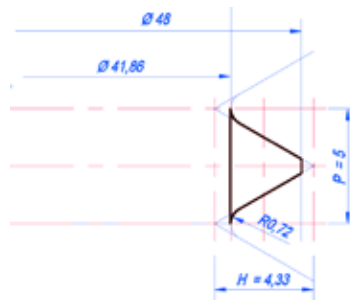


Рис. 2

однако существует ряд задач расчетного характера, когда необходимо полное определение резьбовой поверхности [2, 3].

В качестве примера 3D-модели резьбового соединения приведено построение, в графическом редакторе AutoCAD, болтового соединения: стандартный болт общего назначения (*Болт М48х120 ГОСТ 7798–70*), гайка (*Гайка 2М48 ГОСТ 5915–70*) и шайба (*Шайба 48 ГОСТ 11371–78*).

За основу для построения болта принято цилиндрическое тело, диаметр которого равен диаметру болта по впадинам резьбы, а высота равна длине резьбовой части стержня болта (рис. 1). Для создания винтовой части модели использовался расчетный профиль метрической цилиндрической резьбы. Построение профиля и замкнутого контура показано на рисунке 2. Использовались команды: **Полилиния** и **Контур**.

Следующим шагом было создание направляющей винтовой линии. Для этого использовалась команда **Спираль**, позволяющая создавать спирали (винтовые линии), которые могут быть как двумерными (лежать в одной плоскости), так и трехмерными.

На рис. 3, на виде спереди, и на рис. 4, в юго-западной изометрии, показан результат построения спирали.

Для построения резьбовой поверхности использована команда **Сдвиг**. Выбран построенный контур профиля резьбы, а затем траектория сдвига — спираль. Результат построения представлен на рисунке 5. Изображение приведено в концептуальном стиле, использован вид спереди.

В завершение построены: сбеги резьбы (вращением плоского контура); гладкая часть стержня (твердотельный примитив — цилиндр); шестигранная головка болта (выдавлена из замкнутой плоской фигуры). Затем все твердотельные элементы, составляющие болт, были объединены командой **Объединение**.

В последнюю очередь были выполнены фаски и скругление под головкой болта. Фаски сняты с помощью дополнительных элементов, сконструированных из замкнутых контуров — прямоугольных треугольников, соответствующих профилю фаски. Командой **Вращать** (вокруг оси болта) эти треугольники преобразованы в тела вращения и командой **Вычитание** вычтены из шестигранника и нижней резьбовой части болта. Скругление выполнено с помощью команды **Сопряжение**. На изображении (рис. 6 и 7) поверхности фасок и скругления выделены красным.

Построение гайки базировалось на построении шестигранной призмы. Шестиугольник основания строился в плоскости XY с помощью команды **Многоугольник** и вы-

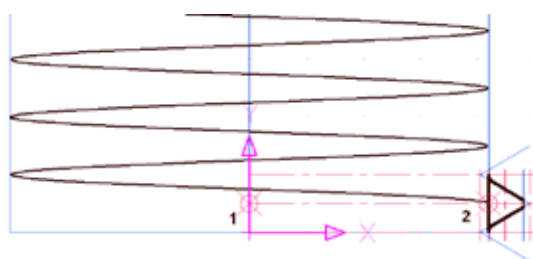


Рис. 3

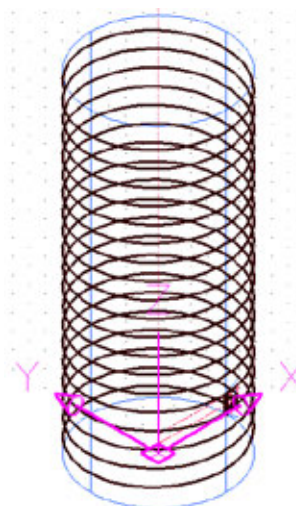


Рис. 4



Рис. 5

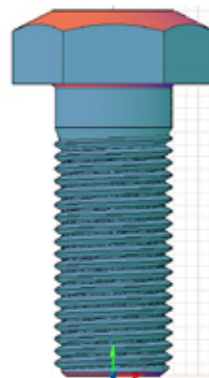


Рис. 6

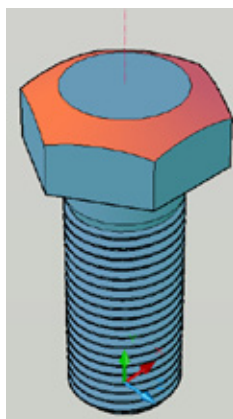
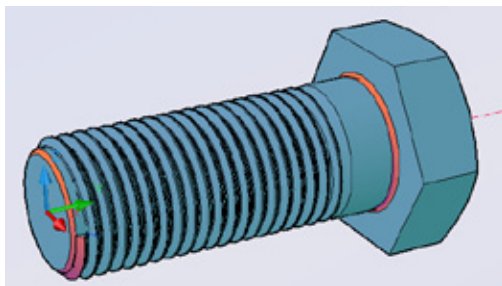


Рис. 7

давливался в направлении оси Z (командой **Выдавить**) на высоту гайки. Для построения отверстия с резьбой использовался тот же прием, что и для изображения резьбы на стержне болта (рис. 8).

За основу брался тот же цилиндр, что и при построении болта. Через окно редактирования **Свойства** изменялся его диаметр (с 41,86 на 42,59) и высота (с 102 на 38). Профиль для впадины резьбы строился с использованием построений, уже выполненных для болта. Это позволило обеспечить более точное сопряжение между поверхностями болта и гайки.

В результате выполнения команд **Спираль** и **Сдвиг** был образован твердотельный элемент (рис. 9), который в дальнейшем вычитался из шестигранной призмы. Для правильного выполнения операции вычитания шестигранную призму и построенный винтовой элемент необходимо было выровнять, используя **ПСК** и объектную привязку. Наружная фаска снималась так же как у головки болта, а внутренняя с помощью команды **Фаска** из меню **Редактирование**.

Шайба построена с помощью команды **Вращать**. В режиме **Вид спереди** с использованием оси, общей с гайкой,

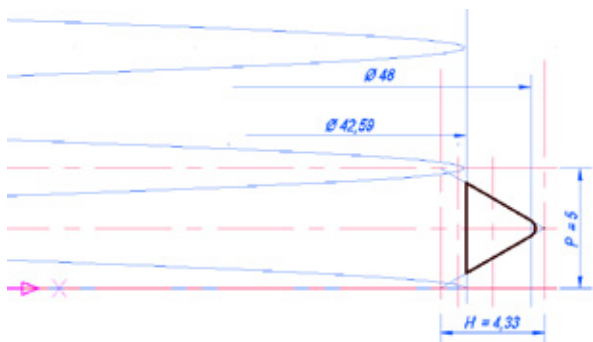


Рис. 8

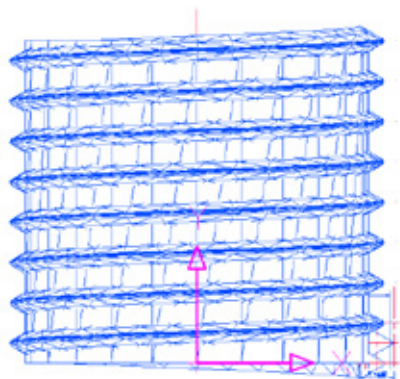


Рис. 9

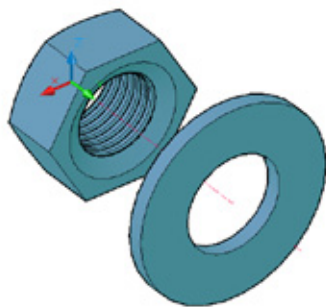


Рис. 10

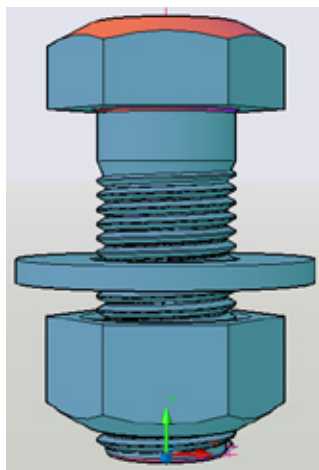


Рис. 11

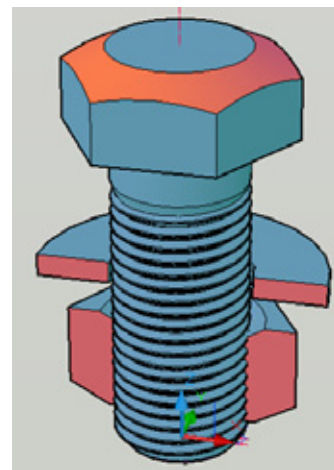


Рис. 12

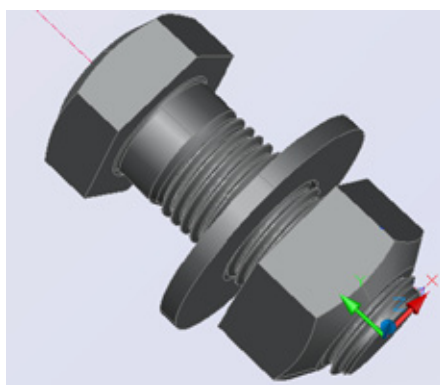


Рис. 13

в плоскости ХУ построено сечение шайбы командой **Полилиния**.

Для завершения построений осталось собрать детали между собой. Использована привязка к оси симметрии, показанной красной штрихпунктирной линией. Для сопряжения резьбы на поверхности болта и гайки осуществлялась привязка к шагу резьбы ( $P=5$ ). На рис. 11 показано изображение всех построенных деталей в сборе, а на рис. 12 они представлены в разрезе. Разрез позволяет проконтролировать точность совмещения моделей

соединяемых деталей.

Таким образом, видим, что инструменты AutoCAD позволяют довольно несложными приемами точно моделировать резьбовые изделия и осуществлять их сборку. По завершении работы над моделью возможно максимально повысить правдоподобие изображения сконструированного объекта [4], используя реальные цвета и текстуры поверхностей (рис. 13), естественную светотень, освещение из одного или нескольких источников света.

#### Литература:

1. Красильникова Г. А. Автоматизация инженерно-графических работ / Красильникова Г. А., Самсонов В. В., Тарелкин С. М. — СПб.: Питер, 2001. — 256 с. : ил.
2. Безрукова Т. В. Формирование сложных объектов в 3D-моделировании / Т. В. Безрукова, С. Н. Мишустина // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград, 2012. — с. 23–25. (Сер. Новые образовательные системы и технологии обучения в вузе. Вып.9).
3. Разработка 3D моделей деталей сложной конфигурации / Безрукова Т. В., Мишустин О. А., Асеева С. Д., Мишустина С. Н., Асеева Е. Н. // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий (ИНФО-2013): матер. X междунар. науч.-практ. конф., г. Сочи, 1–10 окт. 2013 г. / МИЭМ НИУ ВШЭ [и др.]. — М., 2013. — С. 372–374.
4. Асеева Е. Н. Визуализация образов средствами компьютерного твёрдотельного моделирования как способ решения геометрических задач / Асеева Е. Н., Авдеюк Д. Н., Асеева С. Д. // Инновации и современные технологии в системе образования: матер. III междунар. науч.-практ. конф., 20–21 февр. 2013 г. / НИЦ «Социосфера» [и др.]. — Прага, 2013. — С. 300–301.

## Математическое моделирование кинетических процессов в дисперсных системах

Будылина Евгения Александровна, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель  
Московский государственный машиностроительный университет

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, доцент;

Сухов Ярослав Игоревич, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассмотрим кинетический процесс, протекающий в *гомогенной* системе с постоянными или с непрерывно изменяющимися химическим составом и физическими свойствами (между частями системы нет поверхностей раздела). Если стабилизированное, эксплуатационное значение  $x_m$  рассматриваемой характеристики  $x(t)$  изменить за счет внешнего возмущающего воздействия, а затем снять это возмущение, то параметр  $x$  вернется к значению  $x_m$ . Так что:

$$\frac{dz}{dt} = -kz, \quad z = x - x_m.$$

При начальных условиях  $z(0) = -x_m, x(0) = 0$  получим

$$\frac{dx}{dt} = -k(1 - e^{-kt})$$

(предполагается, что проявление отдельных структурных элементов либо подавлено глобальными процессами, либо влияние этих процессов на систему незначительно). Такое предположение практически неприемлемо для *дисперсных* систем, к которым относятся и композитные материалы [1...3]. Для них характерно наличие точки перегиба функции  $x(t)$ , определяющей исследуемый процесс (в гомогенных системах точки перегиба нет).

В отклонениях от равновесного состояния  $x = x_m$  будем иметь

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z = 0 \quad (n > 0).$$

Пусть  $k_{1,2} = -\lambda_{1,2}$  — корни характеристического полинома.

При  $n^2 - \omega_0^2 > 0$  имеем  $z = c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t}$ ,

$$\lambda_1 = n + \sqrt{n^2 - \omega_0^2}; \lambda_2 = n - \sqrt{n^2 - \omega_0^2}; \lambda_1 > \lambda_2 > 0.$$

При  $z(0) = -x_m, \dot{z}(0) = 0$  имеем

$$x = \frac{x_m}{\lambda_1 - \lambda_2} (\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}) + x_m.$$

Из  $\ddot{x} = c_1 \lambda_1^2 e^{-\lambda_1 t} + c_2 \lambda_2^2 e^{-\lambda_2 t} = 0$  получим координату точки перегиба

$$t_n = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2}. \quad (1)$$

(при  $t = t_n$  вогнутость сменяется на выпуклость).

Так как  $\lambda_2 < \lambda_1$ , то составляющая  $\lambda_2 \frac{x_m}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_1 t}$  затухает быстрее, чем аналогичная составляющая  $x(t)$ , соответствующая корню  $\lambda_2$ . Поэтому значение  $\lambda_2$  можно определить по концу экспериментально полученного процесса  $x(t)$ .

Без ограничения общности рассуждений можно принять  $x_m = 1$  (равносильно масштабированию  $x(t)$ ).

При  $t \gg t_n$

$$1 - x(t) \approx \frac{\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{-\lambda_2 t} = A e^{-\lambda_2 t}.$$

Откуда

$$\lambda_2 = \frac{\ln \Delta}{T}, \quad \Delta = \frac{A e^{-\lambda_2 T}}{A e^{-\lambda_2 (t+T)}} = e^{\lambda_2 T}.$$

Из  $\ddot{x} = 0$  получим

$$r^{r-1} = e^{\lambda_2 t_n}; r = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} > 1.$$

Полученное уравнение имеет решение  $\tilde{r} > 1$  лишь при  $e^{\lambda_2 t_n} < e$ .

Откуда

$$v = \lambda_2 t_n < 1; v = \frac{\ln r}{r-1}, r \approx 1,1376v^{-1,5518}.$$

Из  $\frac{d}{dr} \left( r^{r-1} \right) < 0$  при  $r > 1$  и  $r^{r-1} \leq e$  в интервале  $(1, \infty)$  следует  $t_n < \frac{1}{\lambda_2}$ .

Изменение структуры, физико-механических и эксплуатационных свойств материала приводят к изменению

$$t_n = \frac{1}{2\sqrt{n^2 - \omega_0^2}} \ln \frac{n + \sqrt{n^2 - \omega_0^2}}{n - \sqrt{n^2 - \omega_0^2}}$$

( $\omega_0$  определяет упругость системы, а  $n$  — рассеяние (демпфирование) энергии). С ростом  $n$  и  $\omega_0$  ( $n > \omega_0 > 0$ ,

$\xi = \frac{n}{\omega_0} > 1$ ) значение  $t_n$  убывает.

При  $n = \omega_0$

$$x = x_m \left[ 1 - (1 + nt) e^{-nt} \right],$$

в частности, при  $x_m = 1$

$$x = 1 - (1 + nt) e^{-nt}.$$

Точка перегиба процесса  $x(t)$  есть точка  $M_n \left( \frac{1}{n}; x_m \left( 1 - \frac{2}{e} \right) \right)$ .

Увеличение  $n$  ведет к уменьшению  $t_n$ , то есть сдвигу точки  $M_n$  влево.

При  $n > 1$  точка  $M_n$  лежит левее прямой  $t = 1$ , а при  $n < 1$  — правее.

Время  $\tau_0$  выхода контролируемого параметра на эксплуатационное значение  $x_m$  определится из условия

$$1 + n\tau_0 \approx 20e^{-n\tau_0}.$$

Рассмотрим кинетические процессы видов, приведенных на рис. 1.

Кривая 1 характерна для кинетики внутренних напряжений в эпоксидных композитах. Здесь кинетический процесс описывается в виде:

$$\ddot{z} + 2n\dot{z} + \omega_0^2 z = 0$$

и является решением уравнения при начальных условиях

$$z(0) = -x_m, (x(0) = 0); \dot{z}(0) = \dot{x}(0) = \dot{x}_0.$$

Таким образом, указанные процессы имеют вид

$$x = c_1 \cdot e^{-\lambda_1 t} + c_2 \cdot e^{-\lambda_2 t} + x_m (\lambda_1 > \lambda_2).$$

Для точки перегиба  $M_n$  абсцисса

$$t_n = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \left[ \left( -\frac{c_1}{c_2} \right) \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right)^2 \right], (2)$$

где постоянные интегрирования определяются из условий:

$$c_1 + c_2 = -x_m,$$

$$-c_1 \lambda_1 - c_2 \lambda_2 = \dot{x}_0.$$

Абсцисса точки  $M_m$  должна удовлетворять условию  $\dot{x}(t) = 0$ , что дает:

$$t_m = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \left[ \left( -\frac{c_1}{c_2} \right) \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right]. (3)$$

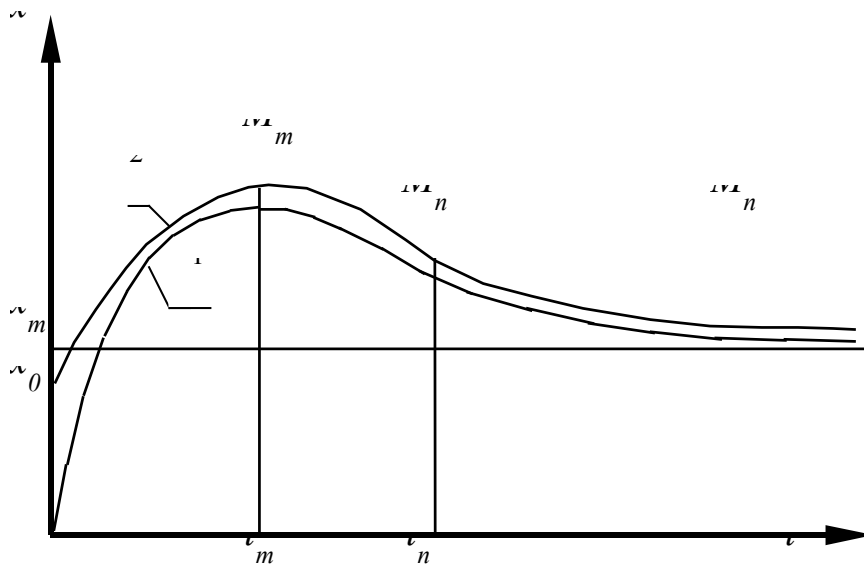


Рис. 1

Должны иметь

$$-\frac{c_1}{c_2} = \frac{\dot{x}_0 - x_m \lambda_2}{\dot{x}_0 - x_m \lambda_1} > 0$$

Откуда следует, что  $x(t)$  достигает максимума при  $t = t_m$  и при выполнении одного из условий  $\dot{x}_0 > x_m \lambda_1$  или  $\dot{x}_0 < x_m \lambda_2$ .

Имеем

$$t_n = t_m + \delta,$$

где

$$\delta = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2}.$$

Из изложенного выше вытекает следующий алгоритм идентификации кинетических процессов рассматриваемого вида:

- по концу переходного процесса определяется  $\lambda_2$ ;
- определяется  $\delta = t_n - t_m$ ;
- по известным  $\lambda_2$  и  $\delta$  определяется  $\lambda_1$ ;
- по при известных  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  определяется  $\left(-\frac{c_1}{c_2}\right) = e^{t_m(\lambda_1 - \lambda_2)} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ ;
- по известным значениям  $\lambda_1, \lambda_2, x_m, \left(-\frac{c_1}{c_2}\right)$  определяется

$$\dot{x}_0 = \frac{\lambda_2 x_m + \frac{c_1}{c_2} \lambda_1 x_m}{1 + \frac{c_1}{c_2}}.$$

Наконец, определяется

$$x(t) = c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t} + x_m.$$

Задача идентификации решена полностью. Настройка модели легко осуществляется с учетом влияния идентифицируемых параметров на характеристики кинетических процессов.

Как показывает практика, существуют системы, кинетические процессы в которых не могут быть описаны рассмотренными выше моделями первого и второго порядка. К таким системам, в частности, относятся некоторые полидисперсные системы. Так, например, кинетика набора прочности композиционного материала имеет иногда не одну, а две



точки перегиба. Пути обобщения приведенных выше методик для идентификации таких кинетических процессов очевидны [4,5].

Литература:

1. Бudyлина Е. А., Гарькина И. А. Данилов А. М. Моделирование с позиций управления в технических системах / Региональная архитектура и строительство. № 2 (16). 2013. — С. 138–143.
2. Гарькина И. А., Данилов А. М. Управление в сложных технических системах: методологические принципы проектирования систем / Региональная архитектура и строительство. № 1. 2012. — С. 39–42.
3. Бudyлина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Сухов Я. И. Некоторые подходы к анализу и синтезу сложных систем / «Молодой ученый». — № 10 (57), 2013. — с. 105–107.
4. Гарькина И. А., Данилов А. М., Петренко В. О. Проблема многокритериальности при управлении качеством сложных систем / Мир транспорта и технологических машин. № 2 (41). 2013. — с. 123–130.
5. Данилов А. М., Гарькина И. А. Методология проектирования сложных систем при разработке материалов специального назначения / Известия ВУЗов. Строительство. — 2011. — № 1.-с. 80–85.

## Исследование реологических свойств импрегнатора

Воронов Виктор Владимирович, студент;

Чурилин Алексей Владимирович, кандидат технических наук, ассистент

Тамбовский государственный технический университет

*Исследуются реологические свойства импрегнатора.*

**Ключевые слова:** абразивный инструмент, акрилатная эмульсия, импрегнатор, реологические кривые, псевдопластичная жидкость.

В настоящее время особое внимание привлекают пути повышения эффективности и качества абразивной обработки, связанные с совершенствованием абразивного инструмента (АИ). Одним из методов, улучшающих эксплуатационные свойства абразивного инструмента, является его импрегнирование [1, 2].

Изучен достаточно широкий диапазон импрегнаторов. Среди них наиболее перспективными признаны органические соединения на углеводородной основе, обеспечивающие низкоэнергетическую интенсивность химического взаимодействия с обрабатываемым металлом [2].

При выборе импрегнатора следует учитывать следующие требования. Импрегнатор, введенный в поры абразивного инструмента (АИ), должен обладать способностью улучшать показатели операции шлифования, обеспечивать смазку в процессе абразивной обработки, не снижать качества обработанной детали, не оказывать корродирующего действия на станок, сохранять стабильность при хранении, удовлетворять требованиям пожарной безопасности, минимально загрязнять воздух и сточные воды, не оказывать вредного воздействия на организм человека [1, 2].

Всем вышеперечисленным условиям отвечают импрегнаторы на основе водных эмульсий сополимеров акрилатного типа [3–8]:

— линейный сополимер этилакрилата и стирола в водной среде (Эмукрил С);

— линейный сополимер этилакрилата, метилметакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида в водной среде (Эмукрил 2М);

— сополимер этилакрилата, диметакрилового эфира этиленгликоля и метилолметакриламида в водной среде (Эмукрил М).

Эмукрил М, Эмукрил 2М, Эмукрил С представляют собой жидкости молочно-белого цвета с массовой долей нелетучих веществ — 40 %.

Исследование взаимного влияния динамически контактирующих абразивов, полимеров и металлов на их поверхностное диспергирование показало, что данные импрегнаторы наиболее полно отвечают перечисленным выше требованиям [9, 10].

При этом процессы массопереноса при пропитке АИ импрегнатором играют существенную роль в обеспечении качества готовой продукции. Исследование свойств импрегнатора важно с точки зрения ускорения процесса пропитки, а также улучшения равномерности распределения импрегнатора в порах АИ, лучшего закрепления его на поверхности пор, что предотвращает миграцию полимерного импрегнатора к поверхности АИ при сушке.

Несмотря на то, что перечисленные выше импрегнаторы хорошо зарекомендовали себя в ходе исследований, для дальнейшего применения был рекомендован сополимер этилакрилата, диметакрилового эфира эти-

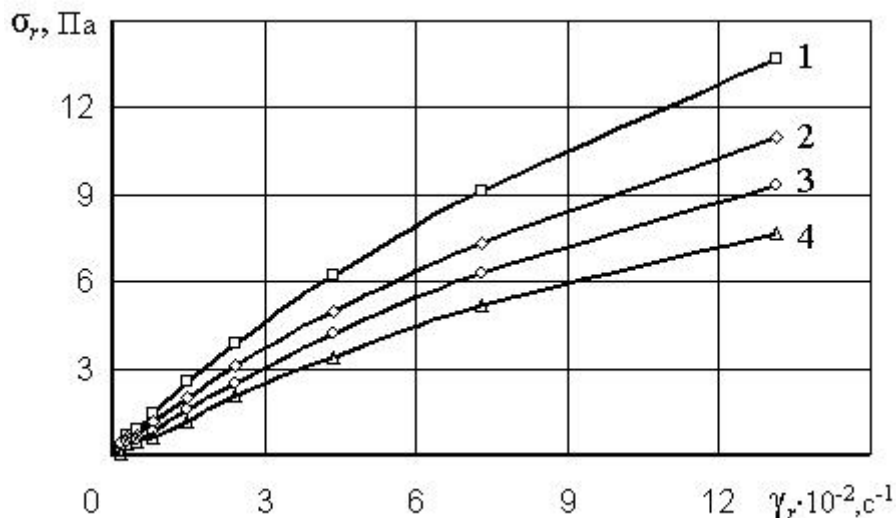


Рис. 1. Реологические кривые импрегнатора при различных значениях температуры: 1–20°C, 2–30°C, 3–50°C, 4–60°C

ленгликоля и метилолметакриламида в водной среде (Эмукрил М). Это связано с тем, что данный импрегнатор наиболее дешевый и экологичный, так как не оказывает негативного воздействия на окружающую среду и человека, в отличие от импрегнаторов с содержанием стирольного звена в сополимере.

Исследование реологических свойств импрегнатора Эмукрил М проводили на ротационном вискозиметре «Реотест 2». Вискозиметр характеризуется широкими диапазонами изменения сдвигающего напряжения и скорости сдвига. Температуру испытаний так же можно регулировать в широком диапазоне.

Варьируемыми параметрами при исследовании реологических характеристик жидкого импрегнатора Эмукрил М являлись: скорость вращения рабочего цилиндра; температура и время нахождения эмульсии в измерительной камере. В ходе эксперимента получены данные, позволяющие рассчитать скорость и напряжение сдвига, динамическую вязкость.

На рис. 1 представлены реологические кривые, характеризующие изменение напряжения сдвига ( $\sigma_r$ ) от скорости сдвига ( $\dot{\gamma}$ ).

На основании представленных данных можно сделать вывод, что эмульсия

«Эмукрил М» относится к псевдопластичным жидкостям. Реологическая кривая эмульсии описывается уравнением Шульмана:

$$\sigma_r = \left[ \frac{1}{\sigma_p^{n'}} + (\eta_p \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{m}} \right]^{n'}$$

где  $n'$  и  $m$  — постоянные величины;  $\sigma_p$  — предел текучести;  $\eta_p$  — пластическая вязкость, характеризующая подвижность среды.

Зависимости динамической вязкости импрегнатора от скорости сдвига, полученные при различных значениях температуры, представлены на рис. 2.

Существенный интерес вызывает устойчивость эмульсии при повышенных значениях температуры. С этой целью импрегнатор помещался в измерительный цилиндр, термостатировался при определенной температуре, подвергался испытаниям, после чего выдерживался определенный промежуток времени и вновь подвергался испытаниям при той же температуре. При переходе на другой температурный режим эмульсия менялась на свежую.

Выявлено следующее: при значениях температуры ниже 50°C кривые, полученные при различных временах выдержки, совпадали. Иная картина наблюдалась при значениях температуры выше 50°C. Получив реологическую кривую при температуре 50°C, эмульсия выдерживалась в цилиндре в течение пятнадцати минут и снова подвергалась испытаниям. Вновь полученная реологическая кривая отличалась от предыдущей. При повышении температуры такое отличие выражалось в более наглядной форме. На рис. 3 представлена реологическая кривая, снятая при температуре 60°C и различных временах выдержки.

Как видно из данных, представленных на рис. 3, сдвиговое напряжение уменьшается с течением времени, хотя скорость сдвига и температура эмульсии остаются постоянными. Данное явление можно объяснить тем, что при достижении определенной температуры эмульсия начинает терять свою устойчивость, происходит разрушение ее структуры, частицы полимера коагулируются и налипают на поверхности, контактирующие с эмульсией. Концентрация полимера в растворе уменьшается, что и влечет за собой уменьшение сдвигового напряжения. Полученные в результате реологических исследований зависимости, приближаются к кривым для ньютоновских жид-

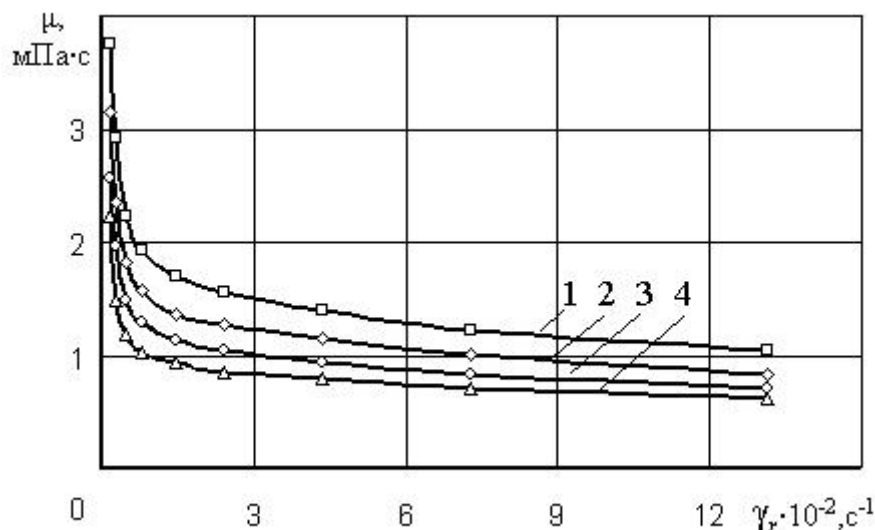


Рис. 2. Изменение вязкости импрегнатора от скорости сдвига при различных значениях температуры: 1–20°C; 2–30°C; 3–50°C; 4–60°C

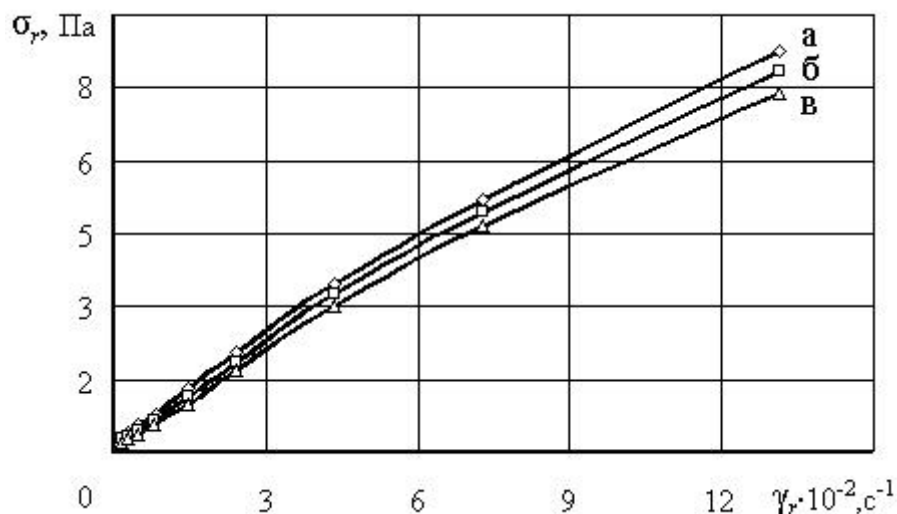


Рис. 3. Реологические кривые импрегнатора «Эмукрил М» при 60°C. Время выдержки: а — 1 мин.; б — 15 мин.; в — 30 мин

костей. Образование пленки полимера можно наблюдать на поверхностях рабочих цилиндров вискозиметра. При  $T = 55^\circ\text{C}$  наблюдаются отдельные сгустки полимера. При  $T = 60^\circ\text{C}$  наличие пленки полимера имеет ярко выраженный характер. Толщина пленки увеличивается в зависимости от времени пребывания эмульсии в рабочем зазоре прибора. Попытка проведения данного опыта на цилиндрах с меньшим радиальным зазором не увенчалась успехом из-за того, что процессы коагуляции и слипания частиц протекали с большей интенсивностью.

Полученные реологические кривые свидетельствуют о том, что характерной особенностью течения импрегнатора Эмукрил М является неподчинение уравнению Ньютона. Кривые течения Эмукрила М не подчиняются линей-

ному закону, но проходят через начало координат. Такую жидкость называют псевдопластичной. Установлено, что с ростом температуры вязкость падает, а реологическое поведение дисперсии описывается степенным законом. По результатам экспериментальных данных были определены реологические константы для различных режимов испытаний. Отмечено, что для anomalно вязкой жидкости, какой является Эмукрил М, с ростом времени выдержки при значениях температуры, свыше  $55^\circ\text{C}$ , вязкость существенно зависит от предыстории, величины касательных напряжений и времени. Последнее объясняется тем, что эмульсия начинает терять свою устойчивость, происходит разрушение эмульгирующего слоя, частицы полимера начинают коагулироваться.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что пропитка абразивного инструмента должна проводиться при температурах до 30°C, а последующее нагревание импрегнированного АИ до значений температуры выше 50°C может быть использовано для фиксации эмульсии в порах АИ с целью предотвращения ее перемещения при дальнейшей сушке АИ [8, 11].

Таким образом, знание реологии полимерных импрегнаторов необходимо при решении практических задач, связанных с созданием технологического процесса импрегнирования АИ, для проектирования, расчета и оптимизации конструктивных и режимных характеристик оборудования для пропитки [7, 8] и сушки абразивных инструментов [11].

#### Литература:

1. Оробинский В. А. Абразивные методы обработки и их оптимизация. — М.: Машиностроение, 2000. — 314 с.
2. Островский В. И. Импрегнированный абразивный инструмент / В. И. Островский. — М.: НИИМаш, 1983. — 72 с.
3. Жуков Н. П. Влияние гидродинамических режимов смешения на коллоидные свойства эмульсионной полимеризационной системы / Жуков Н. П., Павлов Н. В., Елисеева В. И. // Коллоидный журнал, 1977, № 5, Т.9, С. 841–846.
4. Жуков Н. П. Влияние гидродинамического взаимодействия на кинетику эмульсионной полимеризации этилакрилата и коллоидную устойчивость латексов / Жуков Н. П., Павлов Н. В., Елисеева В. И. // Коллоидный журнал, 1979, № 4, Т.41, С. 654–660.
5. А.С. № 1604590 (СССР), МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда / Н. Ф. Майникова, С. М. Опарин, Ю. В. Воробьев, В. А. Рощин. Бюл. № 41, 1990.
6. А.С. № 1726222 (СССР), МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента на основе корунда / Н. Ф. Майникова, С. М. Опарин, Ю. В. Воробьев, В. А. Рощин. Бюл. № 14, 1992.
7. Патент РФ № 2284895, МКИ В24Д 3/34 Способ импрегнирования абразивного инструмента / Майникова Н. Ф., Жуков Н. П., Чурилин А. В. Бюл. № 28, 2006.
8. Чурилин А. В. Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов пропитки и сушки абразивного инструмента. Автореф. дисс. на соискание степени к. т.н. / Тамбовский государственный технический университет. Тамбов. 2004.
9. Исследование взаимного влияния динамически контактирующих абразивов, полимеров и металлов на их поверхностное диспергирование / Майникова Н. Ф., Жуков Н. П., Рогов И. В. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 1997. № 3, Т.3, С. 298–305.
10. Майникова Н. Ф. Модифицирование абразивного корундового инструмента поверхностно-активными веществами // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 1998. № 1, Т.4, С. 91–97.
11. Сушка импрегнированных абразивных инструментов / С. П. Рудобашта, В. М. Дмитриев, Н. П. Жуков, А. В. Чурилин // Промышленная теплотехника. — Киев, 2004. № 5, Т.26, с. 45–53.

## Устранение неравномерных осадков зданий на ленточных фундаментах

Гарькин Игорь Николаевич, доцент, аспирант;

Глухова Мария Вячеславовна, ассистент

Научный руководитель Нежданов К. К., доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель России  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Управление неравномерными осадками зданий на ленточных фундаментах, а так же восстановление их первоначального проектного положения и несущей способности является, в настоящее время, существенными проблемами при эксплуатации промышленных и гражданских зданий.

Особенно данные проблемы актуальны для промышленных зданий в связи с особыми условиями эксплуатации (повышенные динамические нагрузки, агрессивные среды и т. д.) и общего износа фонда зданий и сооружений

предназначенных для нужд промышленности. Вследствие неравномерных осадков, в раме может возникнуть неблагоприятное напряженное состояние, которое приводит к потере устойчивости и прочности, и способствует появлению аварийных ситуаций на производстве. Важно создать такие конструкции, в которых возможна была бы регулировка напряженного состояния.

Работы в этом направлении ведутся на кафедре «Строительные конструкции» ПГУАС под руководством заслуженного изобретателя России Нежданова К. К.. Им с ас-

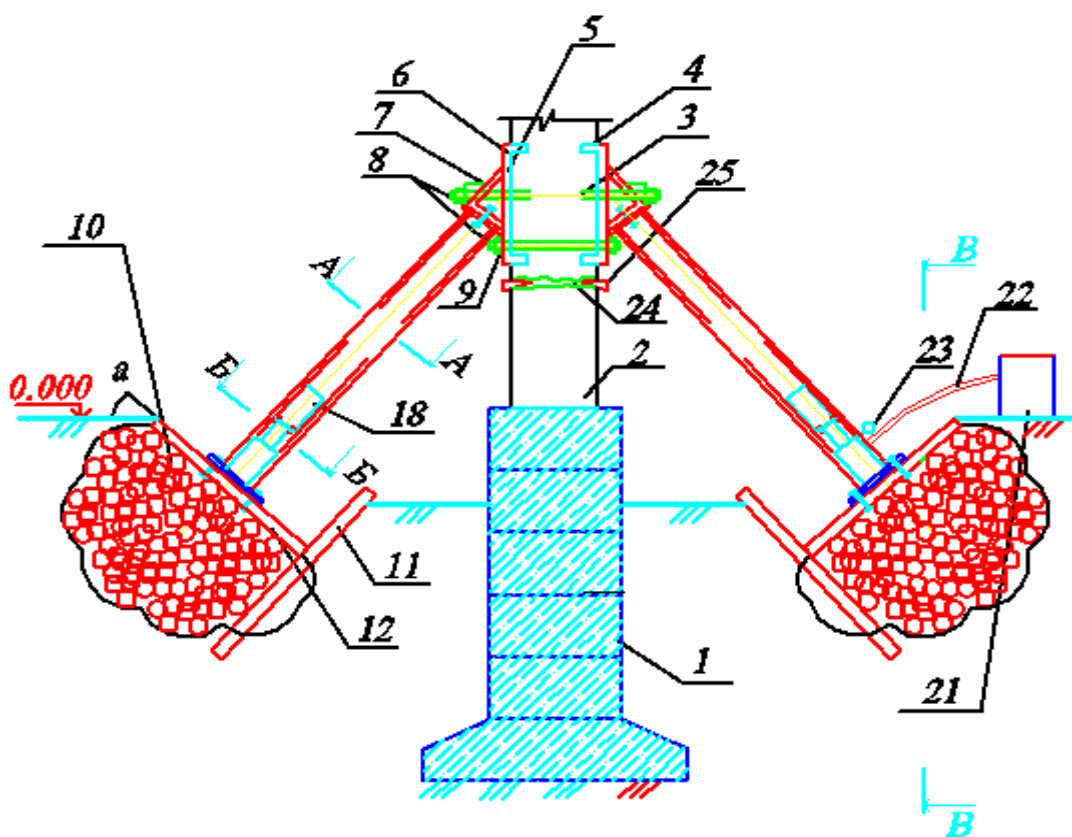


Рис. 1

пирантами и студентами были предложены ряд методов управления осадками здания, восстановление первоначального проектного положения и несущей способности. [1], [2], [3]

Рассмотрим один из таких методов, на который получен патент РФ. [4]

На наружной и внутренней поверхности осевшего участка стены и ленточного фундамента, сверлят в стене сквозные горизонтальные отверстия, делают пропилы для упоров, снабжённых столиками под углом  $\alpha = 60...45^\circ$  к горизонтали.

Закрепляют на стене двусторонние упоры из швеллеров, вводя полки швеллеров в пропилы, пропускают сквозь отверстия в упорах и в стене шпильки с нарезкой.

Удаляют верхний слой грунта с наружной и внутренней стороны старого фундамента на глубину, не превышающую глубину его заложения, отсыпают массивы из боя кирпича или щебня, образующие симметричную пару, по обеим сторонам старого фундамента, укладывают на эти массивы опорные плиты.

Устанавливают на плиты контрфорсы под углом  $\alpha = 60...45^\circ$  к горизонтали и соединяют их базы с плитами, а оголовки с упорами, при этом плиты выполняют с симметричными относительно их центра отверстиями для впрессовывания через них сыпучего рабочего тела.

В нижней части контрфорса устанавливают домкратную балку, для взаимодействия с гидродомкратами импульсного действия, которые устанавливают со-

осно с отверстиями в плите с образованием симметричной пары относительно контрфорса между домкратной балкой и плитой.

Фланцы плунжеров гидродомкратов импульсного действия соединяют с домкратной балкой, а их опорные фланцы упирают на сыпучее рабочее тело — в отверстие в плите контрфорса, тем самым образуют арку с упорами в её замке.

Включают пульсирующую насосную станцию в обычном или пульсирующем режиме и синхронно подают давление масла в гидродомкраты.

Нагружают каждую усиливающую арку, разгружают старый фундамент, сжимают и упрочняют грунтовое основание под плитами контрфорсов, полностью разгружают старый фундамент до образования щели под упорами в старом фундаменте.

Устанавливают с двух сторон от каждого гидродомкрата импульсного действия между плитой контрфорса и домкратной балкой стопоры из столбиков, закрепляют стопоры к плитам контрфорсов, синхронно разгружают гидродомкраты импульсного действия каждой арки.

Устраивают ниши в старом фундаменте под упорами, для гидродомкратов и монтируют в эти ниши гидродомкраты, отделяют блок разгруженного фундамента осадочными швами с двух сторон, включают гидродомкраты этого блока, упрочняют этим грунтовое основание под ним и увеличивают раскрытие щели над осадочным блоком.

Забивают страховочные клинья в щели над осадочным блоком, инъецируют в щели пластичный раствор, плотно заполняют их и после схватывания раствора, демонтируют гидродомкраты, оставляя ниши для них открытыми.

На Рис. 1 показан усиляемый фундамент 1 из фундаментных блоков или бутовый. В осевшем участке стены 2 или ленточного фундамента, сверлят сквозные горизонтальные отверстия 3 и делают пропилы 4 для полок упоров 5 из швеллеров 6, снабжённых снаружи столиками 7 под углом  $\alpha = 60...45^\circ$  к горизонтали.

Монтируют на стену двусторонние упоры 5 со столиками, вводят полки швеллеров 6 в пропилы 4, пропускают сквозь отверстия 3 в упорах и в стене шпильки 8 с нарезкой, и затягивают на них гайки 9, закрепляя упоры на стене. Шпильки устанавливают с шагом  $(1...2)t$ , где  $t$  — толщина фундамента.

Удаляют верхний слой грунта с наружной и внутренней стороны старого фундамента на глубину, не превышающую глубину его заложения. Отсыпают массивы 10 из боя кирпича или щебня, образующие симметричную пару, по обеим сторонам старого фундамента. Устанавливают направляющие 11 для плит 12. Направляющие забивают в грунт.

#### Литература:

1. Нежданов К. К. Способ рихтовки неразрезных подкрановых балок [Текст] / К. К. Нежданов, А. А. Кузьмишкин, И. Н. Гарькин // Молодой ученый. — 2013. — № 6. — С. 99–102.
2. Нежданов К. К., Нежданов А. К., Карев М. А. Способ ликвидации крена сооружения реактивными контрфорсами. Патент России № 2299952. Бюл. № 15. Опубликовано 27.05.2007.
3. Нежданов К. К., Нежданов А. К., Либаров А. В. «Способ управления напряжённым состоянием рамы двухпролётного здания фундаментами с реактивными двигателями». Патент России № 2 319 811. E02D 35/00 (2006.01). Заявка на изобретение № 2005 116385/03 (018711). Бюл. № 8. Опубликовано 20.03.2008.
4. Нежданов К. К., Нежданов А. К., Карев М. А., Куничкин П. В. Способ управления неравномерными осадками здания на ленточных фундаментах. Патент России № 2319810, Бюл. № 8. Опубликовано 20.03.2008

Укладывают на эти массивы 10 опорные плиты 12 под углом  $\alpha = 60...45^\circ$  к горизонтали.

В плитах 12 симметрично относительно центра имеются отверстия 13 для впрессовывания через них рабочего тела, например, боя кирпича или щебня. Устанавливают на плиты 12 базы 14 контрфорсов 15 и соединяют их с плитами 12, болтами 16. В нижней части контрфорса установлена домкратная балка 17, пропущенная сквозь его стержень. Домкратная балка 17 предназначена для взаимодействия с гидродомкратами 18.

Фланцы 19 плунжеров соединяют с домкратной балкой 17 болтами 20. Гидродомкраты 18 импульсного действия монтируют между домкратной балкой и плитой контрфорса, соединяя их плунжер с домкратной балкой, а опорный фланец упирают на сыпучее рабочее тело в отверстие в плите контрфорса.

Гидродомкраты соединяют маслопроводами с пульсирующей насосной станцией 21.

Описанный выше метод позволит с минимальными материальными затратами восстановить проектное положение промышленных зданий. В настоящее время ведётся работа в направлении внедрения данного метода в производство.

## Средства и методики анализа и автоматизированного выбора систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры

Горячев Николай Владимирович, зав. лабораторией;

Меркульев Александр Юрьевич, студент;

Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Пензенский государственный университет

**П**овышение степени интеграции радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и её элементной базы, стремление постоянно снижать габариты и массу изделий приводят к более тяжелым тепловым режимам работы РЭА. Современная РЭА нередко эксплуатируется в жестких температурных условиях (производственные помещения, военная техника, космос, автономно функционирующие на открытом воздухе информационно-измерительное оборудование и т. п.) одновременно испытывая повышенные

механические и электромагнитные воздействия. Между тем, надежное функционирование аппаратуры возможно лишь при условии обеспечения ее оптимального теплового режима. Последнее может решаться как на системотехническом или схемотехническом уровнях, так и на конструктивном уровне [1]. Методы и средства обеспечения теплового режима РЭА изложены в работе [2]. Наиболее распространенным средством, обеспечивающим тепловой режим является воздушная система охлаждения

(СО) [3]. В современных условиях проектирования практически отпала необходимость в проведении расчета конструктивных параметров СО. Это связано с доступностью широкой номенклатуры унифицированных конструкций воздушных СО с заранее известными теплофизическими и конструктивными характеристиками. В связи с чем задача конструктора при теплофизическом проектировании РЭА может быть сведена к выбору унифицированной СО. Однако в связи с большим номенклатурным перечнем унифицированных СО, который включает несколько тысяч типовых конструкций, такой выбор в ручном режиме достаточно трудоемок. Одновременно отсутствует специализированные аппаратные средства, позволяющие проводить анализ работы СО.

Таким образом, актуальность исследования заключается в необходимости разработки комплексных, аппаратно-программных средств позволяющих не только проводить анализ СО РЭА, но и обеспечить их автоматизированный выбор из базы унифицированных конструкций выпускаемых промышленностью.

### Постановка задачи

Совершенствование существующих и разработка новых аппаратно-программных средств и методик, предназначенных для анализа работы и автоматизированного выбора СО РЭА.

В работе [4] в результате анализа программного обеспечения, применяемого при теплофизическом проектировании РЭА, выявлены основные недостатки этих средств. Показана необходимость создания новых, комплексных средств теплофизического проектирования, включающих в свой состав инструменты проведения натурального эксперимента. Обоснованно спрогнозированы возможные результаты от создания таких средств.

В работе [5] доказана актуальность создания автоматизированной системы СО электрорадиоэлемента. Предложена концепция создания подобной системы, обеспечивающей выбор унифицированной конструкции СО. Одновременно определены требования к системе. Выведены основные задачи, которые необходимо решить при создании автоматизированной системы выбора СО. Обоснование применения системы в рамках интегрированной среды проектирования электроники дано в работе [6].

Попытка создания аппаратной платформы для проведения натуральных испытаний сделана в работе [7]. Авторами, на примере стенда исследования температурного поля одного типа СО, описан эффективный способ создания лабораторного оборудования, предназначенного для снятия температурных характеристик исследуемого объекта. Основным недостатком работы [7] следует считать закрытость архитектуры созданного стенда, возможность исследования только одного типа СО, отсутствие элементов межсистемного взаимодействия с программными средствами.

В работах [8, 9] авторы, основываясь на результатах, приведенных в [7], усовершенствовали стенд исследо-

вания СО и предложили информационно-измерительный комплекс (ИИК). В отличие от предыдущей конструкции новый ИИК обладает открытой, масштабируемой архитектурой и позволяет исследовать воздушные СО различного типа. Последнее осуществляется за счет вынесения исследуемой СО в отдельный от основного блока функциональный модуль, названный авторами сменный блок исследуемого объекта (СБИО). Тепловая модель СБИО предложена и усовершенствована в работах [10,11].

Алгоритмическое обеспечение ИИК описано в работах [12, 13]. Описание схемы информационного обмена между аппаратной частью ИИК и его программной частью функционирующей на ПЭВМ дано в [12]. Особенности работы компьютерной программы, являющейся программной частью ИИК, и её алгоритм приведены в [13].

Особенности создания автоматизированной системы выбора СО приведены в [14], где рассмотрен алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплоотвода. Фактически выбор СО из базы данных, осуществляет экспертная система, используя для этого методику многокритериального выбора. Авторы, основываясь на работе [15], в которой описана программа для расчета температуры перегрева электрорадиоизделия РЭА, выбирают в качестве критерия, имеющего наибольший вес, тепловое сопротивление СО.

Методическое обеспечение предложено в работе [16] в виде методики, использующей результаты натурального и вычислительного экспериментов для обоснованного выбора СО. Предложенная авторами методика имеет три вектора функционирования и позволяет использовать возможности современного научно-исследовательского оборудования при проектировании средств тепловой защиты РЭА. Результаты практической реализации ИИК и алгоритмов его функционирования представлены в работе [17].

Блок обработки данных (БОД) включает вычислительное ядро (микроконтроллер), подсистему автоматизированного управления, подсистему сбора передачи и обработки данных, а также часть рабочего места пользователя (модуль индикации и локальные органы управления).

Сменный блок исследуемого объекта (СБИО) состоит из подсистемы измерений и объектовой подсистемы. Подсистема измерений — это набор первичных преобразователей физических величин (датчиков). Объектовая подсистема представляет собой исследуемый объект. В состав СБИО разных модификаций введены функциональные узлы, реализующие дополнительные, вспомогательные функции, например индикацию включения нагрева и т. п.

Основой БОД является микроконтроллер с широкими функциональными возможностями. Применение последнего позволило отказаться от многих устаревших аналоговых узлов (аналоговые индикаторы, терморпары и т. п.) и разработать ИИК с использованием современных технологий и элементной базы.

### Результаты исследования

В результате проведенного исследования впервые предложена концепция, алгоритмы и методика функционирования информационно-измерительного комплекса для исследования СО РЭА. Разработанный ИИК отличается от существующих средств, используемых при теплофизическом проектировании, возможностью проведения натурных исследований различных моделей СО, наличием элементов межсистемного взаимодействия, позволяющих объединить результаты натурного и вычислительного экспериментов. Впервые предложена система поддержки принятия решений в области выбора унифицированной конструкции СО, осуществляющая выбор с учетом тепло-

вого сопротивления СО. Разработанная методика отличается от существующих:

— возможностью объединения результатов натурного и вычислительного экспериментов;

— наличием трех векторов функционирования, что позволяет проводить процесс теплофизического проектирования используя различные наборы начальных данных;

— возможностью определения взаимной адекватности математической и натурной моделей СО.

Принимая во внимание результаты практического использования ИИК, которые изложены в работах [18, 19], доказана высокая эффективность и точность предложенной методики.

### Литература:

1. Андреев П. Г. Основы проектирования электронных средств: учеб. пособие / П. Г. Андреев, И. Ю. Наумова // Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. — 124 с.
2. Дульнев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструирование и производство радиоаппаратуры». - М.: Высш. шк., 1984. — 247 с.
3. Андреев П. Г. Защита радиоэлектронных средств от внешних воздействий: учеб. пособие / П. Г. Андреев, И. Ю. Наумова // Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. — 130 с.
4. Юрков Н. К. Программные средства теплофизического проектирования печатных плат электронной аппаратуры / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев // Молодой ученый. — 2013. — № 10. — С. 128–130.
5. Горячев Н. В. Концепция создания автоматизированной системы выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. — 2010. — № 11. — С. 171–176.
6. Горячев Н. В. Концептуальная схема разработки систем охлаждения радиоэлементов в интегрированной среде проектирования электроники / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Проектирование и технология электронных средств. 2009. № 2. С. 66–70.
7. Горячев Н. В. Стенд исследования тепловых полей элементов конструкций РЭС / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, П. Г. Андреев, В. А. Трусов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2008. Т. 2. С. 162–166.
8. Горячев Н. В. Структура автоматизированной лаборатории исследования теплоотводов / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 2. С. 119–120.
9. Горячев Н. В. Совершенствование структуры современного информационно-измерительного комплекса / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 433–436.
10. Горячев Н. В. Тепловая модель сменного блока исследуемого объекта / Н. В. Горячев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 263–263.
11. Горячев Н. В. Уточнение тепловой модели сменного блока исследуемого объекта / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 1. № 1–1. С. 169–171.
12. Горячев Н. В. Алгоритм функционирования стенда исследования теплоотводов и систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, Н. К. Юрков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 385–391.
13. Горячев Н. В. Алгоритм функционирования компьютерной программы стенда исследования теплоотводов / Горячев Н. В., Граб И. Д., Лысенко А. В., Юрков Н. К. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2011. Т. 1. С. 244–246.
14. Горячев Н. В. Алгоритм функционирования системы поддержки принятия решений в области выбора теплоотвода электрорадиоэлемента / Н. В. Горячев // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 238–238.
15. Горячев Н. В. Программа инженерного расчёта температуры перегрева кристалла электрорадиокомпонента и его теплоотвода / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 242–243.
16. Горячев Н. В. Концептуальное изложение методики теплофизического проектирования радиоэлектронных средств / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2013. № 17. С. 214–215.



17. Горячев Н. В. Информационно-измерительный лабораторный комплекс исследования теплоотводов электро-радиоэлементов / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 239–240.
18. Горячев Н. В. Опыт применения систем сквозного проектирования при подготовке выпускной квалификационной работы / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. 2011. № 26. С. 534–540.
19. Падолко Е. П. Основные понятия имитационного моделирования и построение имитационной модели системы массового обслуживания / Е. П. Падолко // Современные информационные технологии. 2012. № 15. С. 43–45.

## Автоматизация отрисовки контура детали для подготовки управляющих программ для ЧПУ

Гягяева Александра Геннадиевна, ассистент;

Сорокина Любовь Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Кожанова Евгения Романовна, кандидат технических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал), Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

В условиях современной рыночной экономики многие предприятия машиностроения вынуждены переходить от массового производства к мелкосерийному (единичному). При этом снижение производительности компенсируется внедрением более эффективных методов изготовления, в том числе внедрением станков ЧПУ. Известно, что производительность станков с ЧПУ в три раза выше производительности станков того же типа, но без программного управления, а потребность в производственных площадях в три раза меньше. Наибольший эффект дают станки с ЧПУ при выполнении особо сложных операций, поэтому с их использованием высвобождаются высококвалифицированные рабочие, а также резко сокращаются затраты на технологическую подготовку производства, эксплуатацию инструмента, содержание контроллеров ОТК.

При подготовке управляющей программы для станков ЧПУ важным моментом является разработка траектории движения режущих инструментов относительно детали и на основе данной траектории — описание движений соответствующих органов станка. Перемещение инструмента в пространстве осуществляется с помощью систем ЧПУ, при этом перемещение осуществляется только вдоль кривых определенного вида, а именно — вдоль отрезков прямых и дуг окружностей, называемых обычно *элементами контура*.

Программа для ЧПУ составляется технологом по чертежу детали. Обычно чертеж детали не содержит непосредственно параметров элементов контура, в частности координат точек перехода с одной кривой на другую, называемых *опорными точками*. Размеры, проставленные на чертеже, позволяют определить эти параметры только косвенно с помощью вычислений. Составление управляющих программ производится, как правило, вручную для конкретной модели станка, оснащенной конкретной системой ЧПУ. При ручном способе подготовки все необхо-

димые для составления программы вычисления выполняются в основном вручную или с помощью калькуляторов. Затем на основе произведенных вычислений вручную или на каком-либо печатающем устройстве составляется управляющая программа в специальных кодах на языке системы ЧПУ станка.

Существует две системы координат, используемых для написания управляющих программ ЧПУ [1]:

1) *абсолютная система координат* — это когда координаты точек отсчитываются от постоянного начала координат;

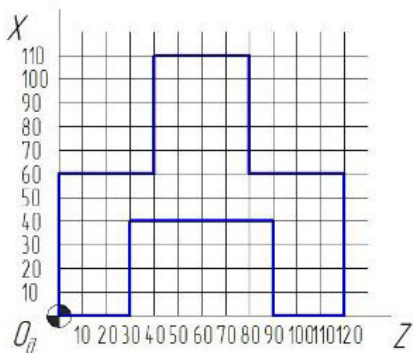
2) *относительная система координат* — за нулевое положение каждый раз принимается положение исполнительного органа, которое он занимал перед началом перемещения к следующей опорной точке.

Рассмотрим пример подготовки управляющей программы для станков ЧПУ в двух системах координат (рис. 1).

Для упрощения работы технолога могут использоваться специальные программы подготовки данных для ЧПУ, предоставляющие ему средства расчета и графического отображения элементов контура детали по данным чертежа для проверки правильности расчета опорных точек. Ошибки при расчетах опорных точек влекут за собой несоответствие контура детали исходным данным.

Авторами было разработано программное обеспечение, состоящее из двух программ, для проверки опорных точек, в абсолютных и относительных системах координат, и отрисовки контура детали с целью контроля для последующего написания управляющей программы ЧПУ.

Первый программный продукт «Отрисовка контура детали в абсолютной системе координат» (рис. 2а) может быть использован при создании программ управления станками Ф1 и Ф2, где Ф1 — цифровая индексация с предварительным набором координат, а Ф2 — числовое позиционное программное управление.

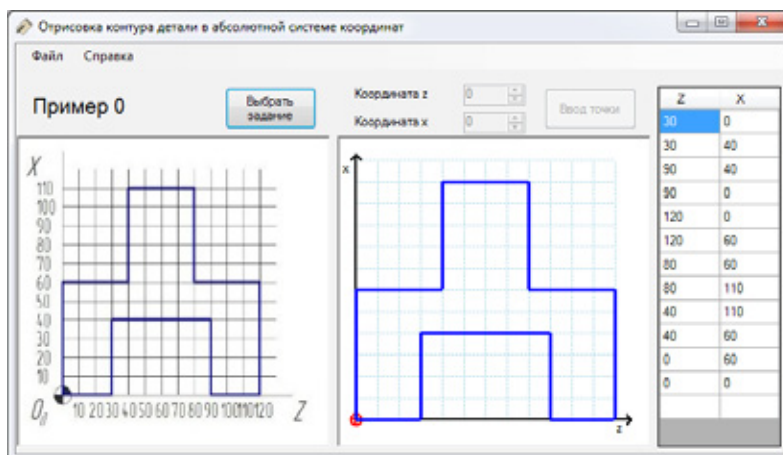


№	Абсолютная система координат		Относительная система координат	
	Z	X	$\Delta Z$	$\Delta X$
1	0	0	0	0
2	30	0	30	0
3	30	40	0	40
4	90	40	60	0
5	90	0	0	-40
6	120	0	30	0
7	120	60	0	60
8	80	60	-40	0
9	80	110	0	50
10	40	110	-40	0
11	40	60	0	-50
12	0	60	-40	0
13	0	0	0	-60

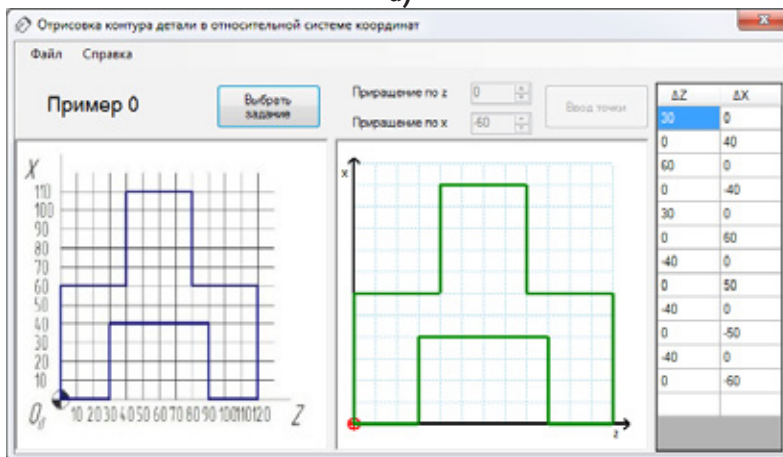
а)

б)

Рис. 1. Чертеж детали (а) и координаты опорных точек в абсолютной и относительной системах координат (б)



а)



б)

Рис. 2. Разработанное программное обеспечение для отрисовки контура детали в абсолютной (а) и относительной (б) системах координат

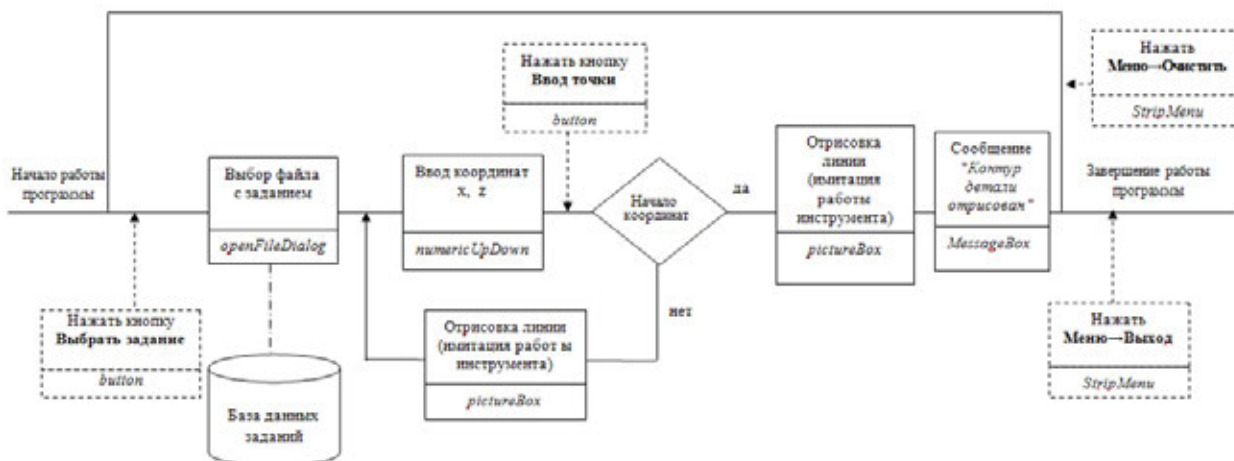


Рис. 3. Диаграмма переходов фокуса управления

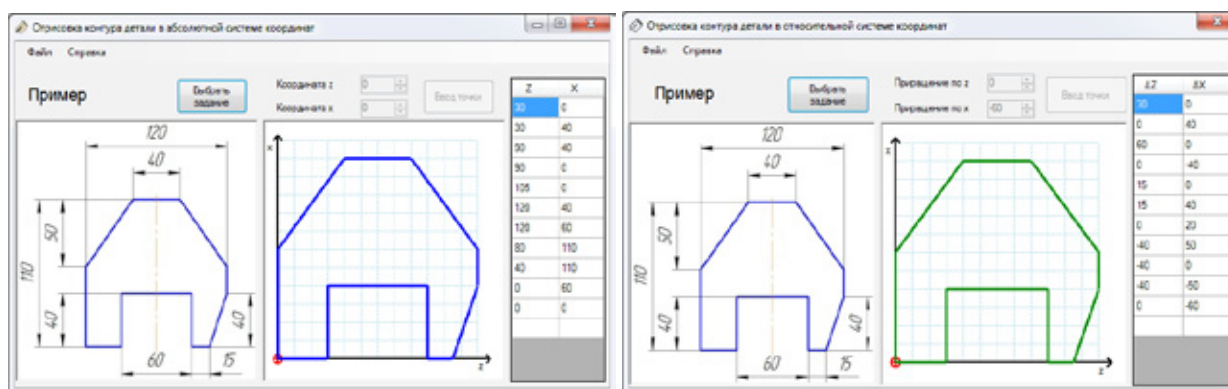


Рис. 4. Примеры работы программ «Отрисовка контура детали в абсолютной системе координат» (а) и «Отрисовка контура детали в относительной системе координат» (б)

Второй программный продукт «Отрисовка контура детали в относительной системе координат» (рис. 2б) — при создании программ управления станками Ф2, Ф3, Ф4, где Ф2-числовое позиционное программное управление, Ф3 — контурная система управления, а Ф4 — смешанная система управления (Ф2+Ф3).

Для создания программных продуктов использовалась интегрированная среда разработки Microsoft Visual

Studio (язык C# 2010 Express). Опишем работу программ с помощью диаграммы перехода фокуса управления (рис. 3), на которой помимо алгоритма работы программы указаны используемые в программе компоненты.

В дальнейшем планируется разработать единый программный продукт, позволяющий строить детали, состоящие из отрезков прямых и дуг окружностей, в абсолютной и относительной системах координат.

Литература:

1. Ловыгин А. А., Васильев А. В., Кривцов С. Ю. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. — М.: «Эльф ИПР», 2006. — 286 с.
2. Кожанова Е. Р. Диаграммы переходов фокуса управления как средство проектирования пользовательского графического интерфейса // Техника и технологии: пути инновационного развития: материалы Междунар. научно-практич. конф. (1 июля 2011). — Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2011. С. 80–83.

## Многокритериальный синтез эпоксидного композита повышенной плотности

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор;  
Болтышев Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент;  
Петренко Вероника Олеговна, аспирант  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Для оптимизации структуры и свойств эпоксидного композита повышенной плотности для защиты от радиации [1...3] займемся построением множеств В. Парето. Воспользуемся полученными на основе математических методов планирования эксперимента аналитическими зависимостями средней плотности  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, и предела прочности  $R_{сж}$ , МПа, на сжатие образцов 20×20×20 см:

$$\rho(X_1, X_2) = 3642,8 - 129,1X_1 + 668,5X_2 + 53,2X_1X_2 - 513,7X_2^2;$$

$$R_{сж}(X_1, X_2) = 118,5 - 19,5X_1 + 20,9X_2 - 3,2X_2^2,$$

где  $X_1, X_2$  — кодированные значения соответственно концентрации  $x_1$  пластификатора (в % от массы смолы) и степени наполнения  $x_2$  (П:Н по массе);  $x_{10} = 25, I_1 = 25; x_{20} = 1/7, I_{2H} = 5$ .

Следуя В.Парето, в общем случае из неформального анализа исключаются заведомо плохие варианты решений, что позволяет сократить множество исходных вариантов (здесь факторное пространство является двумерным). Пусть сделан некоторый выбор  $\mathbf{x}^*$  и предположим, что существует некоторый другой выбор  $\tilde{\mathbf{x}}$  такой, что для всех критериев  $f_i(\mathbf{x})$  имеют место неравенства

$$f_i(\tilde{\mathbf{x}}) \geq f_i(\mathbf{x}^*), \quad i = \overline{1, n},$$

причём хотя бы одно из неравенств — строгое (в рассматриваемом случае  $n = 2; f_1 = \rho(X_1, X_2), f_2 = R_{сж}(X_1, X_2)$ ).

Очевидно, что выбор  $\tilde{\mathbf{x}}$  предпочтительнее  $\mathbf{x}^*$ . Поэтому все векторы  $\mathbf{x}^*$ , удовлетворяющие последнему неравенству, можно сразу исключить из рассмотрения. Имеет смысл заниматься сопоставлением и подвергать неформальному анализу только те векторы  $\mathbf{x}^*$ , для которых не существует  $\tilde{\mathbf{x}}$  такого, что для всех критериев удовлетворяются эти неравенства. Множество всех таких значений  $\mathbf{x}^*$  и называют множеством Парето, а вектор  $\mathbf{x}^*$  называют не улучшаемым вектором результатов (вектором Парето), если из  $f_i(\tilde{\mathbf{x}}) \geq f_i(\mathbf{x}^*)$  для любого  $i$  следует  $f_i(\tilde{\mathbf{x}}) = f_i(\mathbf{x}^*)$ .

Если цели являются двумя однозначными функциями ( $f_1(\mathbf{x}) \rightarrow \max, f_2(\mathbf{x}) \rightarrow \max$ ), то каждому допустимому значению переменной  $\mathbf{x}$  отвечает одна точка на плоскости  $(f_1, f_2)$  (рис. 1), и равенства

$$f_1 = f_1(\mathbf{x}), \quad f_2 = f_2(\mathbf{x})$$

определяют параметрическое задание некоторой кривой  $abcd$  в этой плоскости. Участок  $bc$ , очевидно, не принадлежит множеству Парето, поскольку вместе с ростом  $f_1$  происходит и рост  $f_2$ . Таким образом, на этом участке изменению переменной  $\mathbf{x}$  отвечает одновременное увеличение обеих целевых функций и, следовательно, такие варианты решений должны быть сразу исключены из дальнейшего рассмотрения.

Из тех же соображений должен быть исключён и участок  $a'b$ , поскольку для каждой его точки  $e$  найдётся точка, принадлежащая участку  $cd$ , в которой значения обеих функций  $f_1$  и  $f_2$  больше, чем в точке  $e$ . Так что принадлежать множеству Парето могут только участки  $aa'$  и  $cd$ , причём точка  $a'$  также должна быть исключена.

В теории принятия решений существует термин «принцип Парето», заключающийся в том, что выбирать в качестве решения следует только тот вектор  $\mathbf{x}$ , который принадлежит множеству Парето.

Принцип Парето не выделяет единственного решения, он только сужает множество альтернатив. Окончательный выбор остаётся за лицом, принимающим решение. Построение множества Парето облегчает процедуру выбора решения.

Для случая двух критериев найдем решение задачи:

$$f_1(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \quad f_2(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \quad \mathbf{x} \in G_x.$$

Каждой точке  $\mathbf{x} \in G_x$  соотношения  $f_1 = f_1(\mathbf{x}), f_2 = f_2(\mathbf{x})$  ставят в соответствие некоторую точку  $\mathbf{f} \in G_f$  в плоскости критериев (рис. 2). Последние соотношения определяют отображение множества  $G_x$  на  $G_f$ . Множество  $G_f$  носит

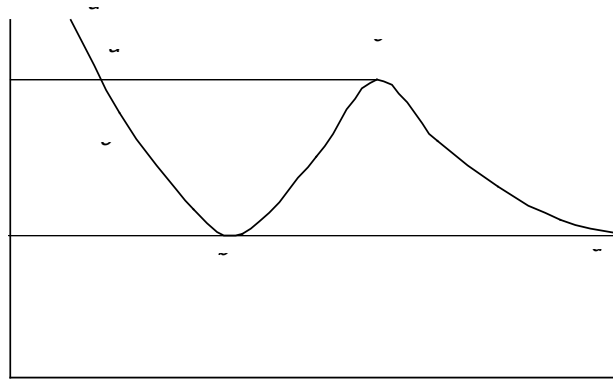


Рис. 1

название множества достижимости, или множества предельных возможностей. Множество Парето представляет собой границы  $G_f$ . На рис. 2 множеством Парето будет дуга  $ADCB$ .

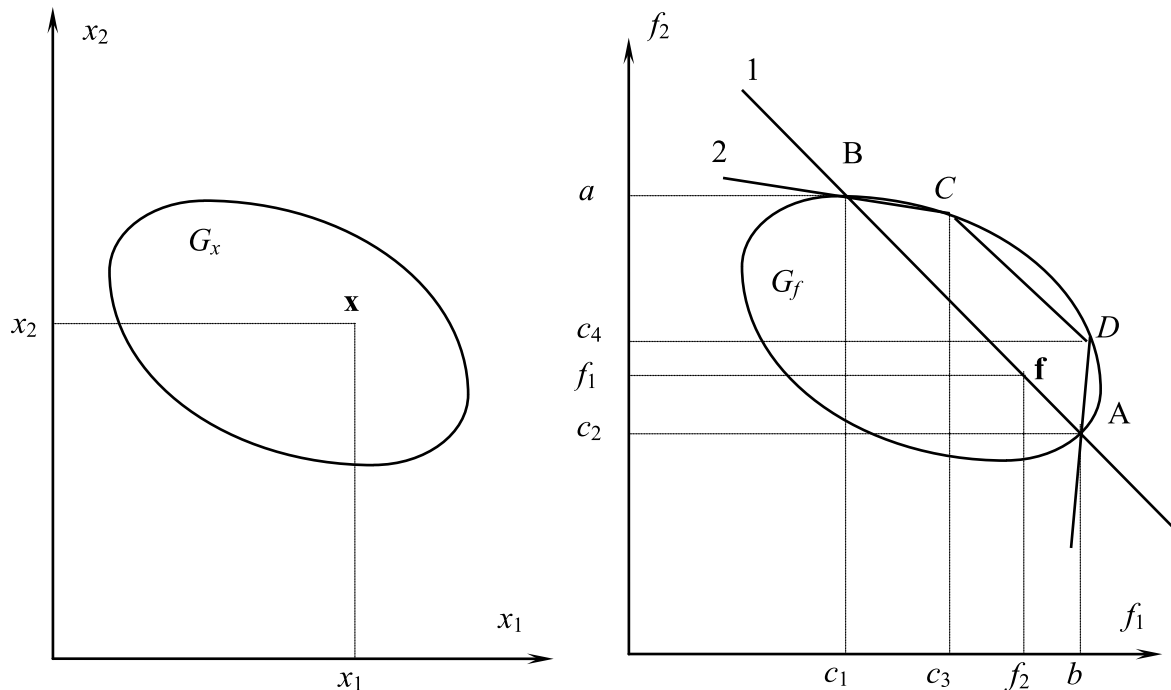


Рис. 2

Приближённое построение множества Парето сводится к последовательному решению задач математического программирования. Опишем одну из возможных схем расчёта. Зафиксируем желательные значения критериев  $f_1$  и  $f_2$ :  $f_1 = c_1, f_2 = c_2$ .

Значения  $c_1$  и  $c_2$  должны принадлежать множеству достижимости.

Решив две оптимизационные задачи:

I.  $f_1(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \mathbf{x} \in G_x, f_2(\mathbf{x}) = c_2;$

II.  $f_2(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \mathbf{x} \in G_x, f_1(\mathbf{x}) = c_1,$

определим точки  $A$  и  $B$  (рис. 2). Проведя через них прямую 1, получим простейшую аппроксимацию множества Парето. Для уточнения последнего можно определить ещё две точки —  $C$  и  $D$ , принадлежащие этому множеству и соответствующие решениям нижеследующих задач:

III.  $f_1(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \mathbf{x} \in G_x, f_2(\mathbf{x}) = c_4;$

IV.  $f_2(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \mathbf{x} \in G_x, f_1(\mathbf{x}) = c_3.$

Значения  $c_3$  и  $c_4$  также должны принадлежать множеству достижимости. Ломаная ADCB будет следующим приближением множества Парето. При

$$a \leq x_1 \leq b; \quad c \leq x_2 \leq d;$$

$$f_1(x_1, x_2) \approx \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2; \quad f_2(x_1, x_2) \approx \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

построение множества Парето сводится к последовательному решению следующих двух задач *линейного* программирования:

1. Определить неотрицательные значения  $x_1, x_2$ , доставляющие максимум целевой функции  $f_1(x_1, x_2) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2$  при ограничениях

$$x_1 \geq a, \quad x_1 \leq b, \quad x_2 \geq c, \quad x_2 \leq d;$$

$$\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 = c_2.$$

2. Определить неотрицательные значения  $x_1, x_2$ , доставляющие максимум целевой функции  $f_2(x_1, x_2) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$  при ограничениях

$$x_1 \geq a, \quad x_1 \leq b, \quad x_2 \geq c, \quad x_2 \leq d;$$

$$\alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 = c_1.$$

Решение этих задач производится с использованием метода штрафных функций Эрроу-Гурвица.

На основе экспериментальных данных в качестве области  $G_x$  принимался прямоугольник, соответствующий  $-1 \leq X_1 \leq -0,6; 0,4 \leq X_2 \leq 0,8$ . При этом в области  $G_f$  (рис. 4):

$$3900 \leq \rho \leq 3950; \quad 140 \leq R_{сж} \leq 150.$$

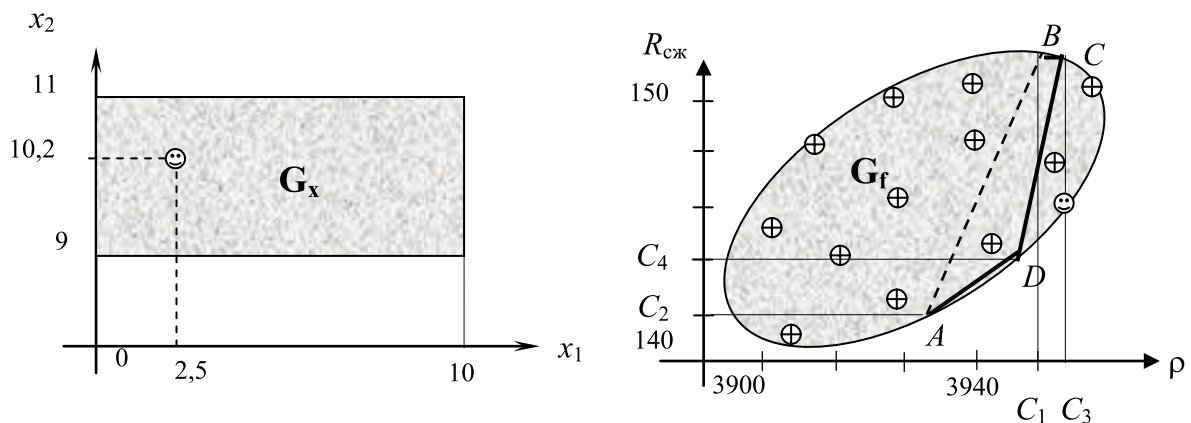


Рис. 3. Области  $G_x$  и  $G_f$ , множество Парето

На рисунке 3 множеству Парето в первом приближении соответствует отрезок AB (принято:  $c_1 = 3950; c_2 = 142$ ); второе приближение — ломаная ADCB ( $c_3 = 3955; c_4 = 144$ ).

Эффективность метода подтверждается приводимыми на рис. 4 линиями уровня  $\rho(X_1, X_2) = \text{const}$  (ветвь гиперболы),  $R_{сж}(X_1, X_2) = \text{const}$  (парабола) квадратичных моделей целевых функций, позволяющими в качестве оптимальных принять  $x_1 = 2,5; x_2 = 10,2$ .

Соответствующие им значения плотности и предела прочности:

$$\rho = 3955, \quad R_{сж} = 145.$$

Получение информации о множестве Парето будет достаточным при решении и многих других аналогичных задач материаловедения.

Описанный способ применим и в случае большего числа переменных и частных критериев качества [4,5].

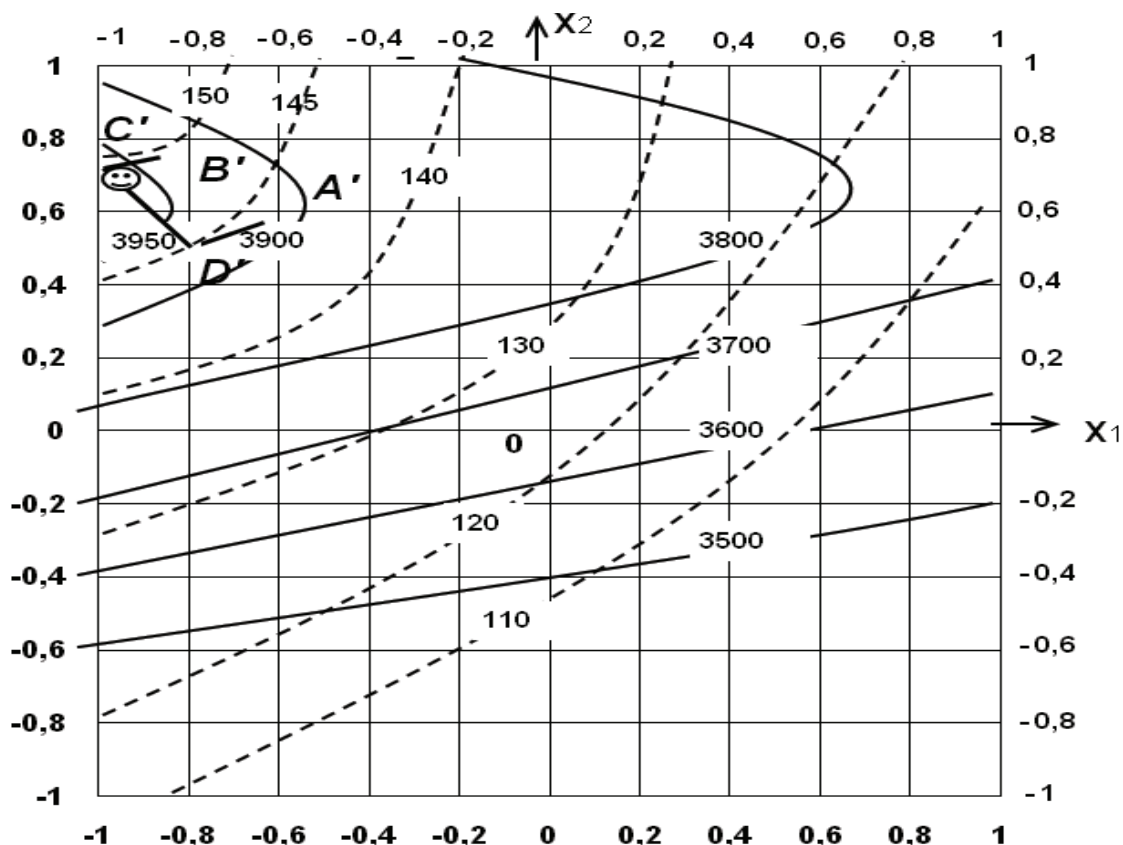


Рис. 4. Линии уровня  $\rho(X_1, X_2) = \text{const}$ ,  $R_{сж}(X_1, X_2) = \text{const}$

Литература:

1. Прошин А. П., Данилов А. М., Гарькина И. А., Королев Е. В., Смирнов В. А. Синтез строительных материалов со специальными свойствами на основе системного подхода / Известия ВУЗов. Строительство. — 2003. — № 7. — с. 43–47.
2. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Пылайкин С. А. Подходы к многокритериальности сложных систем / «Молодой ученый». — № 6 (53), 2013. — с. 40–43.
3. Гарькина И. А., Данилов А. М., Петренко В. О. Проблема многокритериальности при управлении качеством сложных систем / Мир транспорта и технологических машин. № 2 (41). 2013. — с. 123–130.
4. Данилов А. М., Гарькина И. А. Методология проектирования сложных систем при разработке материалов специального назначения / Известия ВУЗов. Строительство. — 2011. — № 1. — с. 80–85.
5. Будылина Е. А., Гарькина И. А. Данилов А. М. Моделирование с позиций управления в технических системах / Региональная архитектура и строительство. № 2 (16). 2013. — С. 138–143.

## Четырехчастотный метод мониторинга волоконных решеток Брэгга

Денисенко Евгений Петрович, старший преподаватель;

Денисенко Павел Евгеньевич, аспирант

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева

*В работе исследовались особенности применения многочастотной рефлектометрии для создания усовершенствованного метода измерения параметров физических полей. Методами виртуального моделирования проведен анализ четырехчастотного метода рефлектометрии и предложены рекомендации по внедрению методов в различные области применения волоконно-оптических датчиков.*

**Ключевые слова:** волоконная решетка Брэгга, четырехчастотный метод рефлектометрии, температура, механическое напряжение.

В настоящее время существует множество электронных и оптических систем измерения физических параметров. Проблематика электронных систем с технической точки зрения заключается в повышении их помехоустойчивости и обеспечения возможности работы в различных погодных условиях, а с экономической точки зрения — в минимизации используемых аппаратных средств, снижении стоимости оборудования и его программного обеспечения. Существуют также оптоволоконные приборы в которых стеклянные волокна используются в качестве линейных датчиков. Физические воздействия на оптоволокно, такие как: температура, давление, сила натяжения — локально изменяют характеристики пропускания света и как следствие, приводят к изменению характеристик сигнала обратного отражения. В основе измерительных систем на основе оптоволоконных датчиков используется сравнение спектров и интенсивностей исходного лазерного излучения и излучения, рассеянного в обратном направлении, после прохождения по оптоволокну. Проблематика данных систем заключается в слишком большом количестве факторов по всей длине волоконного кабеля, которые изменяют исходный сигнал.

Для решения возникающих задач предложена система измерения физических параметров на основе волоконных решеток Брэгга и четырехчастотного метода рефлектометрии.

Современный этап развития рефлектометрических систем направлен на дальнейшее улучшение их характеристик, изыскание новых принципов зондирования и регистрации рефлектометрической информации, разработку высокоточных измерительных преобразователей и базируется на использовании систем с непрерывным излучением. Такой акцент объясняется, во-первых, энергетической эквивалентностью импульсного зондирования с высокой пиковой мощностью и малой длительностью импульса и непрерывного зондирования с малой мощностью излучения и большим временем наблюдения, во-вторых, отработанной методикой получения пространственно-разрешенных измерений, основанной на методе линейной частотной модуляции, в-третьих, значительным прогрессом

в области создания высокотехнологичной и недорогой элементной базы (источников излучения с большой длиной когерентности, широкополосных устройств управления параметрами излучения и быстродействующих фотоприемных устройств). Подавляющее большинство непрерывных рефлектометрических систем представляют собой гомодинные системы, в которых несущие частоты опорных и измерительных каналов совпадают. Такие системы обладают простой конструкцией и возможностью непосредственного выделения и регистрации информационного сигнала. Однако в процессе фотоэлектрического преобразования в них существенную роль играют шумовые характеристики источников излучения и фотоприемников, низкочастотные шумы характерные для структурных узлов, что значительно ухудшает метрологические характеристики, а также функциональные возможности указанных систем [1].

Решение проблем гомодинных рефлектометрических систем основано на использовании многочастотных методов. В этом случае, системы преобразуются в гетеродинные, у которых частоты опорных и измерительных каналов не совпадают, а смещение частот достигается за счет использования устройств формирования многочастотного лазерного излучения. Гетеродинные системы можно разделить на два типа несимметричные и симметричные. Для несимметричных систем характерно сохранение опорной частоты в опорном канале и наличие сдвинутой относительно нее измерительной, либо наличие двух измерительных частот, одна из которых совпадает с опорной, в измерительном канале. Для симметричных систем характерно сохранение опорной частоты в опорном канале и наличие двух измерительных частот, симметрично сдвинутых относительно опорной.

Простая решетка Брэгга имеет оптический спектр отражения в форме узкой резонансной линии, длина волны которой зависит от внешнего воздействия температуры и механического напряжения на волокно. Зависимость направления и величины частотного смещения полосы пропускания оптического датчика от температуры и механического напряжения определяется формулой (1).

$$\Delta\lambda = 2n\lambda \left( \left\{ 1 - \left( \frac{n^2}{2} \right) [P_{12} - v(P_{11} + P_{12})] \right\} \varepsilon + \left[ \alpha + \frac{1}{n} \frac{dn}{dT} \right] \Delta T \right), \quad (1)$$



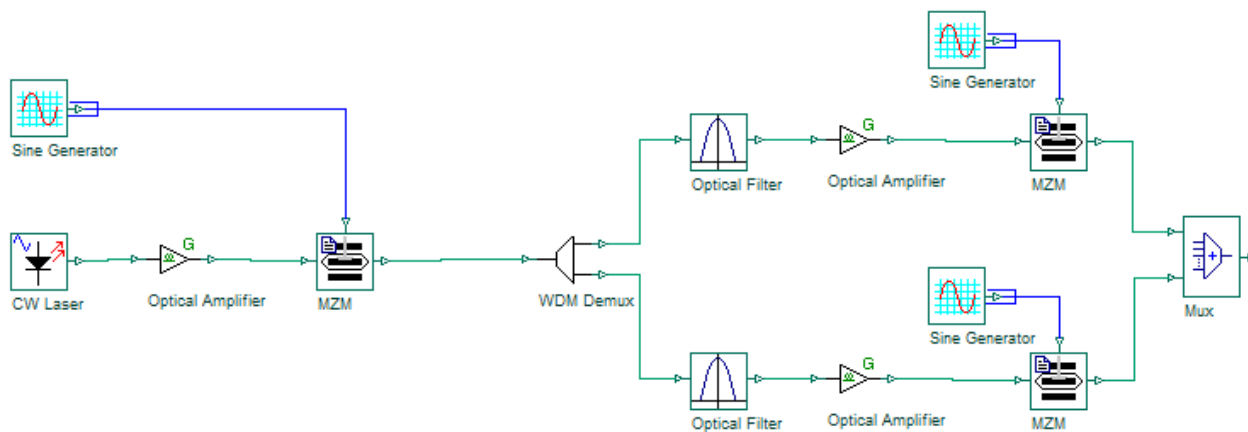


Рис. 1. Схема четырехчастотного источника измерительного сигнала на основе модуляторов Маха-Цендера

где  $\Delta T$  — изменение температуры,  $\epsilon$  — приложенное механическое напряжение (в данном случае равно нулю),  $P_{ij}$  — коэффициенты Поккельса для упруго-оптического тензора,  $\nu$  — коэффициент Пуассона,  $\alpha$  — коэффициент теплового расширения кварцевого стекла,  $n$  — эффективный показатель преломления основной моды [2]. Измеряя сдвиг резонансной линии отражения, можно определить и вариации внешнего воздействия, например, изменение температуры или механического напряжения.

Для измерения параметров физических полей с помощью источника лазерного излучения одновременно генерируют четыре сигнала одинаковой амплитуды со средней частотой (рис. 1) [3], соответствующей центральной частоте полосы пропускания волоконной решетки Брэгга, используемой в качестве оптического датчика, при заданном значении параметра физического поля. Первая пара сигналов сформирована из первого и второго сигналов, вторая — из третьего и четвертого. При этом разностные частоты пар  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  не одинаковы.

Затем передают сгенерированные пары сигналов к оптическому датчику по первой оптической среде, в качестве которой выбран первый волоконно-оптический кабель. В сгенерированных парах сигналов, проходящих через оптический датчик, происходит изменение амплитуд отдельных составляющих в зависимости от направления и величины частотного смещения его полосы пропускания, вызванного приложенным физическим полем и однозначно определяемого параметром данного поля.

Принцип работы модели волоконно-оптического датчика (ВОД) заключается в обработке сигнала от источника после прохождения через решетку Брэгга и анализе амплитуды выходного сигнала. Данная система может применяться без учета фазовой составляющей источника зондирующего сигнала, т. к. определение величины и направления смещения полосы пропускания решетки Брэгга относительно центральной длины волны происходит по характеристике разности пар  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  (рис. 2) [4].

Для оценки влияния нестабильности амплитуды источника сигнала были проведены 5 циклов моделирования в различных режимах зондирующего сигнала. В режиме 1 нестабильность амплитуды источника сигнала равна нулю, в режиме 2—1 %, в режиме 3—2 %, в режиме 4—5 %, в режиме 5—10 % (рис. 3).

Проведенное исследование показало, что отклонение результатов измерений от режима 1 менее 1 % (0,5 %) наблюдается только при режиме 2. Таким образом рекомендуемый источник лазерного излучения должен иметь нестабильность амплитуды излучения не более 1 %.

Описан четырехчастотный метод измерения параметров физических полей. Представлена зависимость амплитуд огибающих биений сигналов первой и второй пары, прошедших через оптический датчик. Рассмотрена работа устройства для измерения параметров физических полей на основе четырехчастотного метода рефлектометрии. А также представлена структурная схема устройства.

Произведено исследование датчика на основе ВРБ с помощью моделирования в среде Optisystem 7.0. Эксперимент заключался в виртуальном моделировании смещения центральной длины волны решетки Брэгга, тем самым имитируя воздействие параметров физических полей. Сдвиг ВРБ центральной длины волны решетки осуществлялся в диапазоне 1547—1553 нм. Полученная нелинейная характеристика зависимости наиболее точно и с наименьшей погрешностью отражает результат измерения.

Произведено исследование четырехчастотного метода на устойчивость. Произведено моделирование системы на основе четырехчастотного метода с различной погрешностью зондирующего сигнала. Показаны измерительные характеристики четырехчастотного метода в различных режимах зондирующего сигнала.

Главным результатом работы является нахождение способов повышения точности методов мониторинга волоконно-оптических сетей связи и их элементов, в частности разработка четырехчастотного метода мониторинга волоконных решеток Брэгга.

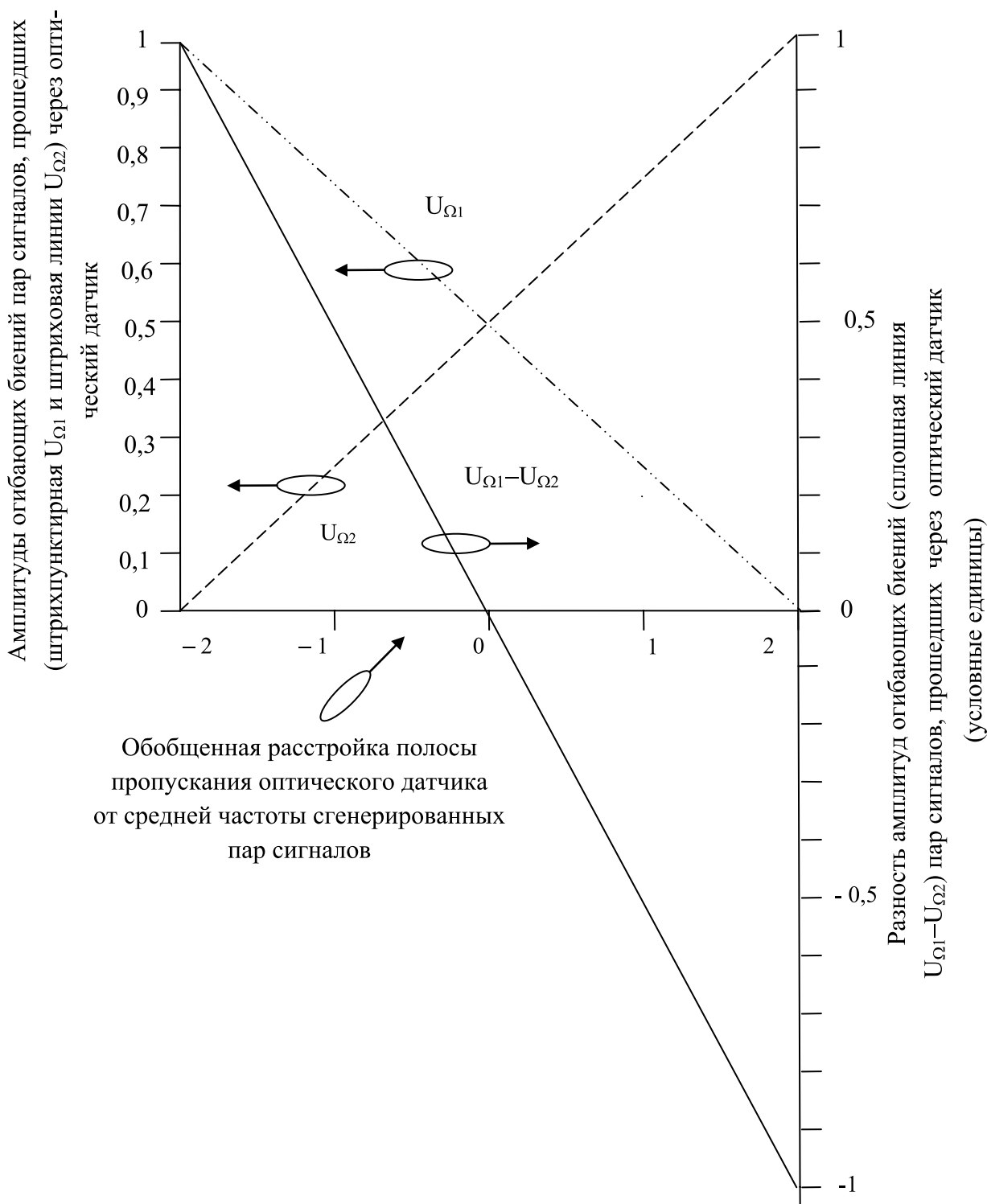


Рис. 2. Измерительные характеристики четырехчастотного метода рефлектометрии

Литература:

1. Д. Л. Айбатов, О. Г. Морозов, Ю. Е. Польский. Основы рефлектометрии // Новое знание. 2008. С. 56.
2. С. А. Васильев, О. И. Медведков, И. Г. Королев, Е. М. Дианов, Фотоиндуцированные волоконные решетки показателя преломления и их применения, Фотон-Экспресс-Наука, 6, стр. 163–183, 2004.
3. Денисенко П. Е. Выбор метода зондирования волоконных решеток Брэгга со специальными формами спектров/ П. Е. Денисенко, Т. С. Садеев // Тезисы докладов Международной молодежной научной конференции «XX Ту-повлевские чтения». — Т.IV. — 2012. — Казань. — С. 274–275.

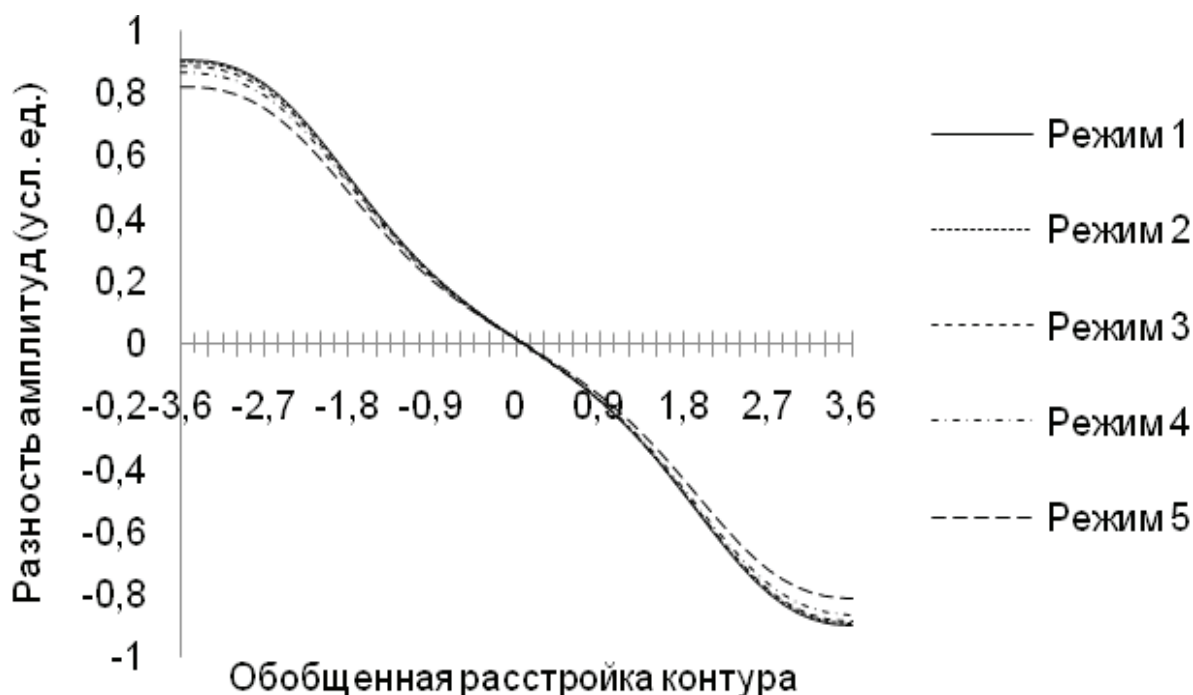


Рис. 3. Характеристика зависимости смещения центральной длины волны ВРБ от величины амплитуды отраженного сигнала

- МПК G01K 11/32 (2006/01). Устройство для измерения параметров физических полей / Денисенко П.Е., Куприянов В. Г., Морозов О. Г., Морозов Г. А., Садеев Т. С., Салихов А. М. (КНИТУ им. А. Н. Туполева). № 2012124693/28 (037831); Заявл. 14.06.2012.

## Определение теплопроводности слоев новой конструкции многослойной стены малоэтажных зданий

Емельянова Татьяна Александровна, младший научный сотрудник

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А.

Денисова Алла Павловна, доктор технических наук, профессор

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.

Одним из критериев современного проектирования многослойных конструкций стен является обеспечение их энергоэффективности. Основным параметром при определении приведенного сопротивления теплопередачи и соответственно определением теплотерь через стены является коэффициент теплопроводности. В ранее опубликованных работах авторов было описано конструктивное решение новой многослойной конструкции стены, состоящей из пяти слоев: двух внешних несущих слоев из армированного торкрет-бетона, двух контактных слоев и среднего слоя из органического утеплителя — прессованных соломенных блоков [1].

Коэффициент теплопроводности определялся для конструктивного и теплоизоляционного слоев экспериментально на базе лаборатории «Эксплуатационная надеж-

ность строительных материалов и конструкций. Секция Бетоны и растворы» Балаковского института техники, технологии и управления (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю. А. (БИТТиУ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю. А.).

Так как конструкция стены многослойная, то определение теплопроводности производилось для каждого слоя.

В процессе определения теплопроводности следующие задачи:

- отбор образцов из торкрет-бетона;
- изготовление образцов для определения теплопроводности соломы;
- испытание образцов с помощью специального оборудования.



Рис. 1. Электронный измеритель теплопроводности ИТП МГ-4

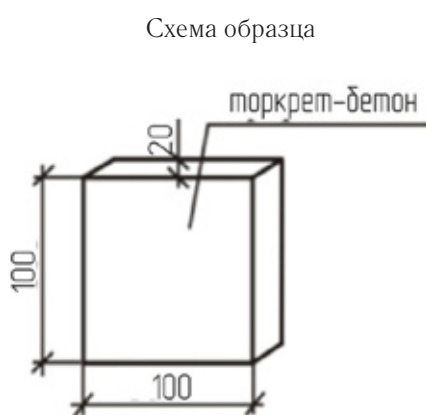


Рис. 2. Установка образца торкрет-бетона в установку ИТП МГ-4

Для определения теплопроводности слоев использовался электронный измеритель теплопроводности ИТП МГ-4 (рис. 1).

Отбор торкрет-бетонных образцов для испытания производился из большеразмерного фрагмента стены, с помощью УШМ 230/2000 выпиливались три образца размерами 100x100x20 мм.

Сущность метода испытания заключалась в создании теплового потока, направленного перпендикулярно к наибольшей стороне образца определенной толщины, измерении плотности стационарного теплового потока и температур на противоположных гранях образца. Температура помещения лаборатории составляла 22 °С.

Теплопроводность торкрет-бетона определялась на образцах, высушенных до постоянной массы при температуре 110°С в сушильном шкафу согласно методике ГОСТ 7076–99 [2]. Перед испытанием образцы выдерживались в помещении лаборатории в течение двух часов. Определение теплопроводности торкрет-бетона производилось методом стационарного теплового потока.

В установку для нагрева (рис. 2) укладывали выпиленный образец из торкрет-бетона. Далее на клавиатуре электронного блока вводились высота образца.

Длительность нагрева установки составила 150 мин.

Максимальная температура нагрева 51,3°С.

Усредненные показания прибора коэффициента теплопроводности торкрет-бетона составили  $\lambda=0,438$  Вт/м°С.

Торкрет-бетон относится к мелкозернистым бетонам, нанесенным под высоким давлением. Так как в качестве наполнителя используется только песок, то структура получается более однородной, чем у традиционных мелкозернистых и тяжелых бетонов, а поры более мелкие, замкнуты и равномерно-распределенные. Таким образом, по структуре и мелкозернистому составу торкрет-бетон приближается к раствору ПЦ.

Изначально определение теплопроводности соломы производилось методом теплового зонда на приборе ИТП МГ-4. Для этого был изготовлен образец с размерами 150x150x150 мм (рис. 3). В центре образца было сделано отверстие диаметром 8 мм. И на глубину 80 мм был установлен зонд. После введения соответствующих характеристик, прибор показаний не дал. Это обусловлено, прежде всего, неоднородностью структуры материала, наличием большого количества воздуха. Поэтому было решено определить теплопроводность соломы методом стационарного потока.

Поэтому для определения теплопроводности соломы были изготовлены трехслойные образцы, которые со-



Рис. 3. Определение теплопроводности соломы методом зонда

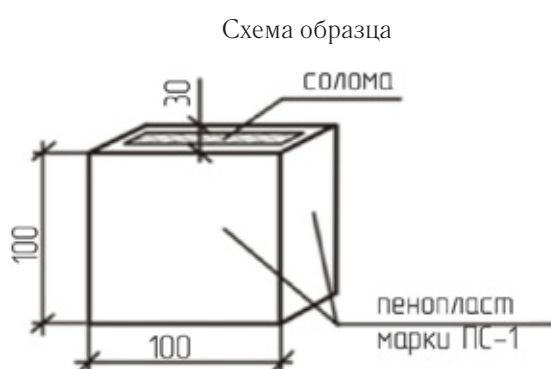


Рис. 4. Установка образца в установку ИТП МГ-4

стояли из двух слоев пенопласта толщиной по 10 мм и одного слоя соломы толщиной 10 мм (рис. 4.). Размеры образцов составляли 100x100x30 мм.

Длительность нагрева установки составила 115 мин. Максимальная температура нагрева 33,4°C. Усредненные показания прибора коэффициента теплопроводности образцов составили  $\lambda = 0,1$  Вт/м°C.

По приложению 1 [2]  $\lambda_{\text{диска}}$  определяется по следующей формуле:

$$\lambda_{\text{диска}} = \lambda_t \frac{100}{S_1} + 0,062 \left(1 - \frac{100}{S_1}\right), \quad (1)$$

где  $\lambda_t$  — коэффициент теплопроводности, вычисленный прибором Вт/м°C.

$S_1$  — площадь образца диска, см<sup>2</sup>;  
 Теплопроводность торкрет-бетона:  $\lambda_{\text{диска}} = 0,438$  Вт/м°C;  
 Теплопроводность соломы составила:  $\lambda_{\text{диска}} = 0,1 - 0,041 = 0,059$  Вт/м°C,  
 где 0,041 Вт/м°C — теплопроводность пенопласта.

*Результаты испытаний приведены в табл. 1*

На основе экспериментальных данных получены достоверные результаты коэффициентов теплопроводности торкрет-бетона и соломы. При этом впервые экспериментально определен коэффициент теплопроводности мелкозернистого торкрет-бетона, который в 2 раза ниже, чем коэффициент теплопроводности бетона, изготовленный обычным способом.

Таблица 1. Определение коэффициента теплопроводности слоев новой конструкции

Данные эксперимента, $\lambda_t$ Вт/м°C	Данные по СП 23-101-2004, $\lambda_t$ Вт/м°C	Данные эксперимента, $\lambda_t$ Вт/м°C	Данные ТУ 5768-001-85608424-2008 $\lambda_t$ Вт/м°C
Торкрет-бетон 0,438 Вт/м°C	Мелкозернистый бетон 0,84 Вт/м°C	Органический материал 0,059 Вт/м°C	Органический материал 0,05-0,06 Вт/м°C

Литература:

1. Емельянова Т. А., Денисова А. П. Оценка долговечности новой многослойной конструкции стены малоэтажных зданий // Молодой ученый. № 12 (47). 2012. С. 61–64.
2. ГОСТ 7076–99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме (действующая редакция)
3. СП 23–101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий (действующая редакция)
4. ТУ 5768–001–85608424–2008. Тюки соломенные прессованные строительные теплоизоляционные. Волжский: ООО «Соломинка — Дом», 2008.

## Применение адаптивных фильтров для анализа сигналов

Калыгина Любовь Александровна, кандидат технических наук, доцент;  
Савенкова Вероника Вячеславовна, магистр техники и технологии  
Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых

Статья посвящена цифровым адаптивным фильтрам, параметры которых автоматически подстраиваются под статистические свойства обрабатываемого сигнала. Это позволяет создавать системы обработки сигналов, успешно функционирующие в присутствии помех. Рассмотрим сигнал, представляющий собой сумму гармонических составляющих с неизвестными амплитудами и фазами. Задан набор частот возможных гармонических составляющих. Требуется определить:

1. Наличие определенной составляющей в исходном сигнале;
2. При наличии составляющей — определить ее амплитуду и начальную фазу.

Для решения задачи предлагается использовать адаптивные фильтры.

Пусть входной дискретный случайный сигнал  $x(k)$  обрабатывается нерекурсивным дискретным фильтром порядка  $N$ , коэффициенты которого представлены вектор-столбцом  $w = [w_0, w_1, \dots, w_N]^T$ . Выходной сигнал фильтра равен:

$$y(k) = u^T(k)w,$$

где  $u(k) = [x(k), x(k-1), \dots, x(k-N)]^T$  — вектор-столбец отсчетов входного сигнала. Также есть образцовый сигнал  $d(k)$ . Ошибка воспроизведения образцового сигнала — разница между образцовым сигналом  $d(k)$  и выходом фильтра  $y(k)$  с коэффициентами  $w$  равна:

$$e(k) = d(k) - y(k) = d(k) - u^T(k)w. [1, с. 47]$$

Необходимо найти такие коэффициенты фильтра  $w$ , которые обеспечивают максимальную близость выходного сигнала фильтра к образцовому, то есть минимизируют ошибку  $e(k)$ . Так как  $e(k)$  является случайным процессом, в качестве меры ее величины принимается средний квадрат. Соответственно, целевая функция выглядит так:

$$J(w) = \overline{e^2(k)} \rightarrow \min. [1, с. 60]$$

Квадрат ошибки равен:

$$e^2(k) = (d(k) - u^T(k)w)^2 = d(k)^2 - 2d(k)u^T(k)w + w^T u(k)u^T(k)w$$

Статистически усредняя это выражение, получаем следующее:

$$J(w) = \overline{d^2(k)} - 2\overline{d(k)u^T(k)}w + w^T \overline{u(k)u^T(k)}w.$$

Входящие в полученную формулу усредненные величины имеют следующий смысл:

$$\overline{d^2(k)} = \sigma_x^2 — \text{средний квадрат образцового сигнала};$$

$\overline{d(k)u^T(k)} = p^T$  — транспонированный вектор-столбец  $p$  взаимных корреляций между  $k$ -м отсчетом образцового сигнала и содержимым линии задержки фильтра (входным сигналом);

$\overline{u(k)u^T(k)} = R$  — корреляционная матрица сигнала размера  $(N+1)(N+1)$ . Для стационарного случайного процесса корреляционная матрица имеет вид матрицы Топлиса, то есть на ее диагоналях стоят одинаковые величины [3, с. 280]:

$$R = \begin{bmatrix} R_x(0) & R_x(1) & R_x(2) & \dots & R_x(N) \\ R_x(1) & R_x(0) & R_x(1) & \dots & R_x(N-1) \\ R_x(2) & R_x(1) & R_x(0) & \dots & R_x(N-2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_x(N) & R_x(N-1) & R_x(N-2) & \dots & R_x(0) \end{bmatrix},$$

где  $R_x(m) = \overline{x(k)x(k-m)}$  — корреляционная функция случайного процесса  $\{x(k)\}$ .

С учетом введенных обозначений целевая функция принимает следующий вид:

$$J(w) = \sigma_x^2 - 2p^T w + w^T R w.$$

Данное выражение представляет собой квадратичную форму относительно  $w$  и потому при невырожденной матрице  $R$  имеет единственный минимум, для нахождения которого необходимо приравнять нулю вектор градиента:

$$\text{grad}J(w) = -2p + 2Rw = 0.$$

Отсюда получаем искомое решение для оптимальных коэффициентов фильтра:

$$w = R^{-1}p.$$

Подстановка этого выражения в конечную формулу целевой функции даёт минимально достижимую дисперсию сигнала ошибки:

$$\overline{e^2(k)}_{\min} = \sigma_x^2 - p^T R^{-1} p.$$

Для нахождения минимума целевой функции можно использовать метод наискорейшего спуска. При использовании данного способа оптимизации вектор коэффициентов фильтра  $w(k)$  должен рекурсивно обновляться следующим образом:

$$w(k+1) = w(k) - \frac{\mu}{2} \text{grad}J(w(k)) = w(k) + \mu p - \mu R w(k),$$

где  $\mu$  — положительный коэффициент, называемый размером шага.

Алгоритм сходится, если  $0 < \mu < \frac{2}{\lambda_{\max}}$ , где  $\lambda_{\max}$  — максимальное собственное число корреляционной матрицы  $R$ . [1, с. 69] Скорость сходимости при этом зависит от разброса собственных чисел корреляционной матрицы  $R$ : чем меньше отношение  $\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}$ , тем быстрее сходится итерационный процесс.

Однако для расчета градиента необходимо знать значения матрицы  $R$  и вектора  $p$ . На практике могут быть доступны лишь оценки этих значений, получаемые по входным данным. Простейшими такими оценками являются мгновенные значения корреляционной матрицы и вектора взаимных корреляций, получаемые без какого-либо усреднения:

$$\hat{R}(k) = u(k)u^T(k);$$

$$\hat{p}(k) = d(k)u(k).$$

При использовании данных оценок формула вычисления  $w(k+1)$  принимает следующий вид:

$$w(k+1) = w(k) - \mu d(k)u(k) - \mu u(k)u^T(k)w(k) = w(k) + \mu u(k)(d(k) - u^T(k)w(k)).$$

Выражение, стоящее в скобках, представляет собой разность между образцовым сигналом и выходным сигналом фильтра на  $k$ -м шаге, то есть ошибку фильтрации  $e(k)$ . Таким образом, выражение для рекурсивного обновления коэффициентов фильтра оказывается достаточно простым:

$$w(k+1) = w(k) + \mu e(k)u(k).$$

Алгоритм адаптивной фильтрации, основанный на этой формуле, получил название МНК (метод наименьших квадратов или LMS — LeastMeanSquare,).

Анализ сходимости алгоритма МНК показывает, что верхняя граница для размера шага  $\mu$  в данном случае является меньшей, чем при использовании истинных значений градиента. Эта граница примерно равна

$$\mu_{\max} \approx \frac{2}{(N+1)\sigma_x^2}$$

где  $\sigma_x^2$  — средний квадрат входного сигнала фильтра. [2, с. 320]

Исследования сигналов с использованием алгоритма МНК проводились на модели, реализованной в пакете в Matlab.

Далее приводятся результаты работы программы для фильтра 12000 порядка. Частота дискретизации анализируемого сигнала равна  $6/3600=1, (6)*10^{-3}$  Гц. Полоса пропускания фильтра по уровню 3 дБ составляет  $2,3*10^{-7}$  Гц или  $1,4*10^{-4}$  частоты дискретизации. Графики на рисунках 1–2 соответствуют двум гармоническим составляющим, одна из которых входит в полосу пропускания фильтра, а вторая не входит; сигнал на выходе адаптивного фильтра после 4000-го отсчета совпадает с тестовым. На рисунке 3 показана ошибка фильтрации в случае, когда тестовый сигнал не совпадает ни с одной частотой. Таким образом, адаптивный фильтр можно использовать для определения факта наличия или отсутствия заданной гармонической составляющей во входном сигнале.

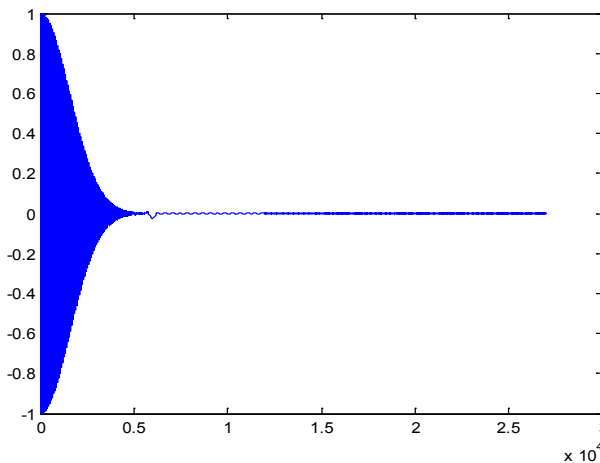


Рис. 1. Ошибка фильтрации (образцовый сигнал соответствует частоте одного сигнала)

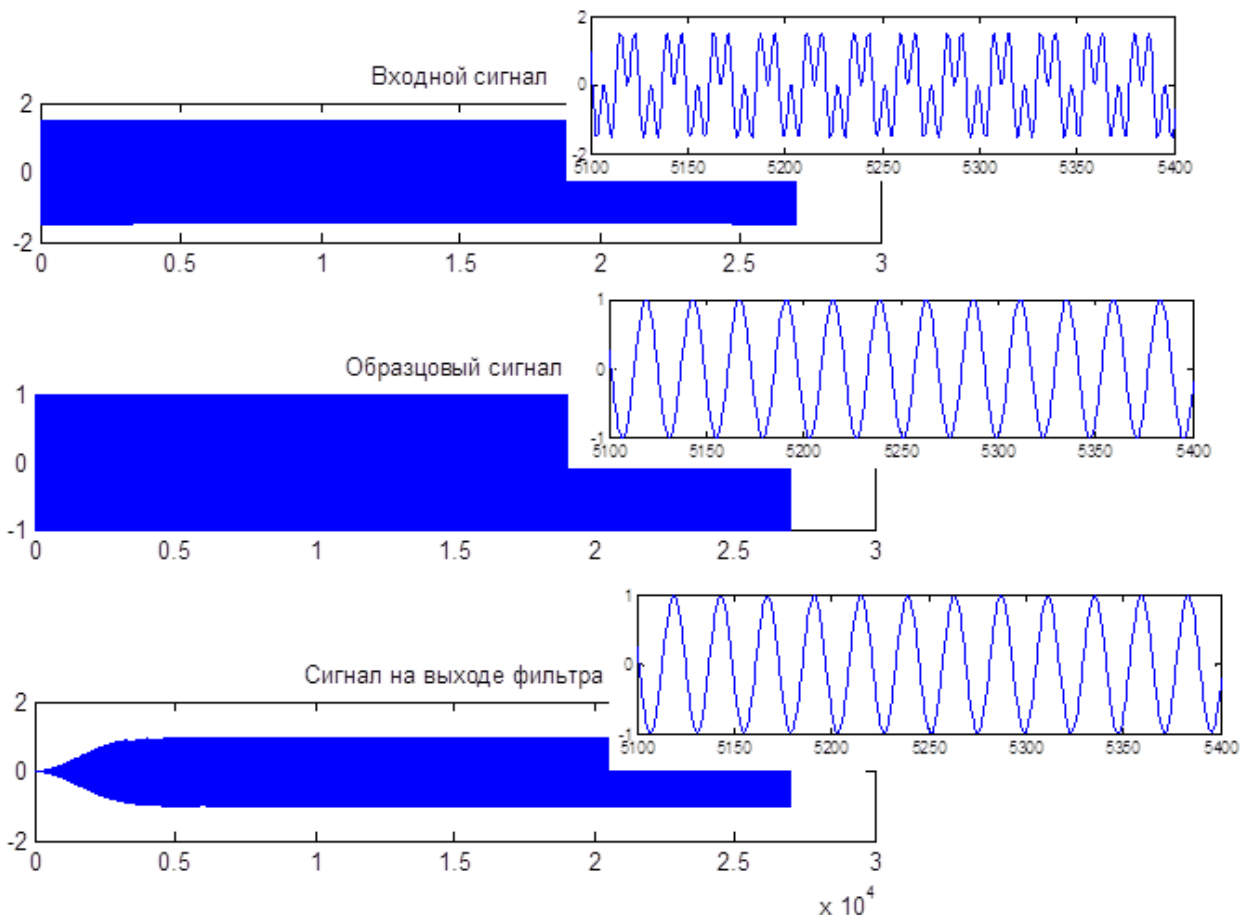


Рис. 2. Входной сигнал, образцовый сигнал и сигнал на выходе фильтра (образцовый сигнал соответствует частоте одного сигнала)



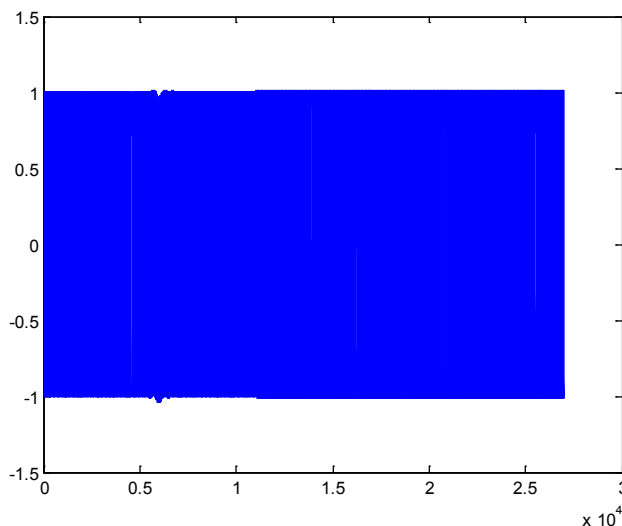


Рис. 3. Ошибка фильтрации (образцовый сигнал не соответствует частотам входного сигнала)

На рисунках 4–5 показаны ошибка фильтрации и сигналы для случая, когда оба сигнала находятся в полосе пропускания фильтра (разница частот составляет  $10^{-7}$ ). Очевидно, что адаптивный фильтр позволяет определить наличие сигнала заданной частоты и в случае присутствия сигнала близкой частоты; при этом увеличивается время установления выходного сигнала (переходного процесса).

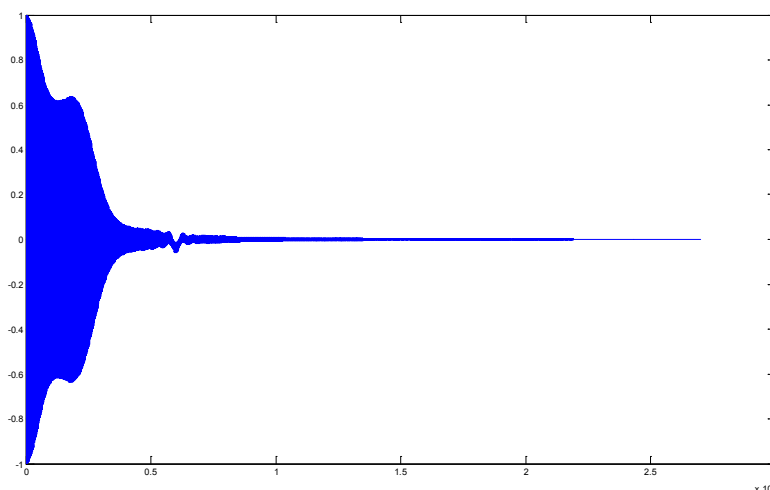


Рис. 4. Ошибка фильтрации (двухчастотный входной сигнал с частотами в полосе фильтра)

В рассмотренных выше экспериментах начальная фаза и амплитуда тестовых сигналов равна фазе и амплитуде образцового сигнала. При изменении начальной фазы или амплитуды тестовых сигналов выходной сигнал фильтра совпадает с тестовым, т. е. действительно выполняется минимизация ошибки выходного сигнала фильтра и образцового сигнала. Очевидно, что для определения амплитуды и начальной фазы сигнала необходимо проанализировать АЧХ и ФЧХ фильтров.

Для установления степени влияния на результаты фильтрации начальной фазы входного сигнала сравниваются частотные характеристики фильтров при подаче входного сигнала с начальной фазой, совпадающей с начальной фазой образцового сигнала, и со сдвигом фазы  $\Delta\varphi$ .

Образцовый сигнал:  $d(k) = \sin(2\pi f_1 t)$ . По полученным коэффициентам фильтра для входного сигнала со сдвигом  $x(k) = \sin(2\pi f_1 t + \Delta\varphi)$  и для входного сигнала без сдвига фазы  $x_1(k) = \sin(2\pi f_1 t)$  (назовем его базовым) рассчитываются частотные характеристики фильтров:

- $h$  — комплексный коэффициент передачи фильтра при обработке сигнала со сдвигом фаз;
- $h_1$  — комплексный коэффициент передачи фильтра при обработке сигнала без сдвига.

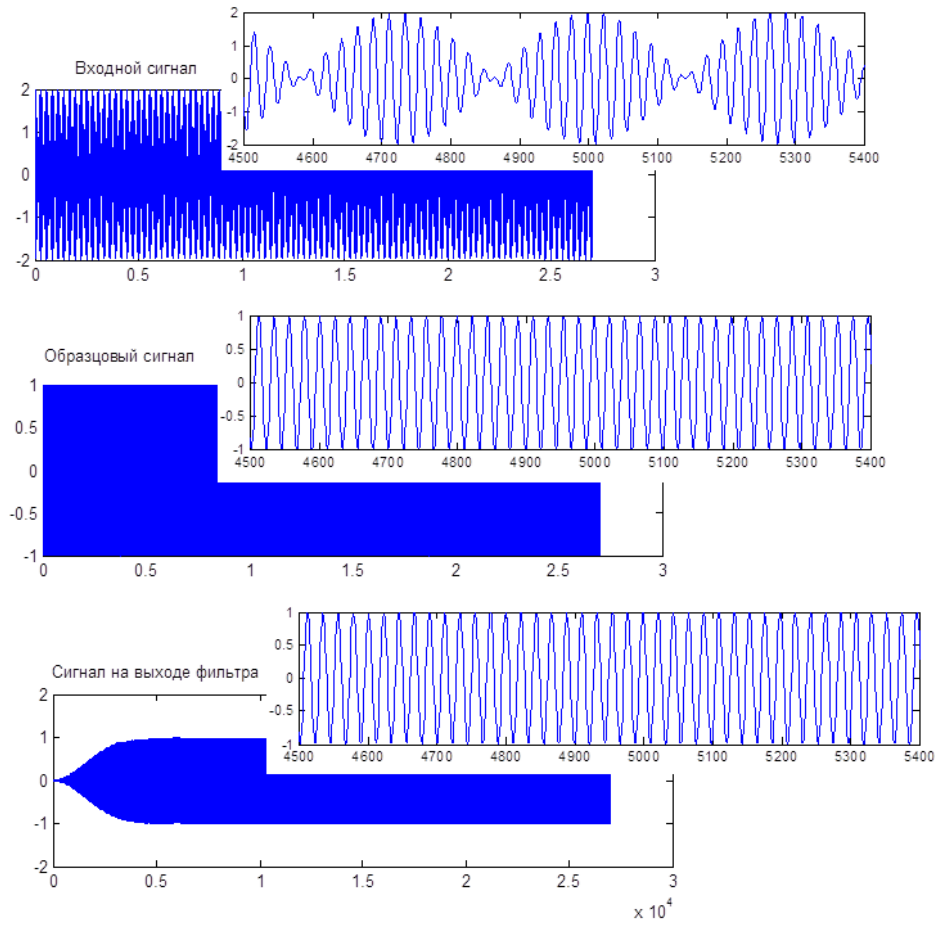


Рис. 5. Входной сигнал, образцовый сигнал и сигнал выходе фильтра (двухчастотный входной сигнал с частотами в полосе фильтра)

На рисунке 6 показаны ФЧХ фильтров. Видно, что ФЧХ фильтра, полученная для сигнала со сдвигом фазы, сдвинута относительно ФЧХ базового фильтра.

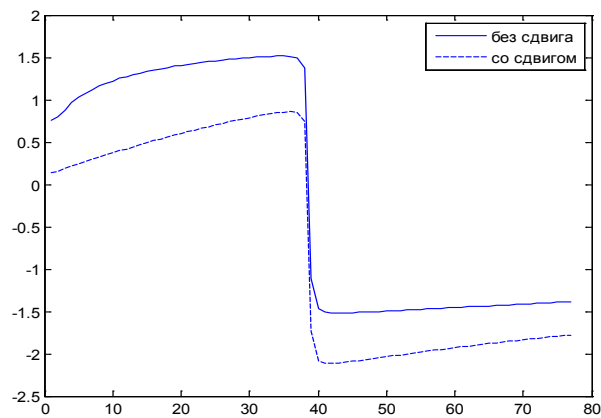


Рис. 6. Фазовые характеристики фильтра для сигнала со сдвигом фаз и без него

Сдвиг фазы сигнала можно вычислить усреднением разности ФЧХ в диапазоне определения ФЧХ:

$$\Delta\varphi = \frac{\sum_{k=0}^{M-1} \varphi - \sum_{k=0}^{M-1} \varphi_1}{M},$$

где  $\varphi = \text{Im}(\log(h))$ ,  $\varphi_1 = \text{Im}(\log(h_1))$ .

Зависимость ошибки определения начальной фазы сигнала от величины сдвига показана на рисунке 7.

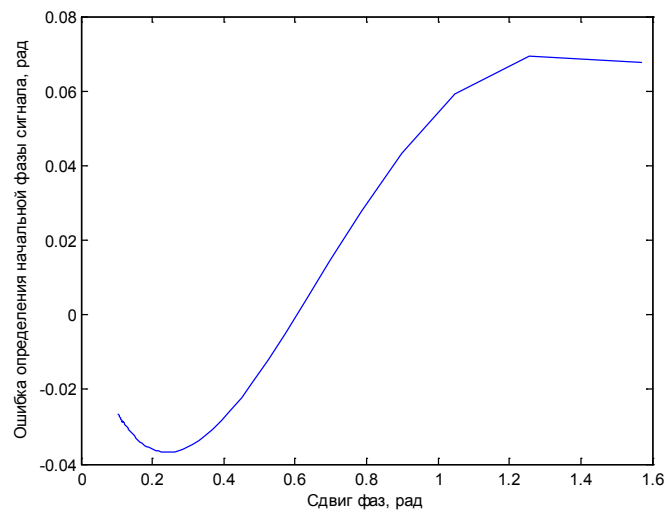


Рис. 7. Ошибка определения начальной фазы

На рисунке 8 показана зависимость ошибки определения фазы для случая суммы двух гармонических сигналов, входящих в полосу фильтра.

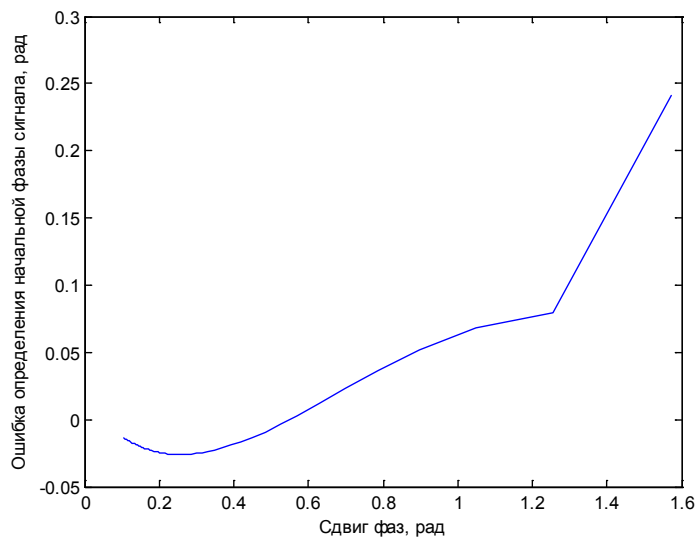


Рис. 8. Ошибка определения начальной фазы для суммы двух частот

Путем последовательной коррекции начальной фазы образцового сигнала можно точно определить начальную фазу тестируемого сигнала; нулевая ошибка соответствует сдвигу  $\pi/5$ .

Для определения амплитуды входного сигнала необходимо рассчитать:

- реакцию фильтра  $q$  на образцовый сигнал для коэффициентов фильтра  $w$ , полученных для заданного входного сигнала;
- реакцию фильтра  $q_1$  на образцовый сигнал для коэффициентов фильтра  $w_1$ , полученных для образцового сигнала с единичной амплитудой.

Тогда амплитуда сигнала  $A$  может быть определена по формуле:

$$A = \frac{\sum_{k=0}^{M-1} q_1}{\sum_{k=0}^{M-1} q}$$

На рисунке 9 показаны графики изменения заданной амплитуды и рассчитанной амплитуды. Таким образом, можно сделать вывод о корректности описанного алгоритма расчета амплитуды сигнала и возможности определения амплитуды исследуемой гармонической составляющей с помощью адаптивного фильтра.

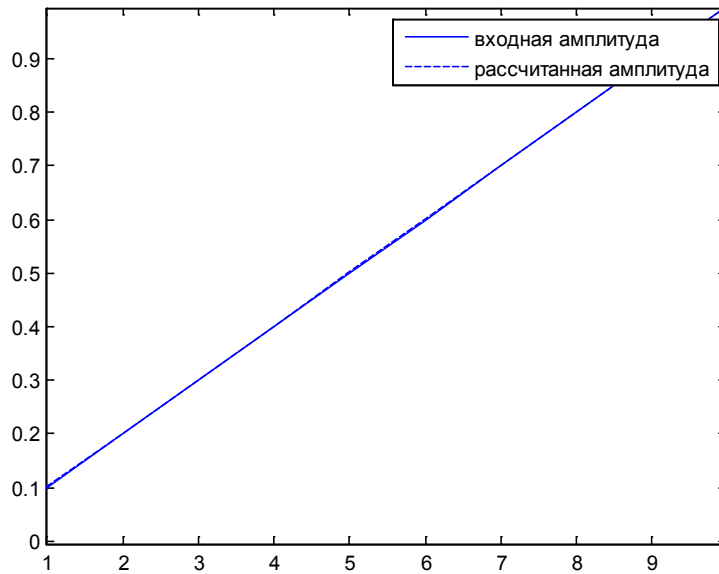


Рис. 9. Входная и рассчитанная амплитуда

Проведенные исследования показали, что адаптивные фильтры могут быть использованы для анализа параметров составляющих суммы гармонических сигналов. Сначала надо определить наличие сигнала заданной частоты в исходном сигнале. Затем определяется сдвиг начальной фазы исследуемого сигнала относительно образцового сигнала, в результате изменяется начальная фаза образцового сигнала. По модифицированному образцовому сигналу определяется амплитуда исследуемого сигнала.

Литература:

1. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. Под ред. К.Ф. Н. Коуэна и П. М. Гранта. — М.: Мир, 1988. — 392 с.
2. Naykin S. Adaptive Filter Theory, 5th edition. / Prentice Hall, 2012. — 936 p.
3. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. / Под ред. Д. Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 2000. — 800 с.

## Методы ранговой корреляции в маркетинге

Капустин Андрей Егорович, студент;

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Ограничимся тремя основными задачами статистического анализа связей между ранжировками в маркетинговых исследованиях.

*Анализ структуры совокупности упорядочений.* Если точки  $x_k$  разбросаны равномерно по всей области их возможных значений  $1 \leq x_k^{(i)} \leq n, i = \overline{1, n}$ , то связь (согласованность) между ранжировками  $X_k = (x_k^{(1)}, x_k^{(2)}, \dots, x_k^{(n)})$ ,  $k = \overline{0, p}$  практически отсутствует. Если имеется ядро (сгусток близко лежащих друг от друга точек), то имеется согласованность переменных. При наличии нескольких ядер можно говорить о наличии нескольких подмножеств переменных с высокой степенью взаимосвязей между входящими в ядра переменными.

*Анализ интегральной (совокупной) согласованности переменных и их условная ранжировка по критерию степени тесноты связи каждой из них с остальными переменными.* Такая задача возникает при определении степени согласованности мнений экспертов, и условном упорядочении экспертов по их компетентности. В основе анализа лежит определение коэффициента совокупной согласованности — коэффициента конкордации для различных комбинаций переменных.

*Регрессия на порядковых (ординальных) переменных.* Здесь осуществляется наилучшее (в определённом смысле) восстановление ранжировки  $X_0 = (x_0^{(1)}, x_0^{(2)}, \dots, x_0^{(n)})^T$ , связанной с результирующей переменной  $y = x_0$ , по ранжировкам  $X_1, X_2, \dots, X_p$  (соответствуют объясняющим переменным  $x_1, x_2, \dots, x_p$ ).

**Ранжирование признаков.** При решении этих задач используется установленная между двумя качественными признаками изделия связь, когда каждый из этих признаков допускает лишь относительное сравнение различных изделий («лучше» — «хуже») без указания численных значений признаков [1,2]. Если выборка изделий  $O^{(i)}, i = \overline{1, n}$ , сравнивается по каждому из  $p + 1$  признаков  $y = x_0; x_1, x_2, \dots, x_p$  (порядковых переменных), то результатом измерения каждой из порядковых переменных является приписывание каждому из обследованных объектов некоторой условной числовой метки, обозначающей место объекта в ряду из всех  $n$  анализируемых объектов (упорядочение по убыванию степени проявления в них  $k$ -го,  $k = \overline{0, p}$ , изучаемого свойства). Число  $x_k^{(i)}$ , определяющее место  $O^{(i)}$  по  $k$ -му признаку, и будет рангом  $i$ -го объекта по  $k$ -му признаку (табл. 1).

Таблица 1

Порядковый номер объекта	Порядковый номер исследуемой переменной (свойства)						
	0	1	2	...	k	...	p
1	$x_0^{(1)} = y^{(1)}$	$x_1^{(1)}$	$x_2^{(1)}$	...	$x_k^{(1)}$	...	$x_p^{(1)}$
2	$x_0^{(2)} = y^{(2)}$	$x_1^{(2)}$	$x_2^{(2)}$	...	$x_k^{(2)}$	...	$x_p^{(2)}$
⋮				...		...	
i	$x_0^{(i)} = y^{(i)}$	$x_1^{(i)}$	$x_2^{(i)}$	...	$x_k^{(i)}$	...	$x_p^{(i)}$
⋮				...		...	
n	$x_0^{(n)} = y^{(n)}$	$x_1^{(n)}$	$x_2^{(n)}$	...	$x_k^{(n)}$	...	$x_p^{(n)}$

Столбец с номером  $k, k = \overline{0, p}$ , указанной таблицы представляет собой перестановку из  $n$  натуральных чисел  $1, 2, \dots, n$ , определяющую порядковые места объектов  $O^{(1)}, O^{(2)}, \dots, O^{(n)}$  в ряду, упорядоченном по свойству  $x_k$ .

**Неполные последовательности рангов.** При маркетинговых исследованиях часто используются так называемые неполные последовательности рангов. Приведем задачу определения стратегии предприятия, выпускающего цемент семи сортов с учётом предпочтения покупателей, а также исходя из упорядочений суждений нескольких покупателей. Предполагается, что предприятием при предварительной оценке покупателям предоставляются не все сорта цемента (например, с целью экономии времени и средств). Каждый сорт цемента оценивается одинаковое число раз, а каждая пара — по одному разу. Таким образом, все элементы сопоставляются одинаковое число раз (табл.2). В каждой последовательности отсутствуют оценки 4-х сортов.

Таблица 2

Покупатели	Сорт цемента						
	1	2	3	4	5	6	7
1	+	+		+			
2		+	+		+		
3			+	+		+	
4				+	+		+
5	+				+	+	
6		+				+	+
7	+		+				+

Оценки покупателей приведены в табл. 3.

Согласованность мнений покупателей оценивалась по коэффициенту конкордации:

$$W = \frac{(4-6)^2 + (4-6)^2 + (6-6)^2 + (6-6)^2 + (8-6)^2 + (8-6)^2}{(3-6)^2 + (4-6)^2 + (5-6)^2 + (6-6)^2 + (7-6)^2 + (8-6)^2 + (9-6)^2} = 0,571$$

Если из общего числа  $n$  объектов в эксперименте каждый раз содержится  $k$  объектов и каждый из них участвует в эксперименте в общей сложности  $m$  раз, то всего будет  $\frac{m}{k}$  групп. При этом в каждой группе будет сопоставляться

Таблица 3

Покупатели	Сорт цемента						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	1		3			
2		2	3		1		
3			1	2		3	
4				1	3		2
5	1				2	3	
6		1				2	3
7	1		2				3
$\sum_{j=1}^3 x_j$	4	4	6	6	6	8	8

между собой  $\frac{1}{2}k(k-1)$  пар; общее число сопоставлений равно  $\frac{1}{2}m(k-1)$ ; общее число групп, в которых встречается заданная пара элементов  $\lambda = \frac{m(k-1)}{n-1}$  ( $\lambda$  — целое число;  $m(k-1)$  должно делиться на  $(n-1)$  без остатка;  $m$  должно делиться на  $k$  без остатка; эти условия накладывают ограничения на числа, используемые при составлении такого рода планов экспериментов). В рассмотренном примере  $n = 7, k = 3$  ( $m$  должно делиться на 3). При этом  $\lambda = 1$ .

В общем случае  $W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m x_{ij} - \bar{x}_\Sigma \right)^2}{\lambda^2 n(n^2 - 1)}$  (для рассмотренного примера  $W = \frac{12 \cdot 16}{1^2 \cdot 7(7^2 - 1)} = 0,571$ ).

**Диаграммы предпочтений.** Рассмотрим на конкретном примере. Эксплуатирующей организации поочередно предлагались по два из 6 видов теплоизоляционного материала (всего  $C_6^2 = 15$  пар). Каждый раз фиксировалось, какой материал потребителем используется в первую очередь (табл.4).

Таблица 4

Вид материала	Вид материала					
	1	2	3	4	5	6
1	-	1	1	0	1	1
2	0	-	0	1	1	0
3	0	1	-	1	1	1
4	1	0	0	-	0	0
5	0	0	0	1	-	1
6	0	1	0	1	0	-

Запись 1 в клетке, находящейся на пересечении столбца 2 и строки 1, означает, что материал 1 предпочтительнее 2, а запись 0 в клетке, находящейся на пересечении столбца 4 и строки 1, означает, что материал 4 предпочтительнее материала 1.

Система предпочтений оценивалась по диаграмме (объекты от 1 до 6 располагаются по вершинам правильного многоугольника; если 1 предпочтительнее 2, то стрелка направлена от 1 к 2 вдоль линии 1–2 (рис. 1)).

Здесь всего 5 циклов предпочтения по трём объектам:

- 1 → 2 → 4 → 1
- 1 → 3 → 4 → 1
- 2 → 5 → 6 → 2
- 1 → 6 → 4 → 1
- 1 → 5 → 4 → 1

(5 несовместимых ситуаций; обычно, если 1 → 2, 2 → 4, то 1 → 4, а здесь имеем 4 → 1).

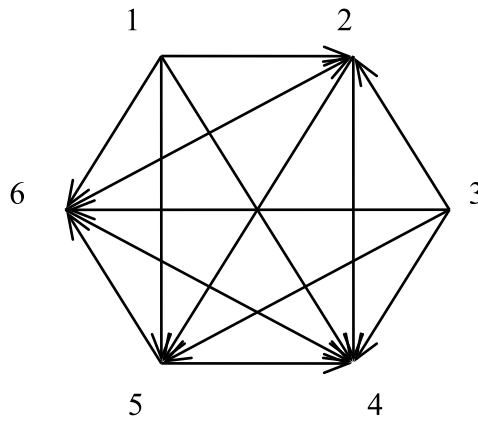


Рис. 1

Коэффициент совместности:  $S = 1 - \frac{24d}{n^3 - n}$  ( $n$  — нечётно);  $S = 1 - \frac{24d}{n^3 - 4n}$  ( $n$  — чётно),

$d = \frac{1}{12} n(n-1)(2n-1) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \left( \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2$  — число обнаружившихся циклов предпочтений по трём объектам;

$\sum_{i=1}^n x_{ij}$  — сумма чисел по строкам.

В рассматриваемом случае  $d = \frac{1}{12} 6(6-1)(2 \cdot 6 - 1) - \frac{1}{2} (4^2 + 2^2 + 4^2 + 1 + 2^2 + 2^2) = 5$ ;

$$S = 1 - \frac{24 \cdot 5}{6^3 - 4 \cdot 6} = 0,375.$$

Циклы предпочтений по всем объектам отсутствуют (ранговые оценки удаётся упорядочить тогда и только тогда, когда  $S = 1$ !).

**Согласованность между предпочтениями экспертов.** Рассмотрим задачу определения согласованности мнений покупателей о качестве продукции на примере оценки кровельного материала. В эксперименте участвовали  $m$  покупателей (экспертов), каждый из которых рассматривал все возможные пары из  $n$  объектов и определял  $C_n^2$  предпочтений. В таблице, аналогичной указанной выше, при  $x \rightarrow y$  вписывается 1 в клетку, расположенную на пересечении строки с номером  $x$  и столбца с номером  $y$ . Затем определяется количество единиц в каждой клетке (от 0 до  $m$ ). Если эксперты единодушны, то  $C_n^2$  клеток будут содержать по  $m$  единиц, а в остальных — нули. Если в клетке, находящейся

на пересечении строки с номером  $x$  и столбца с номером  $y$ , стоит число  $\gamma_{ij}$ , то  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{\gamma_{ij}}^2$  определяет общее число случаев, в которых у пары экспертов одинаковые оценки. Полная согласованность в предпочтениях экспертов достигается

при коэффициенте согласия  $U = 1$ . В общем случае справедливо  $U = \frac{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{\gamma_{ij}}^2}{C_m^2 C_n^2} - 1 = \frac{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{\gamma_{ij}}^2}{m(m-1)n(n-1)} - 1$ .

Определялись предпочтения относительно использования 5 видов кровли, высказанные 21 покупателем (табл.5).

Таблица 5

Вид кровли	1	2	3	4	5	S
1	-	14	11	14	24	53
2	7	-	14	13	15	49
3	10	7	-	11	13	41
4	7	8	10	-	13	38
5	7	6	8	8	-	29
					Итого:	210

$$\text{Здесь: } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{\gamma_{ij}}^2 = c_6^2 = 4C_7^2 + 3C_8^2 + 2C_{10}^2 + 2C_{11}^2 + 3C_{13}^2 + 4C_{14}^2 + C_{15}^2 = 1086;$$

$$U = \frac{8 \cdot 1086}{21 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 4} - 1 = 0,034$$

(согласованность между предпочтениями покупателей практически отсутствует).

Таким образом, при маркетинговых исследованиях формализация оценок эффективно может производиться методами ранговой корреляции. Приведенный подход также успешно использовался при выборе модификаторов для серных композитов [3], изучении флокулообразования в дисперсных системах [4], когнитивном моделировании композитов [5].

Литература:

1. Бudyлина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М. Моделирование с позиций управления в технических системах / Региональная архитектура и строительство. — 2013. — № 2 (16). — С. 138–143.
2. Бudyлина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Махонин А. С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях / Молодой ученый. — 2013. — № 5. С. 42–45.
3. Гарькина И. А. Модификаторы для серных композитов специального назначения / Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. — 2008. — Т.51. № 5. — С. 70–75.
4. Гарькина И. А., Данилов А. М., Смирнов В. А. Флокуляция в дисперсных системах / Системы управления и информационные технологии. — 2008. — № 2.3 (32). — с. 344–347.
5. Гарькина И. А., Данилов А. М., Королев Е. В. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных материалов как сложных систем / Известия ВУЗов. Строительство. — 2009. — № 3/4. — с. 30–37.

## Автоматизация расчета дополнительного источника тепла

Костин Дмитрий Александрович, аспирант;

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор;

Кожанова Евгения Романовна, кандидат технических наук, доцент

Балаковский институт техники, технологии и управления, филиал Саратовского государственного технического университета имени Ю. А. Гагарина

При проектировании теплоэнергетических комплексов, в основе которых лежат когенерационные установки, нужно учитывать, что в течение года расход теплоты на отопление (либо другие нужды) будет различным. Так в летний период — отопление отсутствует и естественно при этом вырабатывать тепло для данного потребителя нет необходимости, а в зимний период и в частности, когда минимальная температура наружного воздуха опускается ниже своей средней величины — тогда расход тепла на отопление максимальный. Из этого следует, что расход тепла на отопление в течение года изменяется от минимального в летний период (возможно его отсутствие) до максимального в зимний период. Это справедливо для средней полосы России. В условиях Севера величина потребления тепла будет определяться месторасположением энергоустановки с учетом климатической зоны.

Количество тепла, необходимое на отопление, будет зависеть от наружной температуры воздуха. Кроме этого для конкретной температуры наружного воздуха — количество тепла, необходимого на отопление, будет постоянным в течение относительно длительного периода времени — сутки или двое. Поэтому из этого следует, что

величину количества тепла необходимого на отопление можно считать величиной постоянной для достаточно длительного периода времени и зависящей только от температуры наружного воздуха.

Достаточность в количестве тепла необходимо рассчитывать в зависимости от конкретных условий потребителя, а именно наружной температуры окружающего воздуха, вида и назначения зданий (жилые, производственные помещения и т. д.) либо технологических нужд производства [1].

Существует три наиболее характерных варианта совместной работы дизель-генератора (ДГ) с системой утилизации и потребителя тепла от системы утилизации (СУ) в зависимости от времени года.

**Первый вариант.** Тепло от СУ ДГ достаточно для обеспечения потребителя теплом, идущего на отопление, горячее водоснабжение или технологические нужды. Например, при расходе тепла на отопление, весной или ранней осенью, когда отопительный сезон только начинается либо заканчивается.

**Второй вариант.** При работе ДГ на среднеэксплуатационных режимах, когда тепла, вырабатываемого СУ



достаточно для потребителя. В данном случае недостаток в тепле от СУ ДГ, при работе ДГ на режимах, при которых, получаемое количество тепла от СУ недостаточно для потребителя, может компенсировать тепловой аккумулятор.

**Вариант третий.** Величина тепловой мощности, необходимой потребителю, превосходит возможности выработки тепла СУ ДГ. Это обстоятельство возможно при зимней эксплуатации ДГ с СУ, а также при пиковых минимальных температурах наружного воздуха, при котором необходимо обеспечение максимального тепла на отопление, при этом горячее водоснабжение оценивается как неизменное.

Для компенсации разности тепловых мощностей между производимым СУ ДГ и необходимой потребителю устанавливается дополнительный источник тепла (ДИТ), в виде водогрейного котла. ДИТ работает на том же топливе, что и ДГ. Расчет таких дополнительных источников тепла является актуальной задачей энергосбережения.

Расчет количества тепловой энергии ДИТ, которое должен дополнить потребитель ( $Q_{ДИТ}$ ) при его нехватки от системы утилизации (СУ) определяется как:

$$Q_{ДИТ} = Q_{ПОТР} - Q_{СУ}, \quad (1)$$

где  $Q_{ПОТР}$  – тепловая мощность потребителя (определяется расчетом или задается);

$Q_{СУ}$  — теплота, вырабатываемая СУ ДГ, отражающая все составляющие теплового баланса, которые в определенной пропорции зависят от нагрузки на ДГ и вида применяемого топлива. На  $i$ -ом режиме работы ДГ находится по формуле [2]:

$$Q_{СУ}^i = Q_{масла}^i + Q_{жид}^i + Q_{газ}^i, \quad (2)$$

где  $Q_{масла}^i$  – теплота, от охлаждающего масла, на  $i$ -ом режиме работы ДГ

$Q_{жид}^i$  – теплота, от системы охлаждения, на  $i$ -ом режиме работы ДГ,

$Q_{газ}^i$  – теплота, от выпускных газов, на  $i$ -ом режиме работы ДГ.

Особенностью расчета составляющих  $Q_{СУ}^i$  (2) является вычисление количества теплоты каждой составляющей по найденным полиномиальным зависимостям, которые получены в результате аппроксимации экспериментальных данных.

Алгоритм расчета ДИТ представлен на рис. 1. Входными данными для расчета являются тип двигателя, мощность двигателя и тепловая мощность потребителя. На выходе помимо расчета количества тепловой энергии  $Q_{ДИТ}$  делается вывод о целесообразности применения ДИТ.

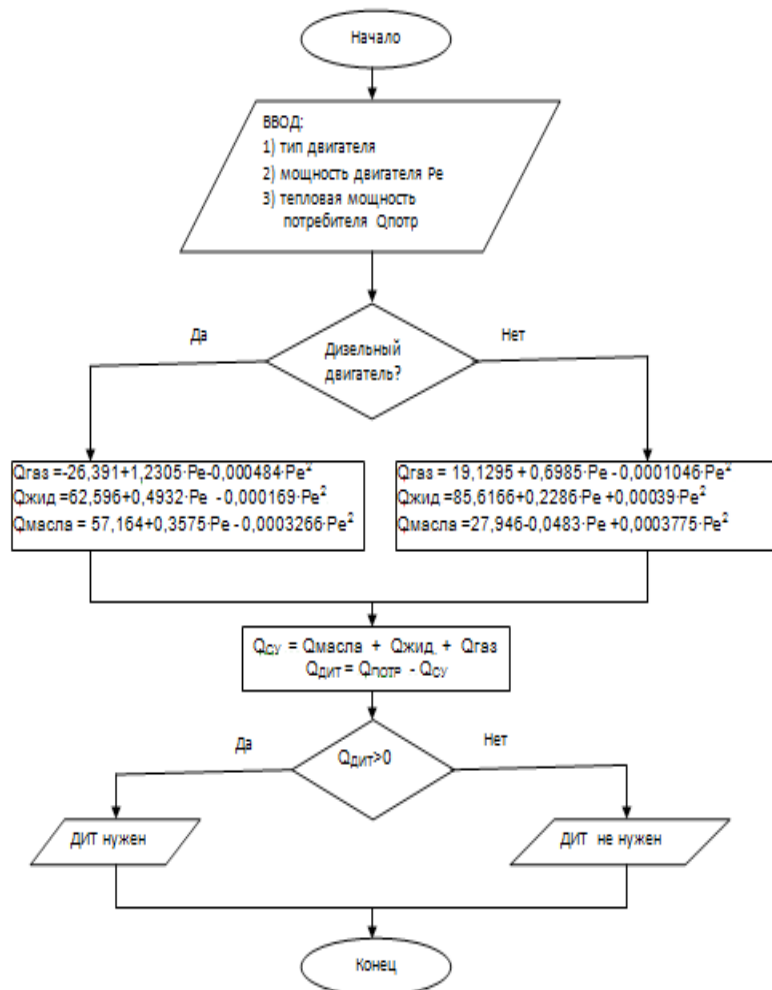


Рис. 1. Алгоритм расчета дополнительного источника тепла (ДИТ)

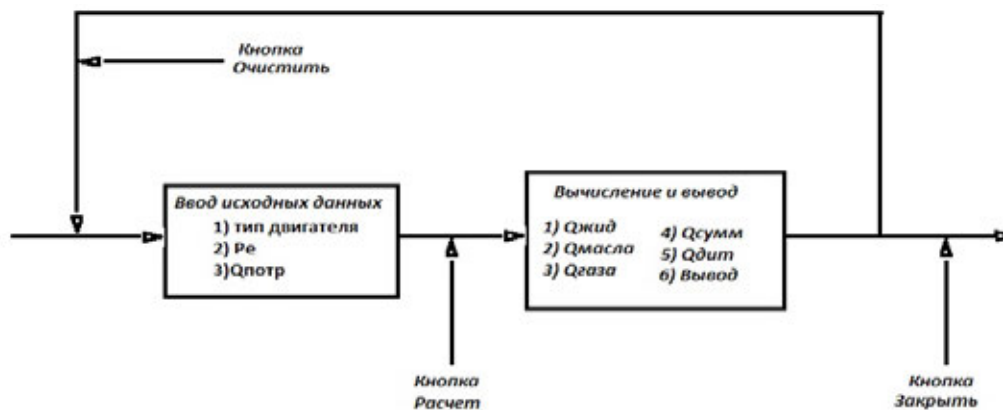


Рис. 2. Диаграмма переходов фокуса управления программой

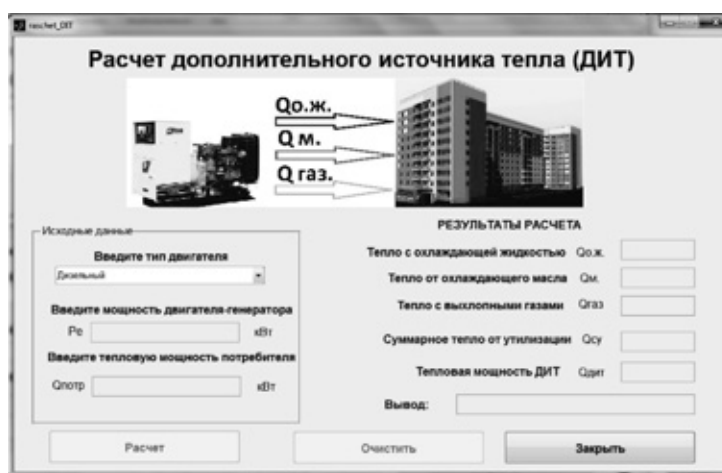


Рис. 3. Окно программы до начала расчета

Для создания программы по расчету ДИТ на основе алгоритма (рис. 1) была построена диаграмма переходов фокуса управления программой, осуществляющей последовательный переход от одного элемента управления программы к другому, что позволяет написать данную программу на любом языке программирования, использующем понятие фокуса (объектно-ориентированные языки программирования).

На основании составленной диаграммы переходов фокуса управления (рис. 2) была разработана программа «Расчет дополнительного источника тепла (ДИТ)», главное окно которой показано на рис. 3. Видно, что до начала работы программы активны только два элемента: поле для выбора типа двигателя и кнопка *Закрывать*.

Рассмотрим ее работу.

**Первый шаг. Выбор типа двигателя.** После выбора типа двигателя, данное поле деактивируется, а поле для ввода мощности двигателя-генератора активируется (в поле появляется курсор). Это есть переход фокуса управления.

**Второй шаг. Ввод мощности двигателя-генератора.** После ввода данных и нажатия *Enter* фокус управления переходит к следующему полю ввода.

**Третий шаг. Ввод тепловой мощности потребителя.** После ввода данных и нажатия *Enter* фокус управления переходит к кнопке *Расчет* (она становится активной).

**Четвертый шаг. Расчет и выдача рекомендации о необходимости ДИТ.** Нажав кнопку *Расчет*, фокус управления последовательно переходит к областям вывода, где выводятся вычисленные значения и вывод о целесообразности применения ДИТ. А фокус управления передается кнопке *Очистить*.

Полученные значения в области *Результаты расчета* главного окна программы сохраняются в файл *rezalt.xls*.

**Пятый шаг. Подготовка к дальнейшим вычислениям.** Для возможности многократных вычислений предусмотрена кнопка *Очистить*, при нажатии на которую все области очищаются, а фокус управления возвращается в начальное положение (рис. 3).

Разработанный программный продукт «Расчет дополнительного источника тепла (ДИТ)» позволяет рассчитать количество теплоты получаемое от системы утилизации и ДИТ для двух типов двигателей — газового и дизельного и сделать вывод о необходимости его применения.

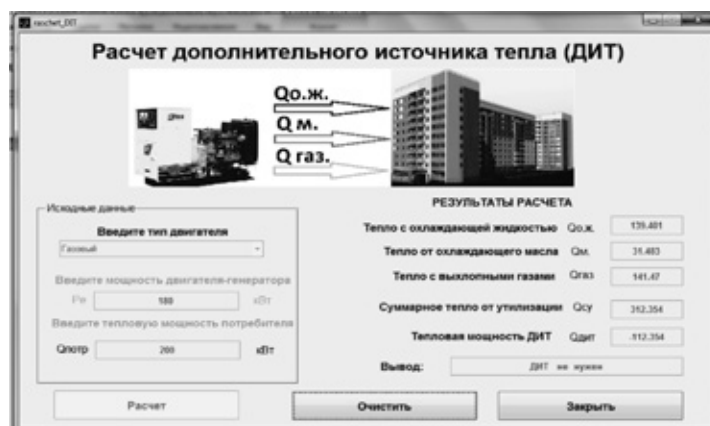


Рис. 4. Окно программы после окончания расчета

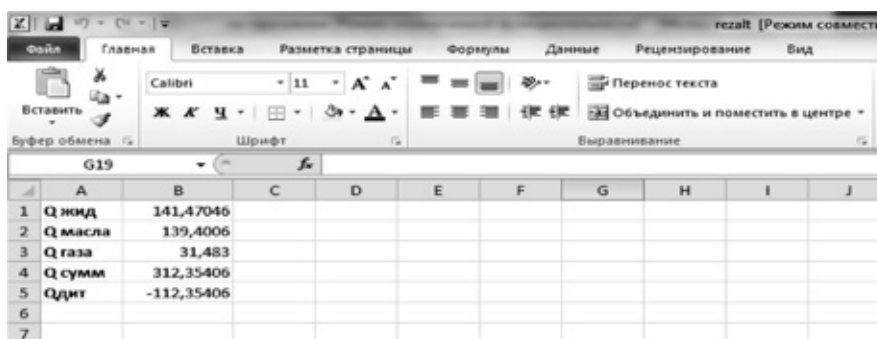


Рис. 5. Сохранение результатов вычислений в файл rezalt.xls

Литература:

1. Разуваев А. В. Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. — 2001. — 128 с.
2. Агафонов А. Н., Разуваев А. В. Совершенствование характеристик энергетических установок на базе двигателей ЧН 21/21 объектов малой энергетики. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. — 2006. — 148 с.

### Изучение процесса формирования материалов при комплексном воздействии динамических нагрузок и разных жидкостно-активных рабочих сред

Кущевский Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
 Кошевко Юлия Владимировна, кандидат технических наук, старший преподаватель  
 Хмельницкий национальный университет (Украина)

Перспектива работы швейной отрасли заключается в увеличении доли отечественных товаров на внутреннем рынке и в росте экспорта продукции собственного производства. Это возможно благодаря внедрению современного оборудования, лицензионных и малооперационных технологий, использование компьютерных технологий на всех этапах изготовления швейных изделий, приобретения опыта работы на основе сотрудничества с зарубежными фирмами-заказчиками.

В последние годы значительное внимание уделяется разработке новых энергосберегающих технологий и оборудования для влажно тепловой обработки изделий, в частности для формирования деталей головных уборов. На кафедре технологии и конструирования швейных изделий Хмельницкого национального университета проводятся исследование в области повышения деформационных свойств не путем повышения температурного воздействия, а увеличением влагопоглощения текстильными ма-

териалами. При этом влагу предлагается использовать не в состоянии газа (пар), а в состоянии жидкости — техническая вода. Предварительные исследования показали эффективность и перспективность жидкостно-активной рабочей среды.

Однако в наше время значительного распространения приобрело использование структурированных вод в медицине, промышленности, сельском хозяйстве. Такое использование положительно влияет на организм человека, но и позволяет улучшать свойства обрабатываемых в ней материалов, повышает эффективность технологических процессов. Это делает возможным использования такой воды в швейной отрасли в процессе формования деталей швейных изделий [1].

Именно поэтому является актуальным изучение существующих разновидностей воды, определения их состава и особенностей влияния на изменение исходных свойств тканей, что даст в дальнейшем возможность оптимизировать рабочую среду и максимально использовать де-

формационные свойства тканей для формирования качественных и конкурентоспособных швейных изделий.

Целью работы является оптимизация формовочных свойств текстильных материалов разного происхождения за счет использования свойств структурированной воды для максимального обеспечения их деформационных свойств.

Предыдущие исследования при воздействии статической нагрузки на деформационные свойства ткани показали, что для выбранных тканей в качестве рабочей среды целесообразно использовать католит, анолит, шунгитовую и кремниевую воды. В последние время в области развития ВТО при формовании и определении деформационных свойств материалов используют динамические нагрузки. Поэтому последующим этапом исследований является изучение формовочных свойств тканей при динамических нагрузках в предложенных рабочих средах (таблица 1, рис 1–2). С этой целью авторами разработан прибор для изучения деформационных свойств текстильных ма-

Таблица 1. Полная деформация и ее составляющие при динамических нагрузках в исследуемых средах тканей пальтово-костюмного ассортимента

Название материала	РАРС	Полная деформация, $\epsilon_r$ , мм	Составляющие полной деформации, мм (%)			
			Условно упругая $\epsilon_{np}$ ( $\Delta\epsilon_{np}$ ) $\Delta\epsilon$	Эластичная $\epsilon_{элл}$ ( $\Delta\epsilon_{элл}$ ) $\Delta\epsilon$	Пластичная $\epsilon_{пл}$ ( $\Delta\epsilon_{пл}$ ) $\Delta\epsilon$	
Пальтовая кашемир (арт. 3506)	НИТЬ ОСНОВЫ	Католит	18,33	6,33 (34,5)	5,0 (27,3)	7,0 (38,2)
		Анолит	22,67	7,33 (32,3)	4,67 (20,6)	10,67 (47,1)
		Кремниевая вода	28,67	3,0 (10,5)	3,67 (12,8)	22,0 (76,7)
		Шунгитовая вода	26,67	4,67 (17,5)	2,33 (8,7)	19,67 (73,8)
		Мягкая вода	20,33	3,67 (18,1)	4,33 (21,3)	12,33 (60,6)
		Медная вода	15,33	5,33 (34,8)	6,33 (41,3)	3,67 (23,9)
		Обычная вода	13,67	6,67 (48,8)	2,33 (17,1)	4,67 (34,2)
	НИТЬ УТЕЧКИ	Католит	24,0	9,33 (38,9)	7,67 (31,9)	7,0 (29,2)
		Анолит	26,67	8,67 (32,5)	3,33 (12,5)	14,67 (55,0)
		Кремниевая вода	30,33	10,33 (34,1)	10,33 (34,1)	9,67 (31,9)
		Шунгитовая вода	28,33	7,67 (27,1)	5,0 (17,6)	15,67 (55,3)
		Мягкая вода	23,67	4,0 (16,9)	8,67 (36,6)	11,0 (46,5)
		Медная вода	20,0	6,0 (30,0)	3,33 (16,7)	10,67 (53,4)
		Обычная вода	16,33	2,67 (16,4)	4,67 (28,6)	9,0 (55,1)
Костюмная «Рогожка» (арт. 43423)	НИТЬ ОСНОВЫ	Католит	18,33	2,33 (12,7)	4,0 (21,8)	12,0 (65,5)
		Анолит	14,67	1,67 (13,4)	3,33 (22,7)	9,67 (65,9)
		Кремниевая вода	12,33	3,33 (27,0)	4,67 (37,9)	4,33 (35,1)
		Шунгитовая вода	13,33	4,33 (32,5)	2,67 (20,0)	6,33 (47,5)
		Мягкая вода	12,67	3,0 (23,7)	5,33 (42,1)	4,33 (34,2)
		Медная вода	19,33	4,0 (20,7)	3,33 (17,2)	12,0 (62,1)
		Обычная вода	11,33	3,67 (32,4)	3,33 (29,4)	4,33 (38,2)
	НИТЬ УТЕЧКИ	Католит	23,33	12,33 (52,9)	8,67 (37,2)	2,33 (9,9)
		Анолит	21,67	11,0 (50,8)	6,0 (27,7)	4,67 (21,6)
		Кремниевая вода	18,67	10,33 (55,3)	6,33 (33,9)	2,0 (10,7)
		Шунгитовая вода	15,33	3,67 (23,9)	2,67 (17,4)	9,0 (58,7)
		Мягкая вода	18,33	1,33 (7,3)	5,33 (29,1)	11,67 (63,7)
		Медная вода	22,67	5,67 (25,0)	4,67 (20,6)	12,33 (54,8)
		Обычная вода	13,67	7,0 (51,2)	5,33 (38,9)	1,33 (9,8)

териалов в условиях воздействия вибрационной нагрузки разных параметров ЖАРС. Устройство есть аналогом релаксометра типа «стойка» главным отличием которого есть обеспечение подачи вибрационного усилия на верхний держатель образца материала. Изменение массы дисбаланса позволяет задать разную амплитуду вибрации при скорости вращения главного вала вибратора в пределах 20–50 об/с. Измерение виброускорения выполнено с помощью устройства Viber — A4427 (Япония), после чего расчетным путем определяется амплитуда и виброускорение вибрации при постоянных частотах вращения вала. Исследования проводили при скорости вращения вала 20 об/с и массе дебалансу 135 граммов.

Из диаграмм видно, что при динамических нагрузках наблюдается значительный рост деформации во всех рабочих средах. Однако максимальных значений она достигает в кремниевой, шунгитовой и мягкой водах. При этом

значения растут для всех тканей в среднем до 35 %. Кроме того, при динамических нагрузках значительно увеличивается часть пластической составляющей деформации (до 50 %) в отмеченных выше рабочих средах.

Таким образом, установлено, что увеличение нагрузки в использованных водах приводит к росту деформации. В связи с тем что проведение такого исследования является достаточно трудоемким процессом — исследованы две ткани: ткань пальтовую арт. 3506, ткань костюмная арт. 43423 и рабочие среды в которых они проявляют максимальные деформационные свойства. В предыдущих исследованиях таблица 1, рисунок 1–2 были установлены наиболее эффективные рабочие среды в виде католита и кремневой воды.

Входными факторами процесса деформации тканей при динамической нагрузке выбраны масса дисбалансов ( $x1$ ), и скорость вращения вала ( $x2$ ).

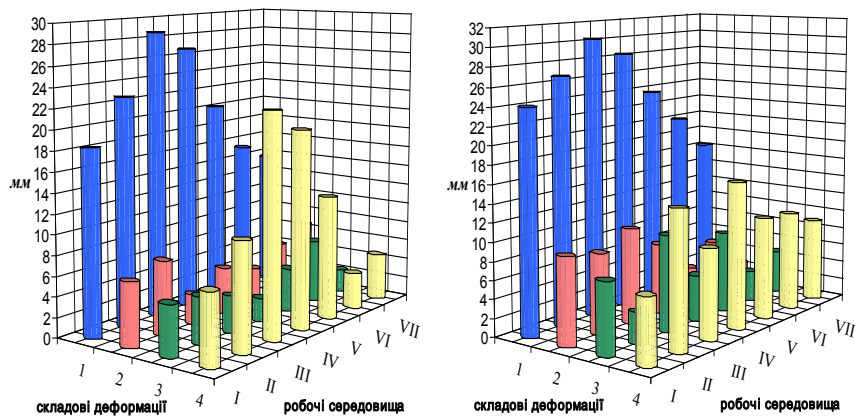


Рис. 1. Полная деформация и ее составляющие при динамической нагрузке пальтовых тканей. Пальтовая ткань арт. 3506. 1 — полная деформация, 2 — упругая деформация; 3 — эластичная деформация, 4 — пластическая деформация, I — католит, II — анолит, III — кремниевая вода, IV — шунгитовая вода, V — мягкая вода, VI — медная вода; VII — обычная вода

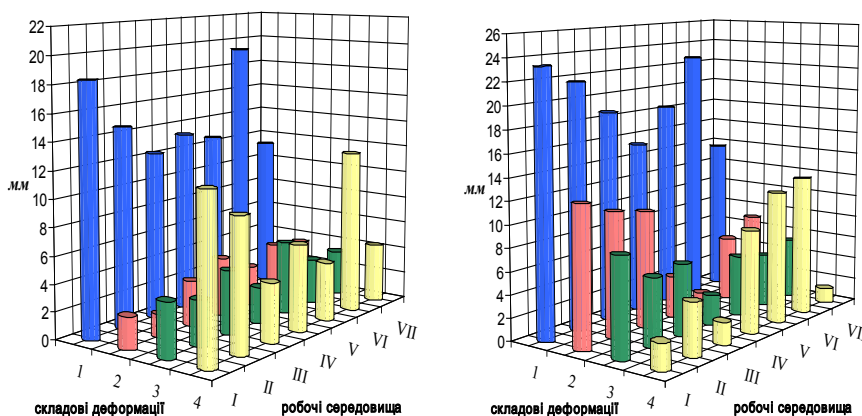


Рис. 2. Полная деформация и ее составляющие при динамической нагрузке костюмных тканей. Костюмная «Рогожка» арт.43423. 1 — полная деформация, 2 — упругая деформация; 3 — эластичная деформация, 4 — пластическая деформация, I — католит, II — анолит, III — кремниевая вода, IV — шунгитовая вода, V — мягкая вода, VI — медная вода; VII — обычная вода

Исследования путем однофакторного эксперимента предусматривает поочередное варьирования одного из факторов при одновременной стабилизации второго на нулевом уровне.

Уровни варьирования исследуемых факторов приведены в таблице 2.

Оценку качества процесса деформирования осуществляли за величиной полной деформации ткани.

Математическая обработка результатов исследований осуществлена с применением методов математической статистики [2].

В результате предыдущих исследований установлено, что для выполнения эксперимента со средним значением гарантийной ошибки 5 % и доверительной вероятностью 0,95 нужно провести не менее 3 испытаний.

В результате анализа влияния каждого из факторов отдельно на процесс деформации тканей получены регрессионные уравнения зависимостей между выбранными параметрами и полной деформацией ткани (табл. 3).

Результаты исследований влияния указанных параметров на качество формования представлены графически для пальтовой ткани на рисунках 3–6.

Анализ полученных результатов исследований показал, что с увеличением значений массы дисбалансов от 25 до 245 грамма и скорости вращения вала от 20 до 60 об/с величина полной деформации начинает уменьшаться, что объясняется увеличением вибрационной нагрузки, которая негативно влияет на структуру материала.

Однако результаты исследований не дают полной картины имеющихся взаимосвязей между указанными параметрами и уровнем их комплексного влияния на процесс деформации. Именно поэтому последующие исследования предусматривают проведение двухфакторного эксперимента, который позволит рационализировать процесс деформации тканей при динамических нагрузках.

Проанализировав однофакторные зависимости, возможно, сузить область независимых переменных таким образом, чтобы в полученной области результаты эксперимента описывались адекватно и с максимально возможной точностью.

При изменении массы дисбалансов от 25 грамм до 245 грамм, отброшен диапазон значений до 48 грамма и после 231 грамма. Анализируя влияние скорости вращения вала от 20 об/с до 60 об/с на процесс деформации позволил сократить диапазон значений до 26 об/с и после 54 об/с.

Сужение диапазона входных факторов обусловлено нецелесообразностью выполнения процесса деформации вне определенных пределов. Поскольку низшие показатели избранных параметров не обеспечивают соответствующую величину полной деформации тканей, а высшие показатели не рационально использовать через негативное влияние на структуру ткани, что приводит к уменьшению деформации. Поэтому в дальнейшем при планировании эксперимента использованы новые пределы и интервалы варьирования входных параметров таблицы 4.

Матрица двухфакторного эксперимента при заданных параметрах выглядит следующим образом (таблица 5).

Таблица 2. Уровни варьирования факторов, которые влияют на процесс деформации ткани

Уровни варьирования	Параметры исследуемого процесса	
	Масса дисбалансов $m$ , грамм	Скорость вращения вала $n$ , об/с
+2	245	60
+1	190	50
0	135	40
-1	80	30
-2	25	20

Таблица 3. Регрессионные зависимости

Параметры процесса деформации	Уравнение регрессии		Корреляционное отношение
Пальтовая кашемир арт. 3506			
Масса дебалансу, грамм	основа	$v = 0,000003m^3 - 0,0016 m^2 + 0,3379 m + 18,792$	0,953
	уток	$v = 0,000005 m^3 - 0,0022 m^2 + 0,4875 m + 13,005$	0,958
Скорость вращения вала, об/с	основа	$v = -0,0114n^2 + 1,4143 n + 5$	0,995
	уток	$v = -0,0195 n^2 + 2,0752 n - 3,6$	0,978
Костюмная «Рогожка» арт. 43423			
Масса дебалансу, грамм	основа	$v = -0,000003 m^3 + 0,0018 m^2 - 0,0449 m + 11,269$	0,991
	уток	$v = -0,000003 m^3 + 0,0004 m^2 + 0,1228 m + 11,025$	0,938
Скорость вращения вала, об/с	основа	$v = -0,00003 n^3 - 0,0031 n^2 + 0,4671 n + 13,2$	0,962
	уток	$v = -0,0002 n^3 + 0,0086 n^2 + 0,4337 n + 12,6$	0,968

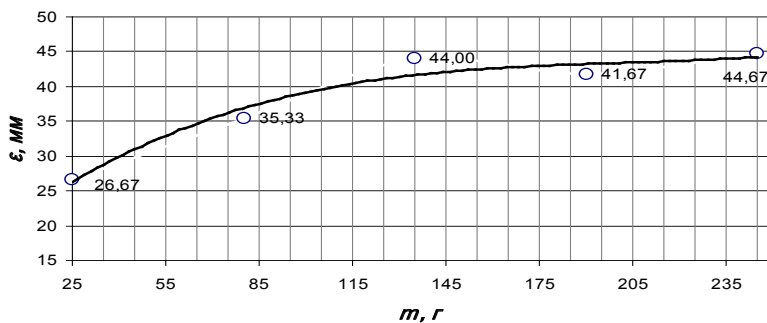


Рис. 3. Зависимость величины полной деформации по нитям основы в пальтовой ткани арт. 3506 от массы дисбалансов

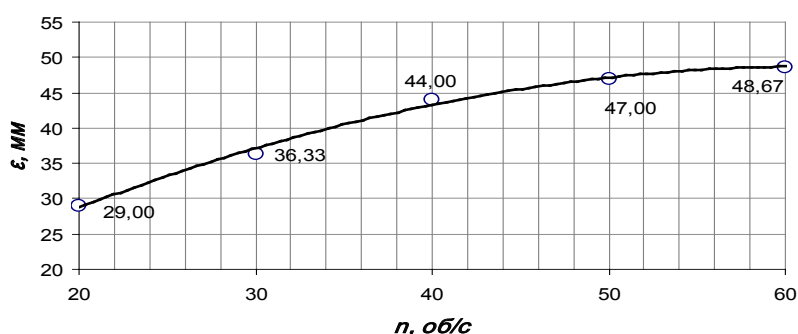


Рис. 4. Зависимость величины полной деформации по нитям основы в пальтовой ткани арт. 3506 от скорости вращения вала

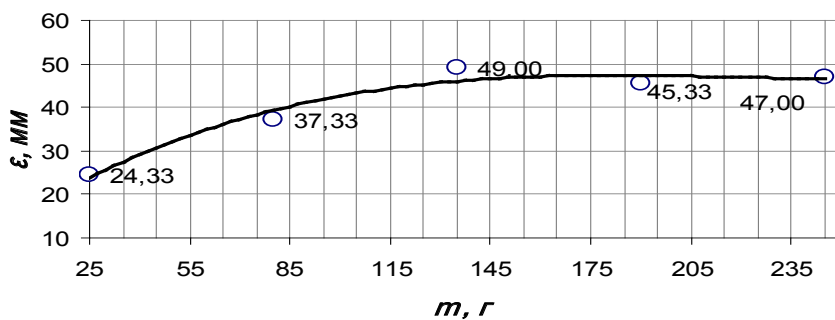


Рис. 5. Зависимость величины полной деформации по нитям утки в пальтовой ткани арт. 3506 от массы дисбалансов

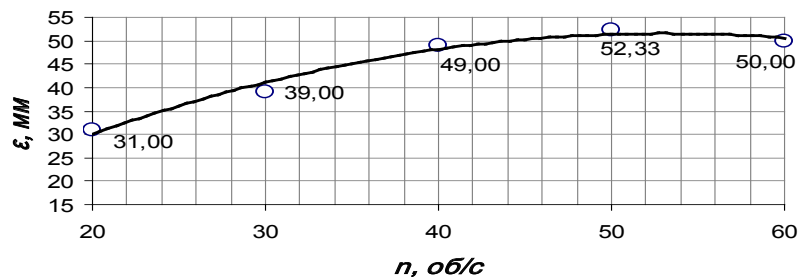


Рис. 6. Зависимость величины полной деформации по нитям утки в пальтовой ткани арт. 3506 от скорости вращения вала

Таблица 4. Уровни варьирования факторов, которые влияют на процесс деформации ткани

Ровные варьирования	Параметры исследуемого процесса	
	Масса дисбалансов $t$ , грамм	Скорость вращения вала $n$ , об/с
+1,414	231,9	54
+1	205	50
0	140	40
-1,414	75	30
-1	48,1	26
Интервал варьирования	65	10

Таблица 5. Матрица эксперимента

№ опыту	Матрица планирования		Рабочая матрица	
	X1	X2	$t$ , грамм	$n$ , об/с
1	1	1	205	50
2	-1	1	75	50
3	1	-1	205	30
4	-1	-1	75	30
5	1,414	0	231,91	40
6	-1,414	0	48,09	40
7	0	1,414	140	54,14
8	0	-1,414	140	25,86
9	0	0	140	40

Таблица 6. Регрессионные зависимости

Уравнение регрессии	
Пальтовая кашемир арт. 3506	
основа	$y = 42,5175 + 6,6599x_1 + 8,3597x_2 + 8,6830x_1x_2 + 6,7117x_1^2 + 10,9855x_2^2$
уток	$y = 46,2749 + 8,0650x_1 + 8,4665x_2 + 6,7721x_1x_2 + 2,9591x_1^2 + 10,7760x_2^2$
Костюмная «Рогожка» арт. 43423	
основа	$y = 27,9400 + 4,3383x_1 + 5,1873x_2 - 4,4512x_1x_2 + 0,9445x_1^2 + 7,4172x_2^2$
уток	$y = 32,5249 + 4,4633x_1 + 4,1279x_2 - 2,3208x_1x_2 + 0,0244x_1^2 + 6,2534x_2^2$

За избранным планом эксперимента получено количество опытов  $N=9$ , количество входных факторов  $k=2$ , количество повторений каждого опыта  $n=3$ .

Для определения коэффициентов уравнения регрессии, а также получения уравнения регрессии при определении деформации тканей за указанными параметрами было использовано специальную программу Planning experiment, которая разработана на платформе Java. Математическая обработка результатов исследований осуществлена с применением методов математической статистики.

В результате статистической обработки эксперимента установлено, что дисперсии наблюдений при ротатбельному планировании являются однородными, а математические модели, которые описывается уравнениями второго порядка являются адекватными (таблица 6):

Проверка значимости рассчитанных коэффициентов регрессии выполнена с помощью критерия Стьюдента. В соответствии с весомостью коэффициентов регрессии и значений входных параметров процесса деформирования тканей, уравнения регрессии принимают натуральный вид:

Пальтовая кашемир арт. 3506

$$\text{основа} \quad \varepsilon = 93,098 - 0,1078m - 1,9095n + 0,0033mn + 0,004m^2 + 1,68n^2$$

$$\text{уток} \quad \varepsilon = 61,661 - 0,058m - 1,418n + 0,003mn + 0,027n^2$$

Костюмная «Рогожка» арт. 43423

$$\text{основа} \quad \varepsilon = 5,433 - 0,036m - 1,031n + 0,002mn + 0,00006m^2 + 0,019n^2$$

$$\text{уток} \quad \varepsilon = 53,666 + 0,061m - 0,687n - 0,0009mn + 0,016n^2$$



Анализ абсолютных значений коэффициентов уравнения регрессии подтвердил, что на качество формования существенное влияние осуществляет скорость вращения вала, потом масса десбалансов.

На параметр  $E$  входные факторы влияют не пропорционально, на что указывает квадратичный эффект. На-

ибольшее влияние осуществляет скорость  $n$ . Меньшее влияние имеет масса  $m$ . При этом максимальная деформация достигается при максимальных значениях скорости вращения вала  $n=54$  об/с и массе дебалансу  $m=231$  г.

Литература:

1. Березненко С. М. Основы теорії ресурсозберігаючих технологічних процесів формування та формозакріплення деталей швейних виробів з врахуванням анізотропії текстильних матеріалів: Дис...докт. техн. наук: 05.19.04. — К., 2002. — 372 с.
2. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Издательство «Наука», 1976. -278 с.

## Открытая архитектура современного информационно-измерительного комплекса

Меркульев Александр Юрьевич, студент;

Горячева Екатерина Петровна, соискатель;

Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Пензенский государственный университет

*В статье предложена открытая архитектура информационно-измерительного комплекса позволяющая не только снизить затраты на модернизацию лабораторного оборудования, но и увеличить его жизненный цикл.*

**Ключевые слова:** измерение, структура, комплекс, схема, жизненный цикл, масштабируемость, оборудование, интерфейс.

*The article offers an open architecture of information-measuring complex allows not only to reduce the cost of upgrading laboratory equipment, but to increase its life cycle.*

**Keywords:** measurement, structure, complex, scheme, life cycle, scalability, hardware, interface.

Развитие современных информационно-измерительных комплексов (ИИК) идёт по пути совершенствования их интеллектуальных возможностей в части обработки измерительных сигналов [1–3]. Одновременно возрастают требования к универсальности комплексов. В отдельных случаях, для обеспечения целостности восприятия свойств исследуемого объекта (ИО), ИИК должны обеспечивать снятие измерительных параметров не только в конкретно взятой предметной области, но и в смежных областях. Для проведения подобных исследований, не всегда удаётся использовать существующие ИИК, которые не обладают гибкой архитектурой. Последние не позволяют быстро, без изменения аппаратной части, перепрофилировать комплекс. Это обстоятельство снижает эффективность информационного измерительного оборудования, и заставляет нести дополнительные временные и материальные затраты на дооборудование лабораторий.

Для повышения эффективности ИИК, снижения затрат на модернизацию лабораторного оборудования

и увеличения его жизненного цикла, авторы предлагают открытую архитектуру ИИК показанную на рисунке 1.

Блок обработки данных (БОД) включает вычислительное ядро (микроконтроллер) [4], подсистему автоматизированного управления, подсистему сбора передачи и обработки данных, а также часть рабочего места пользователя (модуль индикации и локальные органы управления). Подсистема сбора, передачи и обработки данных осуществляет сбор и обработку сигналов с датчиков СБИО. Также эта подсистема, используя возможности вычислительного ядра, обеспечивает математическую обработку результатов измерений и их передачу в ПЭВМ. С помощью специального программного обеспечения ПЭВМ осуществляет визуализацию полученной информации [5, 6]. Подсистема сбора обработки и передачи данных реализуется на специализированных интегральных схемах, которые обеспечивают требуемые протоколы передачи данных. Фактически эта подсистема реализует интерфейс технической системы (ИТС), который связывает ИИК с ПЭВМ.



Рис. 1. Открытая архитектура ИИК: БОД — блок обработки данных; СБИО — сменный блок исследуемого объекта

Подсистема автоматизированного управления формирует внешние воздействия на ИО, и осуществляет управление всеми подсистемами БОД. Взаимодействие человека с ИИК осуществляется как с помощью органов локального управления входящих, так и с помощью ИТС, реализованного в подсистеме сбора, передачи и обработки данных.

Сменный блок исследуемого объекта (СБИО) состоит из подсистемы измерений и объектовой подсистемы. Подсистема измерений — это набор первичных преобразователей физических величин (датчиков). Объектовая подсистема представляет собой исследуемый объект.

Предложенная структура ИИК отличается от существующих образцов лабораторного практикума про-

странственным разделением ИО и блока обработки данных, что позволяет без изменения архитектуры БОД, (простой сменной СБИО и изменением программы исследования, заложенный в БОД), организовать исследование в различных областях. Например, при исследовании теплоотвода транзистора объектовая подсистема СБИО содержит исследуемый теплоотвод, а при исследовании работы самого биполярного или полевого транзистора объектовая подсистема будет уже содержать транзистор, при этом архитектура БОД не изменится, меняется только программа исследования. Это и определяет возможность предлагаемой открытой структуры обеспечивать исследования в различных предметных областях.

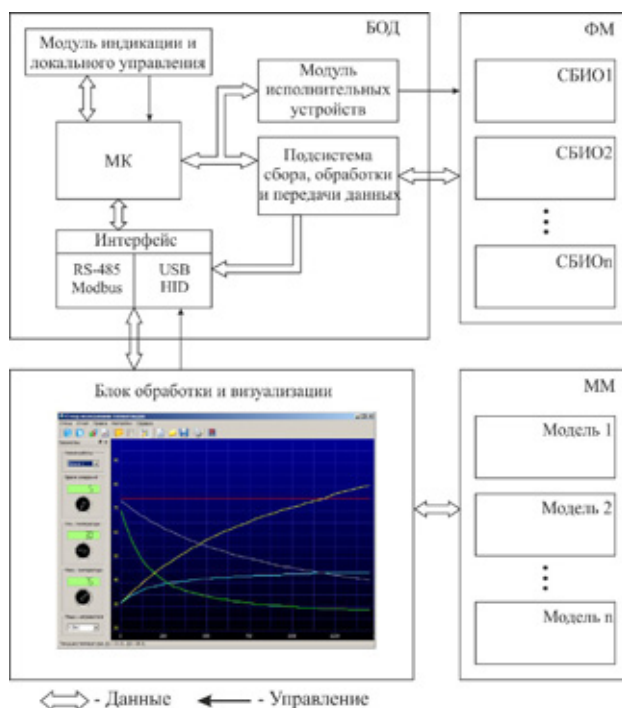


Рис. 2. Расширенная структура ИИК: ФМ — физическая модель; ММ — Математическая модель

В ходе апробации работы, авторы усовершенствовали предложенную структуру с целью надления её возможность изучения набора исследуемых объектов и сравнением результатов измерения с математической моделью (ММ) изучаемого объекта или процесса.

Физической моделью является набор СБИО. ММ является описание ИО или процесса. Усовершенствованная структура позволяет определять адекватность ММ на основе исследования ФМ СБИО.

Показанная на рисунке 2 расширенная структура может использоваться не только при исследовании тех-

нических элементов и объектов [7]. Структура найдёт эффективное применение, например, при определении концентрации тяжёлых металлов в почве, с применением электрохимических методов.

Таким образом, предложена открытая структура, позволяющая расширить функциональные возможности современного ИИК. Чёткое разделение функций БОД и СБИО увеличивает жизненный цикл ИИК [8,9], что при быстрой смене версий и инструментальных средств лабораторного практикума позволяет снизить затраты на модернизацию лабораторного оборудования.

#### Литература:

1. Рубичев Н. А. Измерительные информационные системы: Учебное пособие. М.: Дрофа, 2010. — 334 с.
2. Горячев Н. В. Информационно-измерительный лабораторный комплекс исследования теплопроводов электро-радиоэлементов / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 239–240.
3. Горячев Н. В. Совершенствование структуры современного информационно-измерительного комплекса / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 433–436.
4. Горячев Н. В. К вопросу выбора вычислительного ядра лабораторного стенда автоматизированного лабораторного практикума / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2009. № 10. С. 128–130.
5. Горячев Н. В. Алгоритм функционирования стенда исследования теплопроводов и систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, Н. К. Юрков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 385–391.
6. Горячев Н. В. Программа инженерного расчёта температуры перегрева кристалла электрорадиокомпонента и его тепловода / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 242–243.
7. Падолко Е. П. Основные понятия имитационного моделирования и построение имитационной модели системы массового обслуживания / Е. П. Падолко // Современные информационные технологии. 2012. № 15. С. 43–45.
8. Горячев Н. В. Обзор систем сквозного проектирования печатных плат радиоэлектронных средств / Н. В. Горячев, И. М. Трифоненко, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 396–399.
9. Горячев Н. В. Опыт применения систем сквозного проектирования при подготовке выпускной квалификационной работы / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. 2011. № 26. С. 534–540.

## Обоснование выбора первичных преобразователей информационно-измерительного комплекса исследования теплоотводов

Меркульев Александр Юрьевич, студент;  
Юрков Николай Кондратьевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой  
Пензенский государственный университет

*Кратко рассмотрены основные средства, применяемые при контактном и бесконтактном измерении температуры, отмечены их достоинства и недостатки. На основе анализа характеристик интегральных датчиков температуры со встроенным аналого-цифровым преобразователем, обоснован их выбор в качестве первичных преобразователей информационно-измерительного лабораторного комплекса исследования теплоотводов и систем охлаждения радиоаппаратуры.*

**Ключевые слова:** *первичный преобразователь, датчик температуры, термопара, пирометр, АЦП, информационно-измерительный комплекс, теплоотвод.*

*Briefly describes the main tools used in contact and noncontact temperature measurement, their advantages and disadvantages. Based on the analysis of the integrated temperature sensor with built-in analog-digital converter, justified their selection as the primary transmitters of information-measuring complex laboratory study heatsinks and cooling systems of radio equipment.*

**Key words:** *primary transmitter, temperature sensor, thermocouple, pyrometer, ADC, information-measuring complex, heatsink.*

Одной из главных задач при проектировании информационно-измерительного комплекса (ИИК) исследования теплоотводов [1] является выбор способа измерения температуры и непосредственно элементов первичного преобразования — температурных датчиков. Ниже приводится обоснование выбора температурного датчика со встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) типа DS1631 как элемента первичного преобразования информации об измеряемой температуре исследуемого объекта.

Известно, что при измерении температуры объекта используется один из двух методов, контактный и бесконтактный (неразрушающий). При контактных измерениях температуры поверхности тела обычно применяют термопары, термометры сопротивления, датчики температуры со встроенным АЦП.

*Термопары* — наиболее удобные и распространенные датчики температуры. С их помощью можно проводить измерения от  $-200$  до  $+3000^{\circ}\text{C}$ , а возможность преобразования температуры в электрический сигнал позволяет проводить дистанционные измерения. Термопара состоит из двух различных проводников, одни концы которых соединены между собой (спаяны, сварены, скручены и т. д.), а вторые — подключены к измерительному прибору. Серьезным недостатком рассмотренного выше контактного способа измерения температуры с помощью термопары является необходимость введения датчика в контролируемую среду, в результате чего происходит искажение исследуемого температурного поля. К тому же хорошо известно [2], что все контактные теплоприемники, в том числе и термопары, измеряют не температуру среды, повер-

хности тела или части его объёма, а свою собственную температуру. Задача экспериментального исследования состоит в том, чтобы создать такие условия измерения, при которых температура чувствительного элемента не отличалась бы от измеряемой температуры среды, тела в пределах требуемой точности измерений. Решение этой задачи не всегда возможно, тогда показания теплоприемника нуждаются во введении поправок. Инструментальные погрешности измерительного комплекса достаточно изучены, и их значения приводятся в соответствующей технической документации.

От этих недостатков свободны пирометры — бесконтактные датчики, действие которых основано на использовании излучения нагретых тел.

Использующие энергию излучения нагретых тел пирометры делятся на радиационные, яркостные и цветовые [3].

*Радиационные пирометры* используются для измерения температуры от  $20$  до  $2500^{\circ}\text{C}$ , причем прибор измеряет интегральную интенсивность излучения реального объекта; в связи с этим при определении температуры необходимо учитывать реальное значение коэффициента неполноты излучения.

*Яркостные (оптические) пирометры* используются для измерения температур от  $500$  до  $4000^{\circ}\text{C}$ . Обеспечивают более высокую точность измерений температуры, чем радиационные. Их основная погрешность обусловлена неполнотой излучения реальных физических тел и поглощением излучения промежуточной средой, через которую производится наблюдение.

*Цветовые пирометры* основаны на измерении отношения интенсивностей излучения на двух длинах волн,

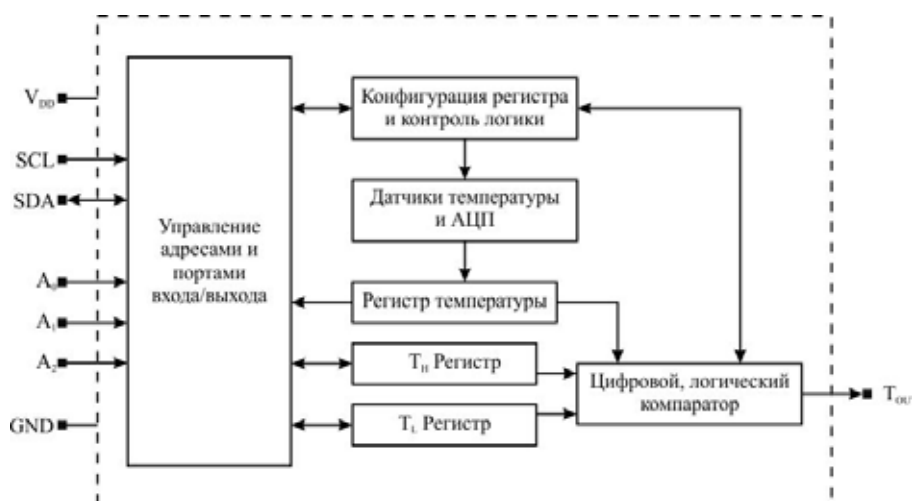


Рис. 1. Структурная схема цифрового интегрального датчика температуры DS1631

выбираемых обычно в красной или синей части спектра. Главным преимуществом цветковых пирометров над остальными является то, что неполнота излучения исследуемого объекта не вызывает погрешности изменения температуры.

В современных информационно-измерительных системах, в том числе и научно-исследовательского назначения все чаще используются датчики температуры со встроенным АЦП. Эти датчики самостоятельно оцифровывают значение температуры своего корпуса, и передают информацию в цифровом коде по стандартному интерфейсу.

Классифицировать датчики со встроенным АЦП удобно по выходному интерфейсу. Для цифровых интегральных датчиков температуры распространёнными являются интерфейсы: *1-Wire* (скорость обмена не более 125кбит/с) и двухпроводной двухнаправленный интерфейс *I<sup>2</sup>C* обеспечивающий последовательную передачу данных со скоростью до 400 кбит/с.

Структура цифрового интегрального датчика температуры с интерфейсом *I<sup>2</sup>C* показана на рисунке 1.

Как видно из рисунка помимо основных узлов обеспечивающих измерение и дискретизацию температуры, датчик содержит компаратор, переключающийся при заданной специальным регистром температуре. Наличие встроенного компаратора позволяет использовать датчик в системах термостатирования.

Итак, термопары позволяют надёжно измерять температуру в достаточно широком диапазоне, но их применение не лишено недостатков, в частности необходимо обеспечить надёжный контакт с исследуемым объектом [2,5]. Дополнительно, применение контактных термопар требует последующей обработки поступающего с них напряжения. Такая обработка, как минимум, должна включать усиление напряжения и его оцифровку. Этому недостатка лишены температурные датчики со встроенным АЦП. Эти датчики содержат в себе устройства квантования аналогового сигнала содержащего информацию о температуре исследуемого объекта, и один из стандартных интерфейсов связи с другими микросхемами, в частности с управляющим микроконтроллером [6–10]. Безусловно, всех недостатков контактного способа лишены пирометры. Однако, как справедливо замечено в исследовании [5], они слишком дороги для применения в учебном оборудовании, и нужной для исследования теплоотводов радиоаппаратуры разрешающей способностью, обладают только модели пирометров верхнего ценового диапазона. К тому же, как показывает многолетний опыт авторов, для организации эффективного изучения работы теплоотводов и систем охлаждения достаточно возможностей цифровых интегральных датчиков температуры. Таким образом, для применения в ИИК [11] исследования теплоотводов можно рекомендовать контактный способ измерения температур [12, 13], основанный на использовании датчиков температуры со встроенным АЦП.

Литература:

1. Горячев Н. В. Стенд исследования тепловых полей элементов конструкций РЭС/ Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, П. Г. Андреев, В. А. Трусов //Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2008. Т. 2. С. 162–166.
2. Дульнев Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов по спец. «Конструир. и произв. радиоаппаратуры». — М.: Высш. шк., 1984. — 247 с.
3. Белозеров А. Ф., Омелаев А. И., Филиппов В. Л. Современные направления применения ИК радиометров и тепловизоров в научных исследованиях и технике. // Оптический журнал, 1998, № 6, с. 16.

4. DS1631, DS1631A, DS1731 High-Precision Digital Thermometer and Thermostat: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/3241>
5. Горячев Н. В. Применение контактного способа измерения температуры в учебном лабораторном стенде / Н. В. Горячев // Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС: межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. проф. Н. К. Юркова. — Пенза: Изд-во ПГУ. — 2011. — Вып. 16. — С. 69–73.
6. Горячев Н. В. Информационно-измерительный лабораторный комплекс исследования теплоотводов электро-радиоэлементов / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 239–240.
7. Горячев Н. В. Совершенствование структуры современного информационно-измерительного комплекса / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Инновационные информационные технологии. 2013. Т. 3. № 2. С. 433–436.
8. Горячев Н. В. К вопросу выбора вычислительного ядра лабораторного стенда автоматизированного лабораторного практикума / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. 2009. № 10. С. 128–130.
9. Горячев Н. В. Алгоритм функционирования стенда исследования теплоотводов и систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Н. В. Горячев, И. Д. Граб, А. В. Лысенко, Н. К. Юрков // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2011. № 1. С. 385–391.
10. Горячев Н. В. Программа инженерного расчёта температуры перегрева кристалла электрорадиокомпонента и его теплоотвода / Н. В. Горячев, А. В. Лысенко, И. Д. Граб, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 2. С. 242–243.
11. Падолко Е. П. Основные понятия имитационного моделирования и построение имитационной модели системы массового обслуживания / Е. П. Падолко // Современные информационные технологии. 2012. № 15. С. 43–45.
12. Горячев Н. В. Обзор систем сквозного проектирования печатных плат радиоэлектронных средств / Н. В. Горячев, И. М. Трифоненко, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2012. Т. 1. С. 396–399.
13. Горячев Н. В. Опыт применения систем сквозного проектирования при подготовке выпускной квалификационной работы / Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. 2011. № 26. С. 534–540.

## Элементный анализ края исторического костюма

Москвин Алексей Юрьевич, аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна

*Статья посвящена анализу исторического костюма на предмет выявления элементов конструкции для их последующего внедрения в проектирование современных швейных изделий. Разработана концептуальная схема элементного анализа исторического края. Определен механизм проведения сравнительного анализа исторических и современных элементов края.*

**Ключевые слова:** элементный анализ, исторический край, коллекции одежды, конструкция одежды.

Существующие модные тенденции, конструкции изделий, технологии их изготовления, сама структура, методики разработки моделей одежды основываются на многовековом историческом опыте. Широкий спектр возможностей для творчества предоставляет индустрии моды история. Исторический костюм какой-либо эпохи, представленный как совокупность элементов края или образец композиционного решения может выступать как основной источник информации при создании современных коллекций одежды.

В ряде периодических изданий, посвященных моде, подчеркивается, что исторические мотивы являются идейным ядром многих авторских коллекций мужской одежды (см., в частности [1, с. 56, 128]). Актуализируется

проблематика выявления художественно-оригинальных элементов исторического края и их последующая систематизация, способствующая алгоритмизации проектирования швейных изделий с элементами исторического края.

Проблематике художественно-конструктивного анализа одежды, в том числе и исторического костюма, посвящены исследования многих современных авторов. Принципы системного подхода применены к адапционному анализу женской одежды и разработан способ выполнения анализа одежды в системах автоматизированного проектирования (САПР) в работе А. Н. Таран [2]. Вопросы, связанные с пространственной формой, композицией, цветом, фактурой, декором раскрыты Ф. М. Пармоном [3]. В. Е. Кузьмичев [4] предлагает метод исторического ана-

лиза одежды (от эскизов до образцов костюма) основанный на рассмотрении системы «фигура — одежда». Выделяется работа Н. В. Афанасьевой [5], посвященная анализу образного решения исторического костюма, в том числе во взаимосвязи с чертежами конструкций. Однако, взаимосвязь исторических и современных конструкций одежды изучена поверхностно, материал носит отрывочный характер.

Элемент кроя — некоторая обособленная часть конструкции, состоящая из не менее чем 2 прямых линий или 1 кривой. Несмотря на то, что элемент характеризуется понятиями геометрии, он является не только частью конструкции изделия, но и включен в его композиционную структуру.

Механизм анализа кроя (рис 1.) должен быть универсален, применим к чертежам конструкций одежды любых хронологических границ. Целью такого анализа является выделение элементов кроя, обладающих ярко — вы-

раженными историческими модельными признаками, не схожих с современными аналогами. Объектом анализа выступает конструкция исторического костюма, предмет анализа — оригинальные элементы кроя.

Итак, в первую очередь необходимо определить хронологические границы изучаемого периода. Согласно S. Pendergast [6], J. Arnold [7] и другим авторам исследований истории костюма, при изучении одежды выделяют эпохи, характерные продолжительным преобладанием определенного стиля, например: готика, маньеризм, барокко, рококо, бидермейер и т. п. Кроме хронологических, для объекта исследования должны быть определены и географические границы.

После того, как определены хронологические и географические границы исследования, необходимо уточнить исследуемый ассортимент одежды. Н. И. Смирнова [8], С. В. Куренова [9] и др. исследователи отмечают, что

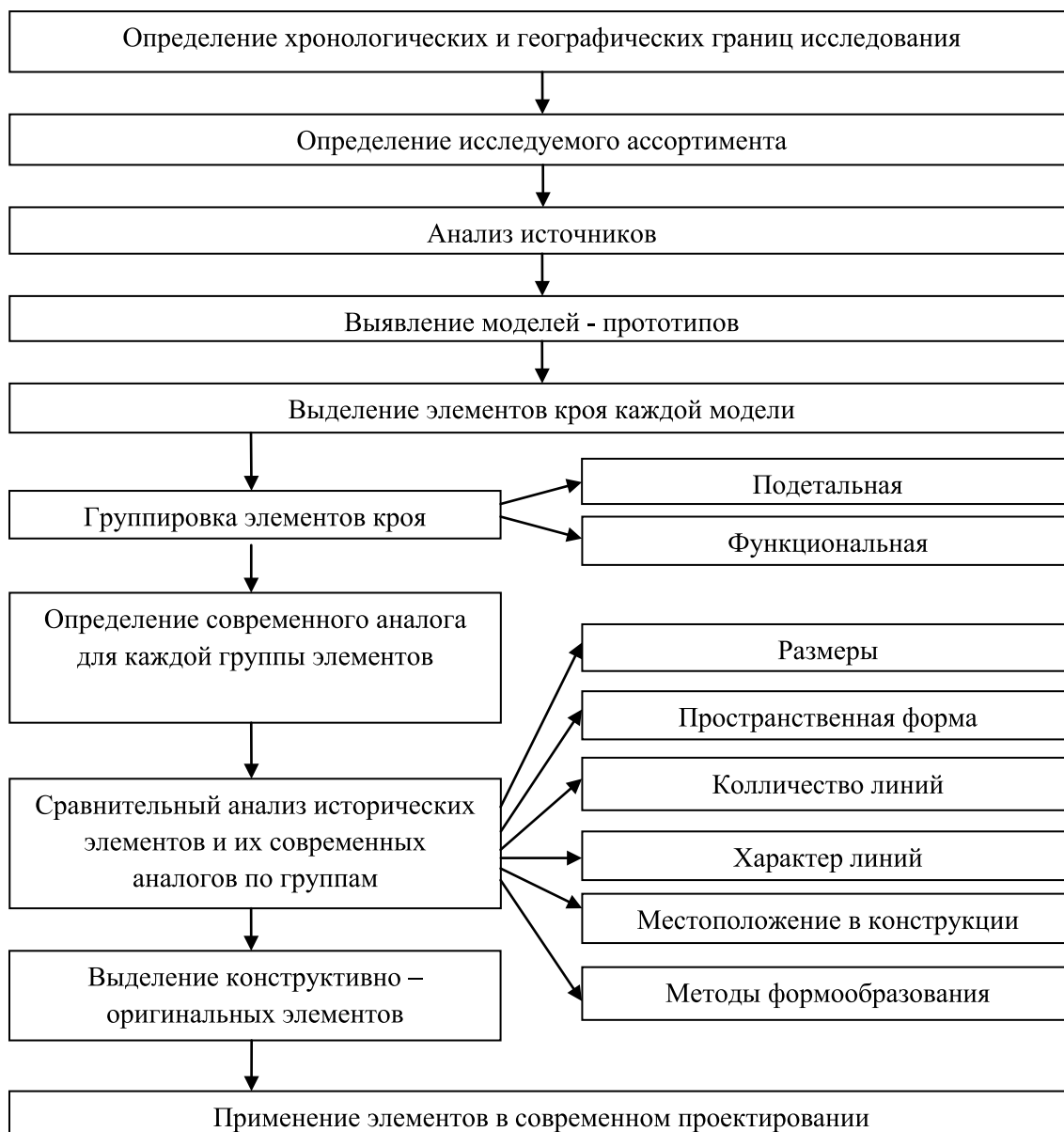


Рис. 1. Концептуальная схема элементного анализа исторического кроя

принцип классификации заключается в последовательном уточнении ассортимента и определении половозрастного признака, климатической зоны использования, условий эксплуатации (повседневная, торжественная, домашняя) и т. п. Определение исследуемого ассортимента при элементном анализе исторического кроя заключается в однозначном определении диапазона исследуемых изделий.

Следующим шагом является анализ источников информации о исторических моделях одежды. Источник должен содержать изображение внешнего вида изделия, масштабированный чертеж конструкции и сопутствующую информацию (характеристика эпохи, вид одежды, назначение, материалы, технологии изготовления и т. п.). При изучении источников выделяются модели — прототипы, т. е. изделия выбранного периода, входящие в границы определенного ранее ассортимента.

Чертежи конструкций моделей-прототипов должны быть оцифрованы. Оцифрованное изображение подвергается векторизации. О. Аршава [10, с. 43] отмечает: «Преимущества векторных моделей неоспоримы: полнейшее хранение информации; подвязка семантики и создание системы гиперссылок; моделирование и анализ; трехмерное моделирование; быстрое и удобное редактирование и прочие свойства математической модели. Наиболее производительный способ получения векторной модели из растра — использование специальных программ — векторизаторов».

В каждой модели — прототипе выделяются элементы кроя. За каждым элементом закрепляется наименование, тип, материал, внешний вид, чертеж конструкции, модель-прототип, к которой относится данный элемент.

Делать кроя неразрывно связана с конструкцией изделия в целом, т. к. местоположение деталей и конструктивных членений являются (от части) средством достижения художественной выразительности модели одежды. Характеристика местоположения элемента на чертеже конструкции должна быть приведена для таких элементов, воспроизведение которых без точного местоположения затруднительно, либо для таких элементов, местоположение которых в чертеже является особенностью исторического кроя.

Следует определить тип элемента, т. к. последующий сравнительный анализ имеет особенности для каждого

типа. В зависимости от конструкции, элементы возможно условно разделить на простые, сложные и комплексные (таблица 1).

Как простые элементы рассматриваются формы срезов, например: край борта, форма лацкана, отлета воротника и т. п. Сложные элементы — детали кроя, как декоративные, так и функциональные: перед, спинка, кокетка, манжет, клапан кармана и т. п. В отличие от простых, сложные элементы могут включать в свою структуру различные методы формообразования. Комплексные элементы кроя состоят из частей нескольких деталей конструкции и задают пространственную форму изделия, т. е. участвуют в формообразовании. Совокупность простых и сложных элементов, при определенных условиях, может рассматриваться, как комплексный элемент.

После определения типа, элементы исторических конструкций группируются для последующего рассмотрения. Группировка разделяется на поддетальную и функциональную. При поддетальной группировке в группу объединяются детали с одинаковыми наименованиями. Однако элементом исторического кроя может являться не только деталь конструкции, но и некоторая ее часть, несущая определенную функцию. В качестве примеров функциональной группировки можно привести: застежки, разрезы, шлицы, головка оката рукава, конфигурация проймы, горловины и т. п. Каждая группа должна состоять из однотипных элементов: простых, сложных или комплексных.

Для каждой группы элементов выбирается современный аналог. Аналог должен быть выбран из конструкции современного изделия ассортиментной группы, аналогичной исследуемой. После формирования групп, проводится сравнительный анализ исторических элементов и их современных аналогов по группам.

Конструктивный сравнительный анализ исторических и современных элементов кроя проводится в 2 этапа. На первом этапе необходимо выработать наименования срезов деталей, определить направление нити основы, выделить функции элемента, использующиеся методы формообразования. На втором этапе производится непосредственное сравнение элементов. Согласно В. Е. Кузьмичеву [4, с. 25.], чертеж конструкции одежды возможно рассмотреть, как совокупность точек и линий различной длины и формы.

Таблица 1. Характеристики типов элементов кроя

Характеристика	Тип элемента		
	Простой	Сложный	Комплексный
Является единственным срезом детали	+	-	-
Состоит из нескольких срезов детали	+	-	-
Включает все срезы детали (деталь целиком)	-	+	-
Включает срезы нескольких деталей	-	-	+
Состоит из нескольких деталей	-	-	+
Влияет на пространственную форму изделия	-	+/-	+



Сравнительный анализ, в таком случае, заключается в соотношении местоположения точек, а также форм и длин линий конструкций исторического и современного элементов. Кроме того, может различаться количество этих точек и линий. Если количество и формы линий различны для сравниваемых элементов, то наложение чертежей выполнять не требуется. Если количество и характеристики линий конструкций совпадают, то необходимо выполнить наложение чертежей элементов края.

Наложение должно производиться таким образом, чтобы конструкции располагались наиболее удобно для сравнения. Необходимым условием для сравнения является одинаковый масштаб элементов.

Исторический элемент края может быть признан оригинальным (и использоваться в проектировании современного костюма с историческими элементами) при условии, что путем масштабирования и пропорционирования конструкции невозможно добиться совпадения с его современным аналогом. На основании этого утверждения, оригинальным можно считать такой элемент края, при сравнении конструкции которого с конструкцией его современного аналога выявляется различие форм или коли-

чества конструктивных линий, либо форм и количества одновременно. Другими словами, под оригинальностью элемента исторического края подразумевается его наделенность отличительными чертами (модельными особенностями), присущими определенному историческому периоду, которые не могут быть утеряны в процессе адаптации к современной одежде.

В качестве примера сравнительного анализа простых элементов края может быть рассмотрен анализ края борта и среза низа переда мужского пиджака (рис. 2). В этом случае необходимо сравнить край борта современного пиджака, построенного по методике Мюллер и сын [11], и пиджака 1890-х годов, спроектированного по методике «The American coat, vest and trousers system» [12].

Наложение выполнено по точке высоты горловины, детали повернуты до совпадения направления нити основы. К детали переда пиджака присоединен фрагмент бочка для визуализации линии низа изделия.

Срез борта современного пиджака состоит из 1 прямой линии и 1 кривой (сплайна); срез борта исторического пиджака состоит из 1 кривой (сплайна). Несмотря на схожесть в характеристиках линий, характер кривизны линии

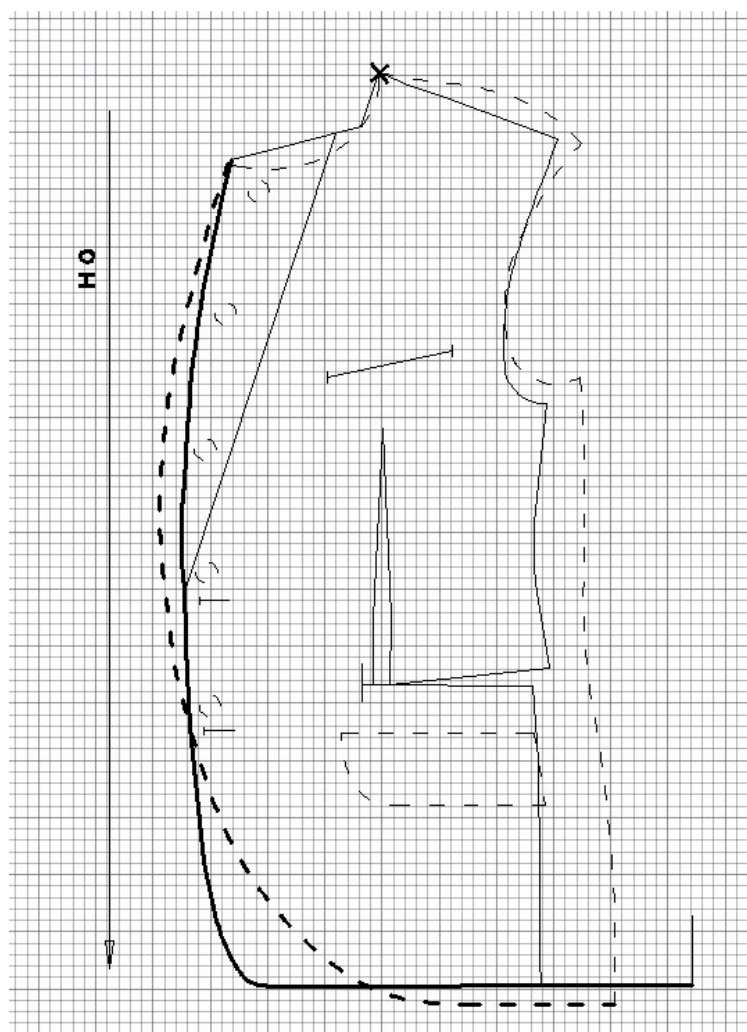


Рис. 2. Чертежи конструкций деталей переда пиджака: современного и 19 в.

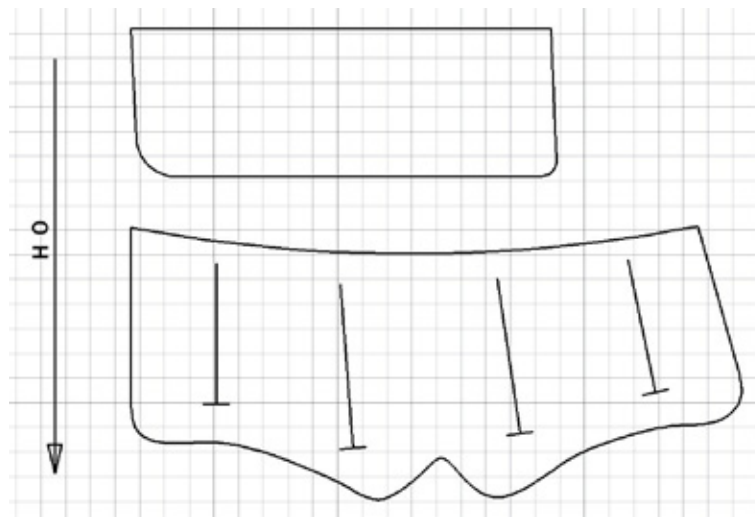


Рис. 3. Чертежи конструкций клапанов кармана: современного и 1735–1740 гг.

среза борта исторического пиджака делает невозможным его приведение к виду конструкции современного аналога. Данная линия борта может быть задействована в современном проектировании как элемент исторического кроя.

Рассмотрим сложные элементы кроя мужского пиджака. На рисунке 3 представлены чертежи конструкций: клапана кармана мужского пиджака (методика Мюллер и сын [11]), и клапана кармана камзола 1735–1740 гг. [13]. Современный чертеж состоит из 6 линий, а исторический из 4. В современном чертеже 4 прямых линии и 2 дуги, а в историческом — 2 прямых линии, 1 дуга и 1 линия сложной формы (сплайн).

На историческом чертеже клапана обозначены петли, что, согласно Nogah Waugh [13], является отличительной чертой мужского костюма 18 в. Клапан камзола имеет ярко выраженные модельные особенности и его конструкция не может быть приведена к чертежу современного аналога путем масштабирования.

При сравнении сложных и комплексных элементов сравнению могут подвергаться и методы формообразования. В этом случае элементы формообразования сравниваются как качественно (метод формообразования), так и при помощи количественных параметров (раствор и глубина выточки, величина посадки и т. п.).

В качестве примера сравнения комплексных элементов (рис. 4) возможно рассмотреть сравнение положения и формы плечевого среза современного пиджака (методика Мюллер и сын [11]) и визитки конца 19 в. (методика The American coat, vest and trousers system [12]). В этом случае необходимо последовательное наложение деталей. Детали наложены друг на друга по точке вершины горловины и повернуты до совмещения направлений нити основы.

Конструкция современного пиджака предполагает посадку плечевого среза спинки при стачивании (в данном

случае 0,8 см), а в конструкции исторического пиджака предусмотрена разница форм плечевых срезов переда и спинки. Наложение переда и спинки современного пиджака друг на друга, равное 1,5 см. объясняется тем, что при проектировании современного пиджака учитывалась величина плечевой накладки. Плечевой срез не может быть масштабирован до совпадения с современной конструкцией, кроме того, различаются методы формообразования, в связи с чем элемент может считаться оригинальным.

После того, как все элементы группы были подвергнуты сравнительному анализу, элементы признанные оригинальными (обладающие историческими модельными чертами), могут быть применены в проектировании современных швейных изделий

Результаты исследования:

- введено понятие оригинальности элемента исторического кроя, определяемой посредством сравнительного анализа;
- определена последовательность выполнения элементного анализа исторического костюма;
- разработан механизм проведения сравнительного анализа элементов кроя;
- выделены критерии сравнения участков конструкции, как геометрических фигур.

Разработанная концептуальная схема элементного анализа исторического кроя позволяет выявить конструктивно — оригинальные элементы в чертежах костюма любой исторической эпохи и различных ассортиментных групп. Кроме того, механизм сравнительного анализа элементов может применяться к сравнению не только деталей исторического костюма с современными, но и исторических элементов между собой, позволяя проследить эволюционные изменения в проектировании швейных изделий в отдельные периоды истории.

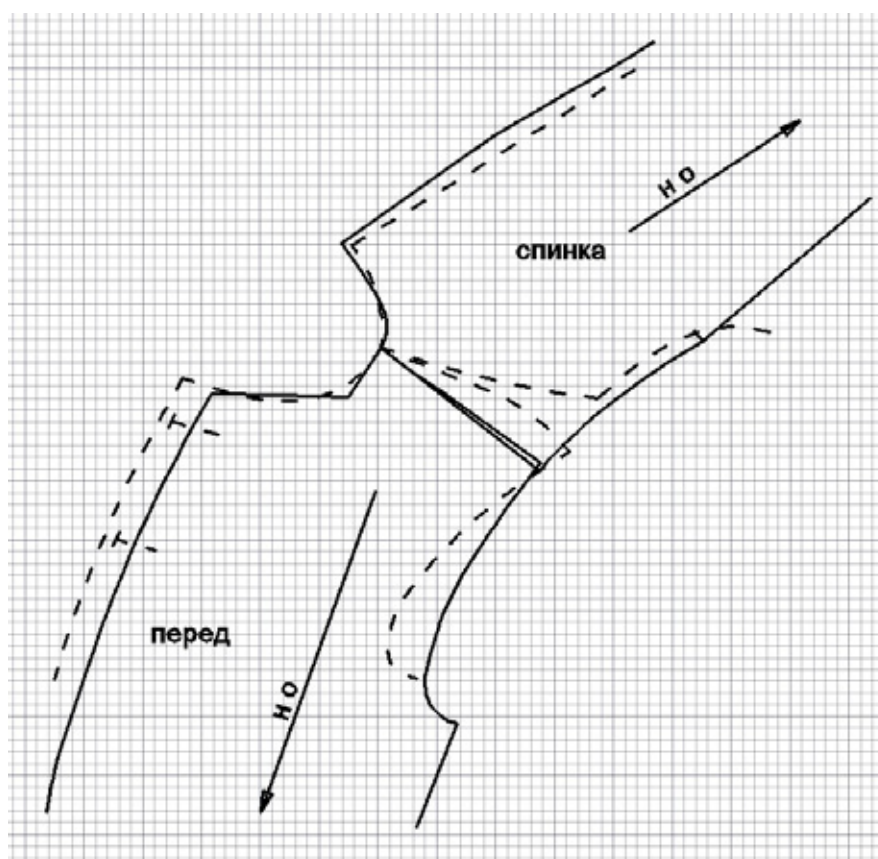


Рис. 4. Чертежи фрагментов переда и спинки современного мужского пиджака и визитки конца 19 в.

Литература:

1. The New York Times style magazine / editor Sally Singer. — New-York: The New York Times, 2011, № 9. — 194 p.
2. Таран А. Н. Формализация способа выполнения адапционного анализа женской одежды: автореф. дис... канд. истор. наук. — Москва, 2004.
3. Пармон Ф. М. Композиция костюма: Учебник для вузов. — М.: Легпромбытиздат, 1997—318 с., ил.
4. Кузьмичев В. Е. Художественно-конструктивный анализ и проектирование системы «фигура — одежда»: учебное пособие / В. Е. Кузьмичев, Н. И. Ахмедулова, Л. П. Юдина. — Иваново: ИГТА, 2010. — 300 с.
5. Афанасьева Н. В. Анализ образного решения костюма в различные исторические периоды (на материале фотографий, журнальной графики и чертежных конструкций) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Самара, 2009. т. 11, № 4 (4), — С. 1059—1063
6. Pendergast S. Fashion, costume, and culture: in 5 volumes / Sara Pendergast, Tom Pendergast, Sarah Hermsen. — Detroit: Thomson Gale, 2004.
7. Arnold J. Patterns of Fashion: the cut and construction of clothes for men and women. 1560—1620 / Janet Arnold. — LA.: Drama publishers, 1985. — 128 p.
8. Смирнова Н. И. Проектирование конструкций швейных изделий для индивидуального потребителя: учеб. пособие / Н. И. Смирнова, Н. М. Конопальцева. — М: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 432 с.
9. Куренова С. В. Конструирование одежды: учеб. пособие / С. В. Куренова, Н. Ю. Савельева. — Изд. 3-е. — Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 477 с. : ил.
10. Аршава О. Обзор программных продуктов для векторизации и гибридного редактирования // САПР и графика. — Москва, 2001, № 12.
11. Мужская одежда от а до я: техника кроя Мюллер и сын / ред. С. А. Костенко. — М: Эдипресс-конлига, 2010. — 168 с.
12. Gordon S. S. The American coat, vest and trousers system / Selden S. Gordon. — New York: John J. Mitchell, 1895. — 126 p.
13. Waugh N. The cut of men's clothes 1600—1900 / Norah Waugh. — New York: Theatre arts books, 1964. — 187 p.

## Методические основы организации конструкции мужской рубашки Подолья

Мыца Виктория Васильевна, кандидат технических наук, доцент;  
Домбровская Оксана Николаевна, кандидат технических наук, доцент  
Хмельницкий национальный университет (Украина)

*Представлены результаты ретроспективного анализа конструктивного устройства мужской украинской вышитой рубашки. Выполнены исследования художественно-конструктивных и декоративных решений подольской мужской рубашки. Структурный анализ мужской вышиванки позволит расширить и усовершенствовать информационное обеспечение автоматизированного проектирования мужских рубашек.*

**Ключевые слова:** Подолье, вышитая мужская рубашка, вышиванка, конструкция, орнамент, декор.

Только тот народ заслуживает уважения, который бережно хранит свою культуру, изучает, использует ее достижения в повседневности. Одежда народа — часть культуры.

История вышивки, техника и способы ее выполнения является всемирно известным видом искусства и художественным творчеством нашего народа. Это было и остается почвой для общения разных поколений, неисчерпаемый источник познания истории, откуда происходят истоки искусства. Наши предки оставили нам в наследство огромное состояние, и мы обязаны не только не потерять эти бесценные сокровища, но и приумножить их количество и передать в наследство нашим потомкам.

Сейчас украинские рынки наполнены компьютерными «китайскими» разработками вышивок, которые несут псевдо-украинскую культуру. Соответственно, исчезает вся сакральность и символизм, которые вкладывали в вышивку наши предки, собственноручно вышивая каждый элемент и крестик, или накладывая очередной стежок на конопляную ткань. Это еще больше побуждает к обучению и воспитанию нашей молодежи своей традиционной этнической культуры.

В конце XIX-го начале XX века украинцы перешли на городской костюм, поэтому, к сожалению, многочисленные черты национальной традиционной одежды были утрачены. Но, несмотря ни на что, украинский национальный костюм освещает самобытность нашего народа, его историю и развитие, оставаясь одним из основных элементов материальной культуры Украины [1].

В век технического прогресса и информационного общества вышивка не стала архаизмом, а, наоборот, за последние годы приобрела огромную популярность. Какая-то неведомая сила тянет украинцев (и не только) к своей национальной одежде. Если в советское время вышиванка позиционировалась как элемент костюма какого-то фольклорного ансамбля, то сейчас — это уже признак определенного современного стиля.

Этнографические особенности историко-культурных районов Украины в одежде проявились в силуэте, крае, отдельных частях одежды, способах ее ношения, цветовом декоре, украшениях. Архаичные элементы одежды более

всего сохранялись на Полесье; классической украинской считается одежда Среднего Приднепровья; в южных регионах Украины наблюдалось взаимовлияние традиционной одежды различных народов. В костюме населения Подолья заметно этнокультурное слияние украинского с молдавским, а в северо-западных — с польским. Своими особенностями характеризовалась и одежда украинских горцев.

Исследования [2, 3] показали, что орнаменты, узоры, цветовая гамма существенно отличались локально. Для каждого региона Украины были характерны свои определенные особенности вышивания рубашек.

Отличительной особенностью мужской украинской рубашки является разрез спереди (пазушка), украшенный вышивкой. Рубашку застегивают или завязывают у ворота с помощью пуговиц или тесьмы. Украинские мужчины обычно носили рубаху, заправляя подол ее в штаны. В этом также просматривается отличие от способа ношения рубашки поверх штанов у русских и белорусов, объясняется заимствованиями украинского от восточных кочевых народов [3].

Характерные черты традиционной одежды Подолья — чрезвычайная декоративность и красочность — отражают развитие в этом крае народных ремесел, высокую культуру местного производства материалов для одежды, различные способы образования форм нарядов и значительный опыт использования многих видов и техник отделки.

В общем вышитую народную рубашку можно охарактеризовать по следующим признакам: 1) тип кроя; 2) техника вышивки; 3) цветовая гамма; 4) способ размещения вышивки. Сочетание этих признаков образует своеобразный стиль вышитой рубашки определенного села или региона.

Крой рубашки определялся способом соединения полотна полочек на плечах. Украинские рубашки изготавливались преимущественно из трех, двух и только иногда — из четырех полотнищ, исходя из ширины домотканого полотна.

Известные исследователи украинской культуры [1–5] в зависимости от кроя выделяли следующие основные

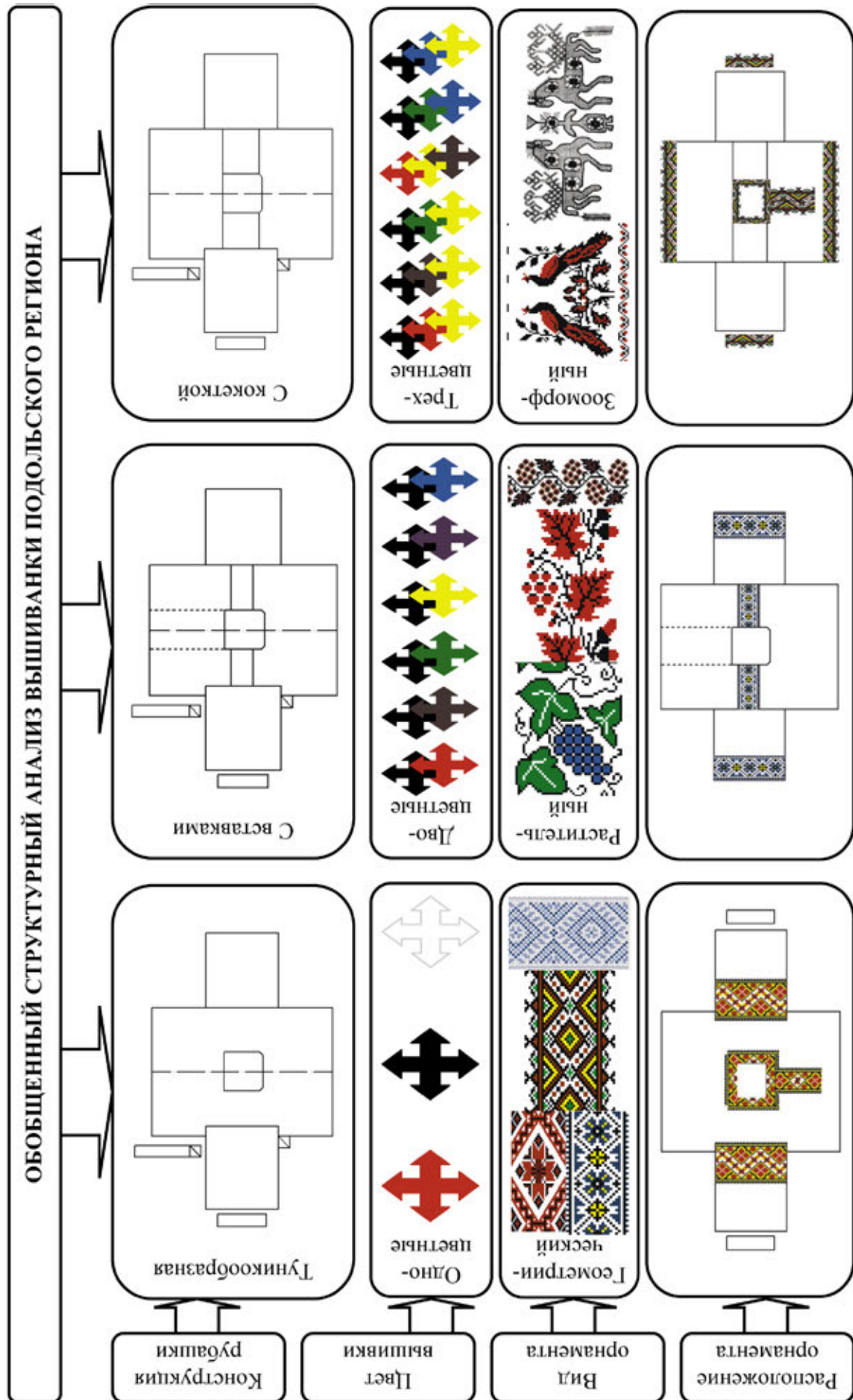


Рис. 1. Обобщенная схема структурного анализа вышивки Подольского региона

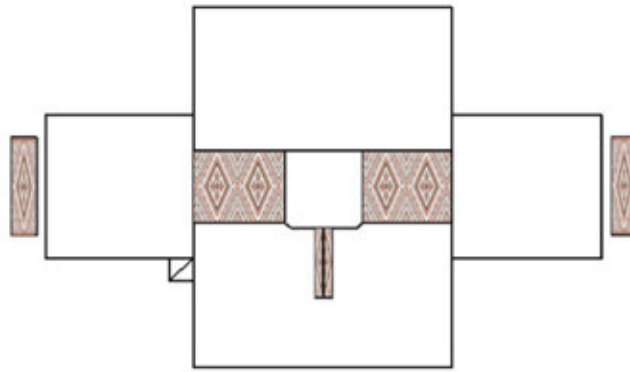


Рис. 2. Схема типичного размещения декора на мужской рубашке

типы украинских рубашек: туникообразные; со вставками; с кокеткой.

Каждый вид рубашки встречался с бочками и без бочков.

Локальные разновидности основных типов кроя обнаруживаются и в: методах соединения плечевых вставок и рукавов со станом; величине и форме вставок, наличии и форме ластовиц и рукавов; характере собирания верхней части рукавов и горловины; крое воротника; крое рукавов т. п.

Мужские рубашки различают также:

— по месту размещения разреза: посередине полочки, со стороны, иногда на спине;

— по способу застегивания: завязывание через петельки, на пуговицы, броши и т. д.

Разнообразие художественного оформления подольских рубашек проявлялось также и в характере использованных материалов, в способах декорирования и самому размещению декора, в выборе мотивов, в их разработке и цветовому решению.

Следует отметить, что количество цветов подольской народной вышивки ограничено. Исследователи обнаружили, что на Подолье наиболее распространены одноцветные (красные, черные, белые) вышитые сорочки, реже — двух- и трехцветные.

Каждый цвет создает мощную энергетику, которую человек ощущает посредством настроения. Поэтому цвета и орнамент изделия подбирались умельцами не просто так, а отвечали строгим вышивальным канонам.

Символика цветов обогащалась символикой орнамента.

Орнаментальные композиции подольской народной вышивки, как и в целом украинской, созданы не только для того, чтобы радовать глаз, но и чтобы размышлять, «читая» их. Кроме символического отображения представлений об окружающем мире, орнамент имел также магически защитную функцию.

В течение многих веков непосредственный конкретный смысл символов на вышивках терялся, но традиции их использования не исчезли. По мотивам орнаменты вышивок

делятся на три группы: геометрические (абстрактные); растительные; зооморфные (животные).

Орнамент подолян преимущественно геометрический, густой, очень разный по сложным комбинациям угловых, или связанных, или самостоятельных фигур. Центральный мотив узора подольской вышивки — ромб, размещенный между двумя горизонтальными линиями.

Композиции подольских вышивок разнообразны, их размещения строятся по четко продуманной схеме, следует из логики конструкции кроя, в основе которого лежат прямоугольные формы. Это создает большие возможности для декоративного оформления вышивкой.

Обобщенные результаты исследования подольской рубашки представлены на рисунке 1 (стр. 159).

Как видно из рисунка, символика орнамента подольской вышивки поражает своим многообразием. Дальнейшие тщательные исследования позволили систематизировать и закодировать по степени сложности орнаменты, которые использовали подольские мастера.

Результаты исследований также позволили разработать типовые местоположения отделки мужской рубашки. Наиболее распространенное местоположение отделки мужской рубашки, характерное непосредственно для территории нынешнего г. Хмельницкого, представленное на рисунке 2.

Таким образом, художественное своеобразие, эстетическое и функциональное совершенство традиционной национальной одежды украинского народа могут быть раскрыты только при условии комплексного исследования художественных особенностей и средств, видов, способов и техник декорирования одежды, а также композиционных приемов объединения элементов одежды в целостный комплекс.

Разработанная уровневая структура элементов по сделанному анализу мужской вышивки на примере Подольского региона Украины позволит расширить и усовершенствовать информационное обеспечение автоматизированного проектирования мужских рубашек в целом, а также обеспечит возможность выбора ее особенностей определенного региона.

Литература:

1. Черноморец А. Д. От Белого до Черного моря: (энциклопедия русской и украинской вышивки) / — Киев: КВИЦ, 2002. — 223 с.
2. Прусевич А. Народное вышивание // — Кустарные промыслы Подольской губернии: — К., 1916. — 312 с.
3. Николаева Т. О. История украинского костюма / Т. О. Николаева. — К.: Либідь, 1996. — 174 с.
4. Захарчук-Чугай Р. В. Українська народна вишивка. Західні області УРСР. — Київ, 1988. 194 с.
5. Кара-Васильева Т. История украинской вышивки: книга-альбом / Т. Кара-Васильева. — К.: Мистецтво, 2008. — 464 с.

## Машины для удаления пней и древесно-кустарниковой растительности на вырубках

Поздняков Евгений Владиславович, аспирант;  
Малюков Сергей Владимирович, кандидат технических наук, преподаватель  
Воронежская государственная лесотехническая академия

Способы подготовки площадей к лесовосстановлению обуславливаются различными факторами. В степных и лесостепных районах при создании новых лесов используют земли из-под сельскохозяйственных угодий, которые практически готовы для лесовыращивания. Это так называемые открытые площади. Часто в этих районах под посадку лесных культур отводят склоны оврагов и балок, и в случае значительного уклона участка требуется его предварительная подготовка. Многие площади, отводимые под лесовосстановление и лесовыращивание, имеют переувлажненные почвы и требуют выполнения мелиоративных работ.

Значительная подготовка площади требуется при лесовосстановлении на вырубках и площадях, покрытых нежелательной растительностью (рис. 1). В этом случае не-

обходимо предусматривать применение кусторезов для расчистки этих площадей от кустарника, мелкокося, остатков растительности [1].

Для обеспечения экономической эффективности кусторезы, агрегируемые с тракторами, целесообразно применять при расчистке лесных участков большой площади и протяженности. Кроме основного назначения кусторезы могут срезать старые, уже сгнившие пни, кочки и другие небольшие неровности почвы. В зависимости от принципа действия рабочего органа кусторезы делятся на два типа: с пассивными и активными рабочими органами [2].

К кусторезам с пассивными рабочими органами относится каток-осветлитель культур КОК-2 (рис. 2). Он предназначен для осветления лесных культур направ-



Рис. 1. Нераскорчеванная вырубка



Рис. 2. Каток-осветлитель культур КОК-2

ленным повалом, приземлением и частичным дроблением нежелательной древесной и кустарниковой растительности диаметром до 5 см в междурядьях. КОК-2 состоит из рамы, ножевого катка, отражателей, навески на трактор. Отражатели направляют под ножевой барабан находящиеся в непосредственной близости от ряда культур стволики нежелательной растительности. Для повышения эффективности работы катка-осветлителя его можно при необходимости догружать массой трактора до 4,5 т через гидроцилиндры передней навески. Ширина захвата катка-осветлителя — 2 м. Диаметр ножевого барабана — 1 м. Масса катка — 1500 кг.

Кусторезы с пассивными рабочими органами на срез древесины затрачивают энергии в несколько раз меньше по сравнению с кусторезами с активными органами. Однако при учете энергозатрат на сгребание и вывозку древесины после кусторезов с пассивными органами это преимущество оказывается не таким значительным [2].

Основным недостатком кусторезов пассивного действия, осуществляющих силовое резание со скольжением, является то, что полностью перерезать стволы они могут лишь тогда, когда под действием давления ножей стволы срезанной растительности не обламываются, не отгибаются и не вытаскиваются вместе с корнями из почвы. Эти явления особенно заметны при срезании растительности с диаметром стволов до 3...5 см и при плюсовой температуре. Гибкие стволы поросли поднимаются ножами, и остаются не срезанными. Кроме того, такие машины обладают высокой энергоёмкостью и оказывают негативное влияние на плодородный слой почвы [3].

Кусторезы с активными ротационными рабочими органами обладают высокой производительностью. Они измельчают, разбрасывают и смешивают с почвой древесину, что способствует более быстрому ее разложению.

Примером таких устройств является рубщик коридоров роторный РКР-1,5 (рис. 3). Он предназначен для осветления культур дуба с междурядьями не менее 3 м. Рубщик работает в агрегате с тракторами МТЗ-80/82. РКР-1,5 состоит из следующих основных узлов: рамы, роторного барабана, редуктора, трансмиссионного вала, опорных колес. Спереди трактора, к раме, крепится пригибающее устройство. Роторный барабан является основным рабочим органом машины и представляет собой трубу диаметром 112 мм и толщиной стенки 7 мм, по всей длине которой установлены и приварены диски диаметром 250 мм с интервалом 65 мм. В промежутках между дисками с помощью распорных втулок и болтов по винтовой линии установлено 20 ножей молоткового типа. Привод роторного барабана осуществляется от заднего ВОМ трактора. Опорные колеса служат для разгрузки гидросистемы при работе рубщика, копирования поверхности почвы и регулировки высоты среза. Рубщик срезает около рядов дуба поросль древесных и кустарниковых пород коридором шириной 1,5 м, измельчает срезанный материал в щепу и оставляет ее на месте. Высота пней, препятствующих работе, не должна превышать 15 см. Средняя высота поросли — не более 4 м [3].

Однако преобладающие объемы площадей вырубок занимают не кустарник и мелколесье, а пни, оставшиеся в результате проведения лесосечных работ. В этом случае для обеспечения прохода тракторных агрегатов, производящих лесовосстановление (подготовку почвы, посев, посадку и т. д.), требуется выполнить частичную (полосную) или полную корчевку или понижение пней [1].

Корчеватель-собирающий МП-18 (рис. 4) применяется для выполнения культуртехнических работ при освоении не требующих осушения земель. Предназначен для корчевки пней диаметром до 65 см и извлечения из грунта крупных валунов и камней массой до 3 т, а также для





Рис. 3. Рубщик коридоров роторный РКР–1,5

сплошного корчевания кустарников, мелколесья и для расчистки вырубок от порубочных остатков и валежника.

Корчеватель состоит из базового трактора модели Т–130МГ–3 (Т–130МГ–5), сменных рабочих органов, навешиваемых на трактор с помощью универсальной рамы. Навесное оборудование включает в себя корчевальный орган, состоящий из отвала с жестко закрепленными на нем зубьями (клыками), кустарниковые грабли, корчевальную борону и кусторезный орган со сменными ножами. Кроме того, имеются ограждение, толкающий брус, раскосы, заточное устройство, гидросистема, сцепка. Ограждение защищает трактор от падающего во время работы корчевателя кустарника и мелколесья.

Корчевание пней производится за счет толкающего усилия трактора. При подъезде к пню тракторист, не останавливая агрегата, на расстоянии 1...1,5 м от пня опускает отвал корчевателя, при этом зубья заглубляются в почву

и по мере продвижения вперед оказываются под пнем, давят на него, обрывают корни, сдвигают пень с места и перемещают в заданном направлении [1, 4].

На раскорчеванных вырубках обеспечивается полная механизация всех технологических процессов лесовосстановления, повышается качество механизированных работ, увеличивается производительность агрегатов. Но вместе с тем процесс корчевания негативно влияет на окружающую среду: происходит нарушение почвенных горизонтов, образуются глубокие подпневые ямы.

В связи с этим было разработано множество машин с активными рабочими органами, которые фрезеруют, дробят и измельчают надземную часть пней и не оказывают при этом отрицательного воздействия на плодородные слои почвы.

Машина для дробления пней МДП–1,5 (рис. 5) предназначена для подготовки полос под посадку лесных



Рис. 4. Корчеватель-собирающий МП–18



Рис. 5. Машина для дробления пней МДП-1,5

культур с одновременным дроблением пней и обработки почвы на глубину до 25 см. Рабочий орган машины представляет собой барабан, на поверхности которого закреплены долотообразные ножи. Вращение роторному рабочему органу передается от ВОМ трактора ЛХТ-4 через карданную передачу, конический и цилиндрический редукторы. Частота вращения барабана —  $65 \text{ м}^{-1}$ . Трактор ЛХТ-4 оборудован гидроходоуменьшителем, обеспечивающим рабочие скорости в пределах 0,4...1,0 км/ч основного времени.

Вращающийся роторный рабочий орган при поступательном движении агрегата рыхлит почву, измельчает порубочные остатки и корни, при встрече с пнем скорость движения автоматически снижается, и долотообразные

ножи, перемещаясь снизу вверх по дуге окружности, отрывают от пня пластины. По окончании дробления пня скорость поступательного движения автоматически возрастает до 1 км/ч [5, 6].

Проведенный анализ достоинств и недостатков конструкций и технологических процессов машин для удаления пней и древесно-кустарниковой растительности показал, что лесоводственный уход за культурами можно эффективно механизировать при помощи различных кусторезов, корчевателей и измельчителей пней. Но для этого необходимо разрабатывать и внедрять перспективные технологии лесовосстановления, которые предусматривали бы комплексную механизацию всего процесса создания и выращивания леса.

#### Литература:

1. Пошарников Ф. В. Технология и машины лесовосстановительных работ [Текст]: учеб. пособие / Ф. В. Пошарников. — Воронеж, 2006. — 523 с.
2. Малюков С. В. Обоснование рабочего процесса и параметров комбинированного рабочего органа кустореза-осветлителя лесных культур [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / С. В. Малюков. — Воронеж: ВГЛТА, 2012. — 190 с.
3. Бартенев И. М. Конструкции и параметры машин для расчистки лесных площадей [Текст]: монография / И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, П. И. Попиков и др. — М.: Флинта: Наука, 2007. — 208 с.
4. Батищев С. Н. Обоснование параметров ударных рабочих органов машин для удаления пней [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / С. Н. Батищев. — Воронеж: ВГЛТА, 2011. — 185 с.
5. Бартенев И. М. Эффективные способы и технические средства удаления пней [Текст] / И. М. Бартенев, Е. В. Поздняков. — Тракторы и сельхозмашины. — 2013. — № 9. — С. 13–16.
6. Винокуров В. Н. Машины, механизмы и оборудование лесного хозяйства [Текст]: справочник / В. Н. Винокуров, М. Е. Демкин, В. Г. Маркин и др. — М.: МГУЛ, 2002. — 439 с.

## Математическое моделирование композитов по экспериментальным данным

Пчелинцев Илья Алексеевич, студент;  
 Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, доцент  
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Предварительно рассмотрим задачу определения аналитических зависимостей по экспериментальным данным в общей постановке. Пусть результатом измерения физической величины, находящейся при проведении всей серии измерений в неизменном состоянии, является ряд чисел  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ,  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  — среднее арифметическое наблюдаемых значений (ошибки измерений:  $\Delta_1 = A - x_1, \Delta_2 = A - x_2, \dots, \Delta_n = A - x_n$ ;  $A$  — истинное значение измеряемой величины).

Если наиболее вероятным значением искомой величины  $A$  принять  $\bar{x}$ , то законом распределения случайных ошибок будет нормальный закон Гаусса с плотностью вероятностей

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $m$  — математическое ожидание;

$\sigma$  — среднее квадратическое отклонение случайной величины  $X$ .

В соответствии с теоремой Чебышева при достаточно большом числе независимых опытов среднее арифметическое  $\bar{x}$  наблюдаемых значений случайной величины  $X$  сходится по вероятности к её математическому ожиданию  $m$  (при бесконечно большом числе измерений истинное значение измеряемой величины  $A$  будет равно среднеарифметическому значению  $\bar{x}$  результатов всех произведённых измерений). Предполагается, систематические погрешности отсутствуют. Если измеряемая величина за время измерений меняется вследствие непостоянства другой величины, связанной с ней, то и в этих случаях будет наблюдаться статистический разброс, приводящий к случайным погрешностям (разброс будет уже проходить не относительно неизменного «истинного», или среднего значения измеряемой величины, а относительно изменяющегося «истинного значения»).

Установление эмпирической зависимости  $y = \varphi(x)$  сводится к проведению по данным экспериментальным точкам некоторой кривой (не ломаной), которая проходила бы как можно ближе к истинной функциональной зависимости  $y = y_u(x)$ .

Значению аргумента  $x_i$  соответствует истинное значение измеряемой величины  $y_u(x_i)$ , а в результате измерения вместо  $y_u(x_i)$  получим случайную величину  $y_i$ . Так как ошибки измерения величины  $y_u(x_i)$  распределены по нормальному закону с математическим ожиданием, равным  $y_u(x_i)$ , и со средним квадратическим отклонением  $\sigma_i$  (характеризует ошибку измерения), то случайная величина будет распределена по нормальному закону:

$$f_i(y_i) = \frac{1}{\sigma_i\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[y_i - y_u(x_i)]^2}{2\sigma_i^2}}, \quad (i = \overline{1, n}).$$

Таким образом, в результате ряда измерений произошло следующее событие  $B$ : случайные величины  $(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$  приняли совокупность значений  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ . Тогда установление эмпирической зависимости  $y = \varphi(x)$  сводится к подбору математических ожиданий случайных величин  $y_i$ , равных  $y_u(x_i)$ , чтобы вероятность события  $B$  была максимальной (принцип максимального правдоподобия). Оказывается, если точность измерения при всех  $x_i$  одинакова и равна  $\sigma$ , то, для того чтобы совокупность наблюдаемых значений  $(y_1, y_2, \dots, y_n)$  была наименее вероятной, нужно выбрать функцию  $\varphi(x)$  так, чтобы сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений  $y_i$  от  $\varphi(x_i)$  была минимальной:

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \varphi(x_i)]^2 = \min.$$

Способ согласования кривой  $y = \varphi(x)$  и экспериментальных точек, при котором выполняется это условие, носит название метода наименьших квадратов. Если из соображений, связанных с существом изучаемого явления или просто

с внешним видом наблюденной зависимости (расположения точек  $(x_i, y_i)$  на плоскости), выбран общий вид функции  $\varphi(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)$ , зависящий от нескольких числовых параметров  $a_0, a_1, a_m$ , и требуется выбрать  $a_k$  ( $k = \overline{1, m}$ ) так, чтобы выполнялось условие

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \varphi(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)]^2 = \min,$$

то значения  $a_k$  определяются из условий:

$$-2 \sum_{i=1}^n [y_i - \varphi(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)] \left( \frac{\partial \varphi}{\partial a_k} \right)_{x=x_i} = 0$$

или

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \varphi(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)] \left( \frac{\partial \varphi}{\partial a_k} \right)_{x=x_i} = 0.$$

Составление и решение этой системы упрощается в случае, когда функция  $\varphi(x_i, a_0, a_1, \dots, a_m)$  линейна относительно параметров. Тогда справедливо:

$$[\varphi_0, \varphi_0] a_0 + [\varphi_0, \varphi_1] a_1 + \dots + [\varphi_0, \varphi_m] a_m = [y, \varphi_0];$$

$$[\varphi_1, \varphi_0] a_0 + [\varphi_1, \varphi_1] a_1 + \dots + [\varphi_1, \varphi_m] a_m = [y, \varphi_1]$$

...

$$[\varphi_m, \varphi_0] a_0 + [\varphi_m, \varphi_1] a_1 + \dots + [\varphi_m, \varphi_m] a_m = [y, \varphi_m].$$

$$[y, \varphi_k] = \sum_{i=1}^n y_i \varphi_k(x_i); [\varphi_o, \varphi_k] = \sum_{i=1}^n \varphi_o(x_i) \varphi_k(x_i); \dots; [\varphi_m, \varphi_k] = \sum_{i=1}^n \varphi_m(x_i) \varphi_k(x_i).$$

В частном случае при сглаживании полиномом  $y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_m x^m$  коэффициенты  $a_0, a_1, \dots, a_m$  определяются из системы уравнений:

$$a_0 n + a_1 \sum_i x_i + a_2 \sum_i x_i^2 + \dots + a_m \sum_i x_i^m = \sum_i y_i;$$

$$a_0 \sum_i x_i + a_1 \sum_i x_i^2 + a_2 \sum_i x_i^3 + \dots + a_m \sum_i x_i^{m+1} = \sum_i x_i y_i;$$

...

$$a_0 \sum_i x_i^m + a_1 \sum_i x_i^{m+1} + a_2 \sum_i x_i^{m+2} + \dots + a_m \sum_i x_i^{2m} = \sum_i x_i^m y_i.$$

Рассмотренный подход использовался для установления связи между коэффициентами пластичности  $k_{пл}$  и структуры  $k_{стр}$  эпоксидных композитов (табл.1). Из расположения экспериментальных точек на плоскости при определении аналитической зависимости ограничились линейной зависимостью

$$k_{стр} = a_0 + a_1 k_{пл}, \quad (X = k_{пл}, \quad Y = k_{стр}).$$

Таблица 1

$k_{пл}$	0,08	0,43	0,47	0,51	0,52	0,6	0,7	0,9	0,93	1,4
$k_{стр}$	16,1	13,2	14,8	14,2	13,8	14,2	7,8	14,5	15	5,4

Искомая зависимость определена в виде

$$y = -6,5088x + 17,157;$$

возможность ограничиться линейной корреляционной связью между  $k_{стр}$  и  $k_{пл}$  следует из  $r_{xy} = -0,68$ .

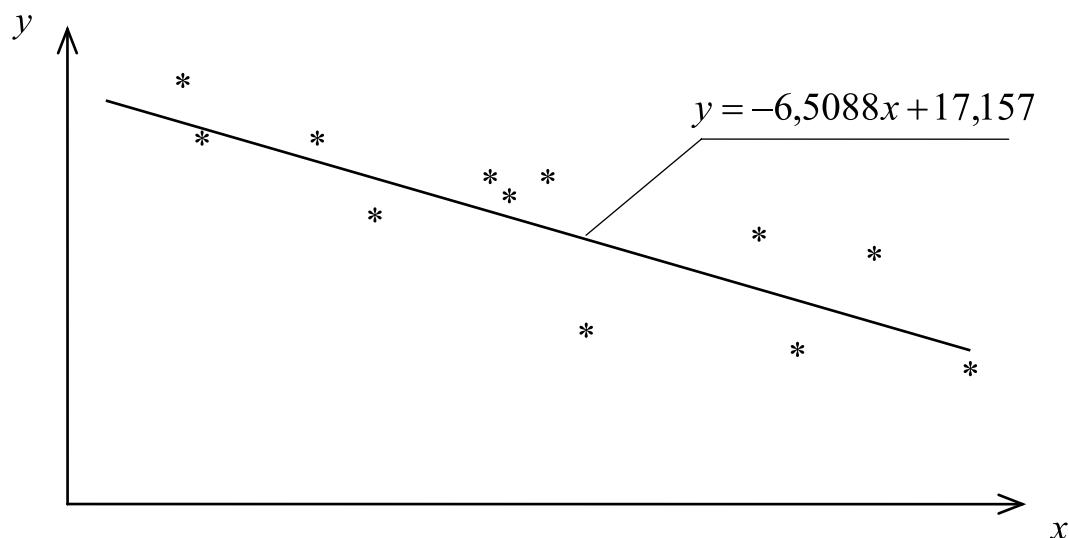


Рис. 1.

Так же определялась зависимость влияния содержания водорода  $H$  [вес. ч.] в бетоне на толщину [см] защиты при расчёте, исходя из допустимой дозы излучений синхротрона  $X_d$ , допустимого потока  $X_n$  при кратности ослабления  $10^7$  раз и плотности бетона  $2350 \text{ кг/м}^3$  (табл.2).

Таблица 2

$H$ , вес. ч.	0,1	0,35	0,61	0,81	1,09
$X_d$ см	1005	991	983	980	975
$X_n$ см	1133	1095	1077	1069	1060

Здесь линейная интерпретация дает большую погрешность. Поэтому были определены параметры квадратичной зависимости  $X_d$  от  $H$ . В соответствии с предыдущим была получена следующая искомая аналитическая зависимость в виде:

$$X_d = 28,308H^2 - 61,879H + 1010,3.$$

Для получения аналитических зависимостей часто используются и методы математического планирования эксперимента (полно- и дробно-факторные планы эксперимента, позволяющие получить интерполяционные полиномы во всем рассматриваемом факторном пространстве или его локальной области при существенном сокращении числа опытов в эксперименте).

Литература:

1. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Махонин А. С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях / Молодой ученый. — 2013. — № 5. С. 42–45.
2. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Пылайкин С. П. Подходы к многокритериальности сложных систем / Молодой ученый. — 2013. — № 6. С. 40–43.
3. Данилов А.М, Гарькина И. А. Методология проектирования сложных систем при разработке материалов специального назначения // Известия ВУЗов. Строительство, 2011 г. — № 1. — с. 80–85.
4. Будылина Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Сухов Я. И. Некоторые подходы к анализу и синтезу сложных систем / «Молодой ученый». — № 10 (57), 2013. — с. 105–107.
5. Будылина Е. А., Гарькина И. А. Данилов А. М. Моделирование с позиций управления в технических системах / Региональная архитектура и строительство. № 2 (16). 2013. — С. 138–143.
6. Гарькина И. А., Данилов А. М. Управление в сложных технических системах: методологические принципы управления / Региональная архитектура и строительство, № 1 (12), 2012. — с. 39–43

## Геометрическая нелинейность в задаче расчета напряженно-деформированного состояния оболочек вращения

Решетникова Елена Васильевна, кандидат технических наук, доцент;  
Гилева Анна Евгеньевна, магистрант  
Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета

Учет нелинейных составляющих в выражениях деформаций оболочки через перемещения координатной поверхности необходим для получения более точных результатов вычислительного эксперимента при расчете конструкций различного назначения. Использование линейных моделей для расчета напряженно-деформированного состояния оболочек вращения дает значительную погрешность при больших нагрузках. При учете геометрической нелинейности эта погрешность значительно уменьшается.

В данной работе представлена численная модель геометрически нелинейного деформирования упругих неорто-тропных пространственно армированных оболочек вращения, основанная на методе конечных элементов в варианте метода перемещений. Модель построена на основе статических гипотез и кинематических гипотезах типа Кирхгофа-Лява и Тимошенко с использованием вариационных принципов теории оболочек. В качестве узловых неизвестных в первом случае выбраны линейные перемещения и их производные, во втором к ним добавлены углы поворота нормали со своими производными.

Использованные статические гипотезы теории оболочек включают предположения об отсутствии нормальных напряжений, действующих вдоль нормали к координатной поверхности оболочки, и равенстве нулю напряжений поперечного сдвига на лицевых поверхностях. В выражении для энергии деформации напряжения поперечного сдвига считаются пропорциональными квадратичной функции нормальной координаты [1].

В качестве свободных переменных взяты значения линейных и угловых перемещений и их производные. Для модели, основанной на гипотезе Кирхгофа-Лява, угловые перемещения выражаются через остальные переменные [3].

При геометрически нелинейной постановке задачи деформации координатной поверхности оболочки вращения представляются в виде суммы линейной и нелинейной составляющих. Тензор деформаций координатной поверхности содержит восемь компонент, в случае гипотезы Тимошенко, и шесть, в случае гипотезы Кирхгофа-Лява, так как углы поворота нормали в последнем случае не учитываются.

Так как рассматривается вариант осесимметричного нагружения, перемещения и деформации зависят только от меридиональной координаты. В связи с этим нелинейные составляющие учитываются только в выражениях деформаций координатной поверхности в направлении меридиана оболочки [2]:

$$\varepsilon_s(s, \theta) = \frac{\partial u(s, \theta)}{\partial s} + \frac{w(s, \theta)}{R_s} + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial v(s, \theta)}{\partial s} \right)^2 + \left( \frac{\partial w(s, \theta)}{\partial s} \right)^2 \right] \quad (1)$$

где  $(s, \theta)$  — ортогональная система координат, заданная на координатной поверхности оболочки;  
 $u(s, \theta)$ ,  $v(s, \theta)$ ,  $w(s, \theta)$  — линейные перемещения координатной поверхности: вдоль дуги, окружности и нормали соответственно;

$R_s$  — радиус кривизны.

Для задания зависимости перемещений от меридиональной координаты используется интерполяция с помощью эрмитовых сплайнов третьего порядка, что позволяет получить достаточно качественное решение и обеспечивает непрерывность производных от перемещений [3].

Тогда формула для потенциальной энергии элемента выглядит следующим образом [1]:

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_S (\bar{\varepsilon} + \tilde{\varepsilon})^T D (\bar{\varepsilon} + \tilde{\varepsilon}) dS - \int_S (\bar{\varepsilon} + \tilde{\varepsilon})^T q_t dS - \int_S u^T p dS - Q(s_i) u(s_i) - M(s_i) \psi(s_i) \quad (2)$$

где  $S$  — площадь поверхности элемента;

$p$  — распределенная нагрузка;

$u$  — вектор перемещений координатной поверхности;

$Q(s_i)$ ,  $M(s_i)$  — сосредоточенные силы и моменты;

$s_i$  — текущая меридиональная координата;

$\psi$  — вектор углов поворота нормального элемента;

$q_t$  — начальные температурные воздействия;

$\bar{\varepsilon}, \tilde{\varepsilon}$  — соответственно линейные и нелинейные составляющие тензора деформаций координатной поверхности оболочки.

После суммирования по элементам и дифференцирования по степеням свободы условие минимума потенциальной энергии записывается в виде системы нелинейных алгебраических уравнений:

$$K \cdot \Delta = Q + \tilde{Q}(\Delta), \tag{3}$$

где  $K$  — глобальная матрица жесткости;

$Q$  — глобальный вектор узловых сил;

$\Delta$  — глобальный вектор узловых переменных;

$\tilde{Q}(\Delta)$  — глобальный вектор дополнительных узловых сил:

$$\tilde{Q}(\Delta) = \int_S \frac{\partial \tilde{\varepsilon}(\Delta)^T}{\partial \Delta} D \tilde{\varepsilon}(\Delta) dS + \int_S B^T D \tilde{\varepsilon}(\Delta) dS + \Delta^T \int_S B^T D \frac{\partial \tilde{\varepsilon}(\Delta)}{\partial \Delta} dS - \int_S \frac{\partial \tilde{\varepsilon}^T(\Delta)}{\partial \Delta} q_i dS. \tag{4}$$

Процесс решения происходит итерационно [4]. На первой итерации решается система линейных уравнений:

$$K \cdot \Delta = Q. \tag{5}$$

После этого найденное решение подставляется в вектор дополнительных узловых сил (4), который прибавляется к правым частям уравнений системы. Итерации продолжаются до достижения заданной точности.

По рассмотренному алгоритму была написана программа и проведены вычислительные эксперименты для анализа результатов учета геометрической нелинейности при решении модельных задач.

Результат вычислительного эксперимента, представленный на рисунке 1 свидетельствует о согласовании построенной модели с поведением реальной конструкции. Рассчитывалось напряженно-деформированное состояние полусферической оболочки, изготовленной из изотропного материала с модулем упругости  $E=200000$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\nu=0.3$ . Исследовалась зависимость нормальных перемещений от нагрузок. Модель построена с учетом гипотезы Кирхгофа-Лява. По результатам расчета (см. рисунок 1) видно, что при малых нагрузках (не превышающих  $15$  МН/м<sup>2</sup>), значения перемещений, рассчитанных с учетом нелинейных составляющих деформаций совпадают со значениями, рассчитанными без их учета. Начиная с нагрузки  $15$  МН/м<sup>2</sup> разница в результатах расчета заметна, а начиная с  $25$  МН/м<sup>2</sup> при учете геометрической нелинейности сходимость отсутствует; это может быть связано с потерей устойчивости.

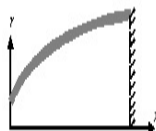


Рис. 1. Полусферическая оболочка

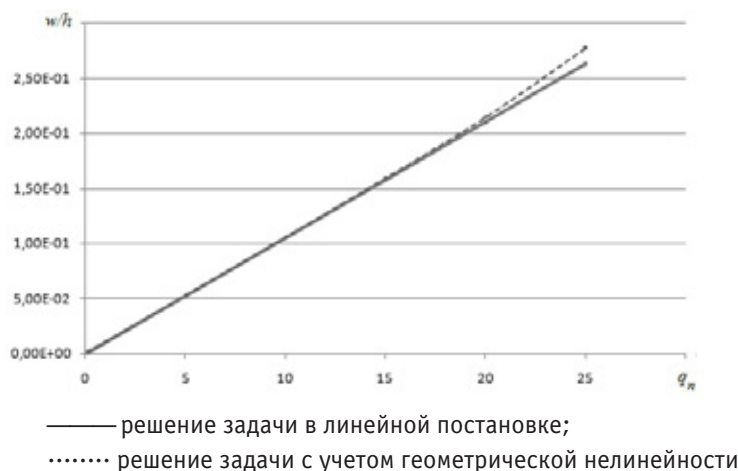


Рис. 2. Зависимость прогибов от нормальных нагрузок полусферической оболочки

Следующий вычислительный эксперимент показал, что уточнение решения, связанное с использованием геометрической нелинейности наиболее заметно при расчетах с использованием классической гипотезы Кирхгофа-Лява, чем с использованием уточненной гипотезы Тимошенко. На рисунке 3 представлены зависимости прогибов от ме-

ридональной координаты с учетом разных гипотез, полученные при расчете напряженно-деформированного состояния цилиндрической оболочки. Конструкция имеет следующие геометрические параметры:  $r = 500h$ ,  $L = 50h$ , где  $r$  — радиус,  $L$  — образующая,  $h$  — толщина стенки, изготовлена из изотропного материала с модулем упругости  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и коэффициентом Пуассона  $\nu = 0,3$ . Подвергается воздействию нормальной нагрузки  $q_n = 0,2 \text{ МН/м}^2$ .

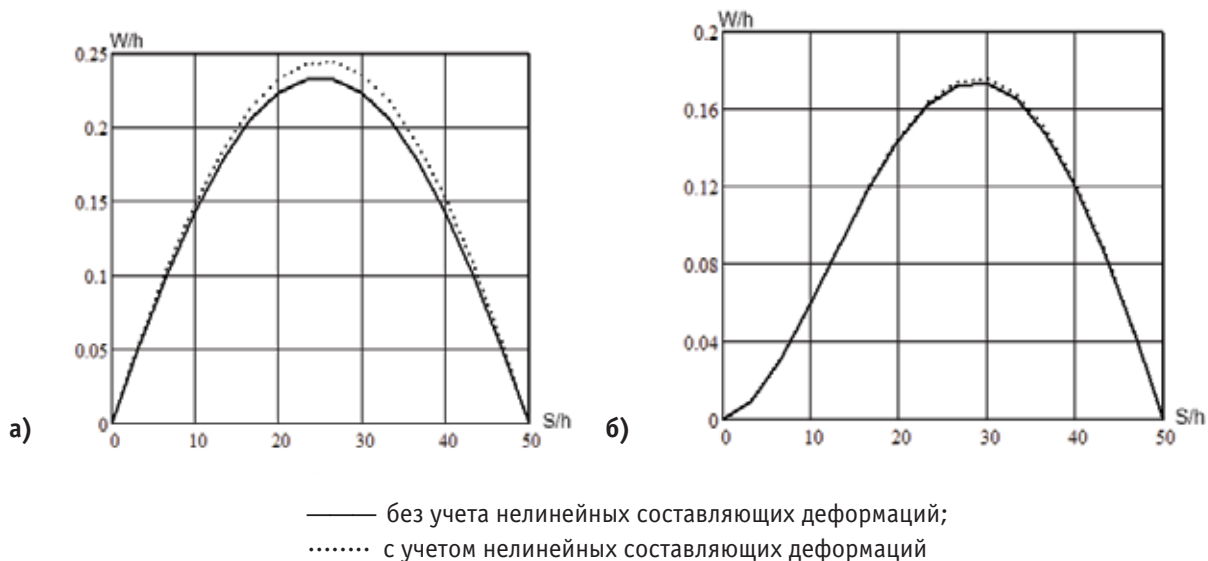


Рис. 3. Нормальные перемещения в цилиндрической оболочке, рассчитанные с учетом:  
 а) гипотезы Кирхгофа-Лява; б) гипотезы Тимошенко

На рисунке 3 явно видно различие результатов вычислительного эксперимента, полученных при применении гипотез Кирхгофа-Лява и Тимошенко. Прогибы, рассчитанные на основе применения классической гипотезы Кирхгофа — Лява (см. рисунок 3, а), больше чем рассчитанные на основе уточненной теории Тимошенко (см. рисунок 3, б). Учет геометрической нелинейности оказал значительное влияние на результат расчетов только при использовании теории Кирхгофа-Лява. В этом случае различия результатов расчетов по линейной и нелинейной модели составляют 5,556 % (см. рисунок 3, а). При использовании модели, основанной на гипотезе Тимошенко значительного уточнения результатов вычислительного эксперимента при учете нелинейных составляющих в выражениях деформаций координатной поверхности не наблюдается (составляет 1,6 %) (см. рисунок 3, б).

На рисунке 4 представлены результаты исследования поведения этой же цилиндрической оболочки при нагреве на  $5^\circ\text{C}$  и давлении  $q_n = 0,2 \text{ МН/м}^2$ .

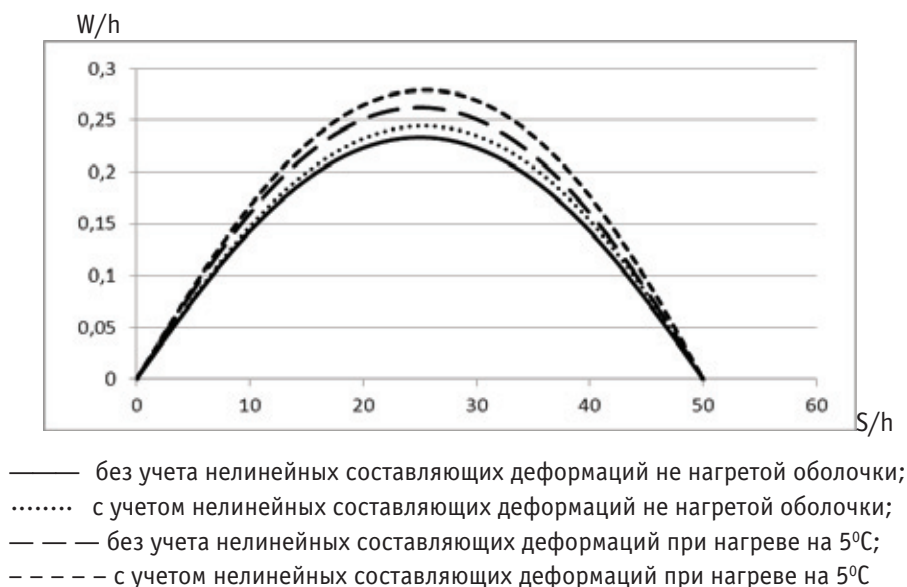


Рис. 4. Прогибы по меридиану цилиндрической оболочки при нагреве на  $5^\circ\text{C}$  и нормальных нагрузках  $q_n = 0,2 \text{ МН/м}^2$



По результатам расчета можно сделать вывод, что с ростом температуры разница между перемещениями, рассчитанными с учетом и без учета нелинейных составляющих, увеличивается, что свидетельствует о возрастании значимости нелинейных составляющих деформации.

Проведем расчет напряженно-деформированного состояния оболочки вращения, представляющую собой часть полусферы (см. рисунок 1), изготовленной из изотропного материала с модулем упругости  $E=2 \cdot 10^5$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\nu=0.3$ .

Сравнивались значения прогибов при одновременном воздействии нормального давления  $q_n=10$  МН/м<sup>2</sup> и растягивающей нагрузки вдоль меридиана  $Q_s=10$  МН/м, и при раздельном воздействии этих нагрузок с последующим сложением векторов перемещений (рисунок 5).

Результаты расчета нормальных перемещений с использованием линейной модели в случаях раздельного воздействия нагрузок с последующим сложением векторов перемещений и их одновременном воздействии полностью совпадают (см. рисунок 5,б), что не соответствует действительности. В случае же учета нелинейных составляющих деформаций заметно различие значений перемещений при раздельном и одновременном воздействии нагрузок (см. рисунок 5, а).

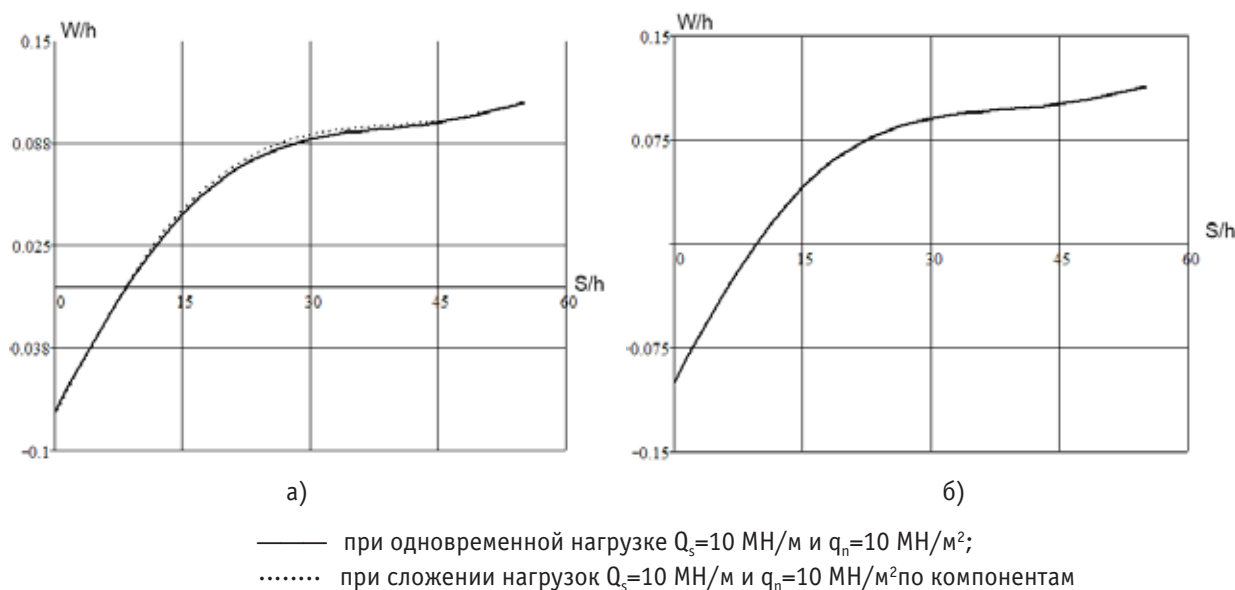


Рис. 5. Прогибы по меридиану полусферической оболочки:

а) без учета нелинейных составляющих деформаций; б) с учетом нелинейных составляющих деформаций

Следующий вычислительный эксперимент заключается в исследовании зависимости перемещений от нагрузок, при варьировании нормальных нагрузок с учетом гипотезы Кирхгофа-Лява. Зависимость перемещений от нагрузок представлена на рисунке 6.

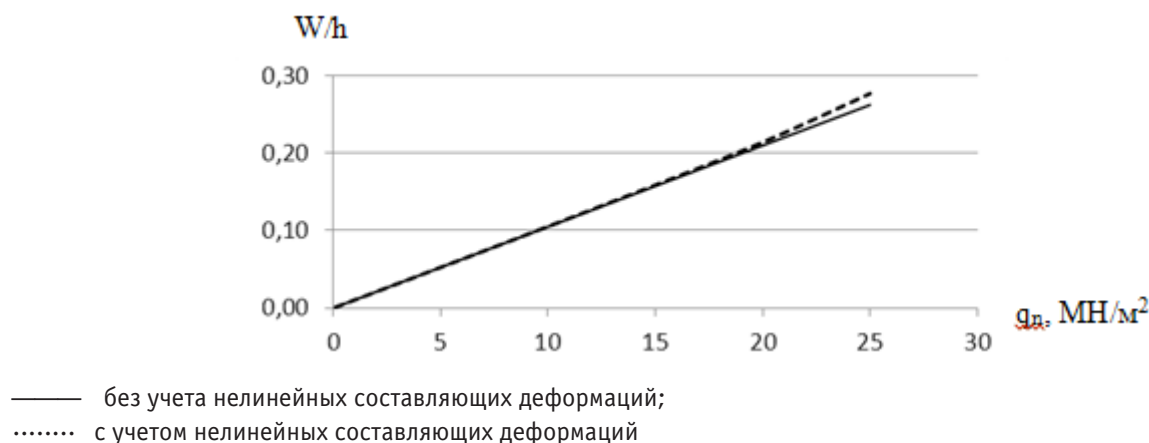


Рис. 6. Зависимость прогибов цилиндрической оболочки от нормального давления

Литература:

1. Решетникова Е. В. Численно-аналитическое моделирование статике, устойчивости и колебаний пространственно армированных оболочек вращения. Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.13.18. /Новокузнецк, 2005.
2. Механика композитных материалов и элементов конструкций: В 3-х т. Т.2. Механика элементов конструкций / А. Н. Гузь, Я. М. Григоренко, И. Ю. Бабич и др. — Киев: Наук. Думка, 1983. — 464 с.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. — М.: Мир, 1979. — 392 с.
4. Еременко С. Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел / С. Ю. Еременко. — Харьков: изд. «Основа» при Харьк. гос. ун-те, 1991. — 272 с.
5. Каледин В. О. Напряженно-деформированное состояние подкрепленных и составных ортотропных оболочек вращения [Текст] / В. О. Каледин, Е. В. Решетникова // Вопросы оборонной техники. Серия 15. Композиционные неметаллические материалы в машиностроении. — М.: НТИЦ «Информтехника». — 2002. — Вып. 1 (129). — с. 5–14.

## Особенности напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных элементов

Скачков Юрий Петрович, доктор технических наук, профессор;  
Снежжина Ольга Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
Кочеткова Майя Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Корнюхин Анатолий Владимирович, кандидат технических наук, доцент  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

При исследовании коротких балок ставилась задача — определить характер образования и развития трещин, схем разрушения; описать и проанализировать характер напряженно-деформированного состояния коротких железобетонных балок; выявить количественное и качественное влияние изучаемых факторов: пролета среза, схем армирования.

Программа исследований коротких балок предусматривала решение следующих вопросов: определение прочности и трещиностойкости балок без распределенной арматуры с пролетом среза  $a/h_0$  от 0,25 до 1,5; определение влияния горизонтальных и вертикальных хомутов на прочность и трещиностойкость балок с пролетом среза  $a/h_0$  от 1 до 1,5; определение влияния пролета среза на характер образования трещин, вид разрушения в балках без поперечной арматуры и в балках, армированных равномерно распределенной арматурой.

Авторами испытано три серии образцов: I серия — Б-1 — Б-6; II серия — Б-7, Б-8; III серия — Б-9, Б-10. Опытные образцы коротких балок проектировались прямоугольного сечения с размерами 25х40 см, длина образцов изменялась в соответствии с пролетом среза. Бетон принимался класса В 25, арматура класса А III. Шесть образцов Б-1 — Б-6 армировались только продольной растянутой арматурой, исследуемым фактором являлся пролет среза  $0,25 \leq a/h_0 \leq 1,5$ . Образцы Б-9, Б-10 армировались горизонтальными, Б-7, Б-8 — вертикальными хомутами. В этом случае исследуемым фактором являлся вид распределенного армирования при изменении  $a/h_0$  от 1 до 1,5. Все

образцы коротких балок имели одинаковое количество растянутой продольной арматуры  $\mu_s = 0,85\%$ .

Для улучшения визуального наблюдения за образованием трещин подготовка к испытаниям производилась в следующем порядке. Выполнялась зачистка и побелка поверхности бетона образцов. Для измерения деформаций бетона на боковую грань образца наклеивались тензодатчики с базой 50 мм.

Схема и общий вид установки для испытаний показана на рис. 1. Нагружение балок производилось гидравлическим домкратом ДГ-200 через систему распределительных траверс поэтапно: по 2000 кг до образования исследуемых трещин и далее, до разрушения. Схема нагружения показана на рис. 1. Определение ширины раскрытия трещин в бетоне производилась с использованием трубки Брюнелля.

### Характер образования и развития трещин в бетоне. Схемы разрушения

Все опытные образцы балок серии I с пролетом среза от 0,25 до 1,5 разрушились по сжатой зоне. Опытные балки Б-1, Б-2 с пролетом среза 0,25...0,5 разрушились по наклонной трещине, проходящей внутри сжатого подкоса. Примечательно, что траектории этих трещин приближаются к диагонали наклонной полосы бетона, расположенной между грузовой и опорной площадками. При этом трещина имеет быстрый характер образования, определяющий момент разрушения. Важно отметить, что ди-

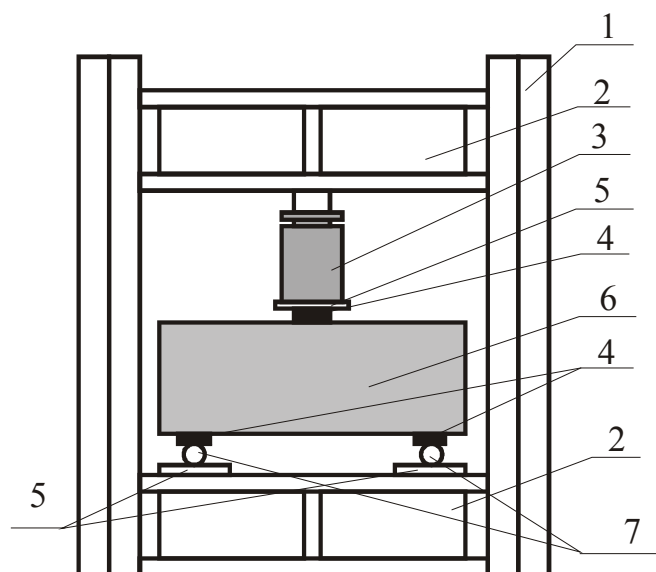


Рис. 1. Схема силовой установки испытания образцов-балок: 1 — металлическая рама; 2 — распределительная траверса; 3 — гидродомкрат; 4 — опорные площадки; 5 — жесткий штамп; 6 — испытываемый образец; 7 — катки

агональная трещина пересекает серию прерывистых наклонных трещин, характерных при раздавливании бетона.

Момент разрушения в балке Б-1 сопровождался выделением сжатой наклонной полосы наклонной трещины с внешней стороны у грузовой площадки, в балке Б-2 — образованием серии наклонных прерывистых трещин, расположенных у опорной и грузовой площадок, характеризующих раздавливание бетона.

Разрушение балок Б-3...Б-6 с пролетом среза 0,75...1,5 происходит по наклонным трещинам, расположенным в сжатом подкосе (вблизи внутренней границы этого подкоса). Характерно, что изначально наклонные трещины образуются в нижней части балки у внутренней части опорной площадки, и в момент ее образования длина составляет 0,8 от высоты. Усилие образования этой трещины составляет 0,6–0,5 от разрушающей. С увеличением пролета среза увеличивается количество трещин, образующихся в бетоне растянутой зоны. В момент разрушения в балках Б-3, Б-4 происходит слияние граничной трещины с трещиной, траектория которой приближается к диагонали условной сжатой полосы. Таким образом, граничные наклонные трещины, выделяющие сжатый подкос с внутренней стороны, переходят в диагональную трещину.

В балках Б-5, Б-6 с пролетом среза 1,25–1,5 разрушение сжатой полосы сопровождалось местным разрушением бетона под грузовой и опорными площадками, имеющим клинообразный характер. В момент разрушения зоны сжатия объединялись одной либо двумя близко расположенными наклонными трещинами. Длина этих трещин составляла примерно 0,7 от высоты балки, траектория трещины смещалась к внутренней грани сжатой полосы, то есть в сторону максимальных сжимающих напряжений.

В балке Б-7 разрушение сжатой полосы характеризу-

ется наличием прерывистых наклонных трещин, концентрирующихся у внутренней грани наклонной сжатой полосы, то есть в зоне максимальных напряжений внутри сжатой бетонной полосы. Балка Б-8 с вертикальными хомутами и пролетом среза 1,5 разрушалась по сжатой бетонной полосе при активном развитии наклонной трещины с диагональной траекторией внутри сжатого подкоса. При этом, в балках Б-7 и Б-8 разрушающая сила увеличилась в 1,65–1,6 раза по сравнению с балками без распределенного армирования.

В балке Б-9 с пролетом среза  $a/h_0=1$  разрушение происходило почти одновременно по сжатой и растянутой зоне. Основной характеристикой вида разрушений является активное развитие наклонных и вертикальных трещин и увеличение их количества. Разрушающее усилие возросло в 1,4 раза. Разрушение балки Б-10 произошло по растянутой зоне с активным раскрытием вертикальных трещин, выделяющих сжатую зону бетона. Разрушающее усилие увеличилось в 1,5 раза по сравнению с балками без распределенного армирования.

Выявлено четыре вида трещин. К *первому* виду отнесены вертикальные трещины Т-Р, расположенные в растянутой зоне балки. Ко *второму* виду отнесены наклонные трещины, названные граничными, — Т-Г. Характер расположения их меняется. Они могут выделять сжатую зону бетона как с внутренней, так и с внешней стороны, либо только с одной из сторон. К *третьему* типу отнесены: серия параллельных прерывистых наклонных трещин, расположенных в сжатой зоне бетона, — ΣТ-О, и, наконец, к *четвертому* типу отнесены магистральные наклонные трещины, расположенные внутри сжатой наклонной полосы, — Т-О [1,2]. Схема расположения трещин показана на рис. 2.

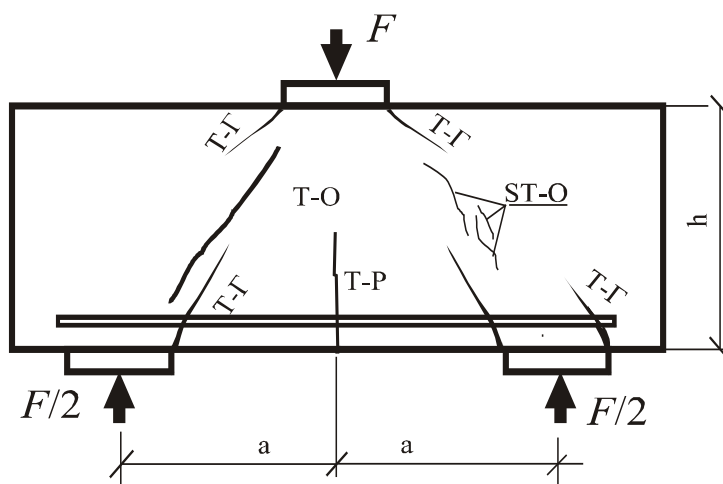


Рис. 2. Классификация трещин коротких балок

Особенности напряженно-деформированного состояния коротких балок

По показаниям тензодатчиков построена общая картина траекторий главных деформаций для балок с пролетом среза  $0,25 \leq a/h_0 \leq 1,5$ . Выявлено, что в коротких балках главные сжимающие напряжения концентрируются в наклонных участках, расположенных между грузовой и опорными площадками. Главные растягивающие напряжения концентрируются в горизонтальных участках, расположенных вдоль нижней грани балки. Особенность характера изменения положения наклонных участков, в пределах которых концентрируются главные сжимающие напряжения при увеличении пролета среза от 0,25 до 1,5, заключается в том, что при увеличении пролета среза снижается угол наклона главных сжимающих напряжений, уменьшается ширина наклонного участка, в пределах которого происходит концентрация главных сжимающих напряжений. Кроме того, увеличивается значение главных сжимающих напряжений у внутренней грани наклонного участка. Согласно картине напряженно-деформированного состояния коротких балок с  $a/h_0$  от 1 до 1,5, поверхность бетона разделяется на характерные зоны. Первая зона представляет собой наклонную полосу, расположенную между грузовой и опорной площадками, в пределах которой концентрируются главные сжимающие напряжения. Вторая зона представляет собой горизонтальный участок в нижней части балки, в пределах которого концентрируются главные растягивающие напряжения. Третья и четвертая зоны располагаются с внутренней и с внешней стороны сжатого наклонного участка бетона и характеризуются малыми напряжениями [3,4].

#### Влияние исследуемых факторов

С увеличением пролета среза от 0,25 до 1,5 разрушающее усилие снижается в 1,6 раза, усилие образования

трещин — в 2,3 раза, максимальная величина раскрытия трещин составляет 0,8–1,3 мм. С увеличением пролета среза от 1 до 1,5 в балках, армированных распределенной арматурой, разрушающее усилие снижается в 1,28 раза, усилие образования трещин — в 1,45 раза, максимальная величина раскрытия трещин составляет 0,6–1 мм. В балках, армированных распределенной арматурой в виде горизонтальных и вертикальных хомутов, разрушающее усилие увеличивается в 1,4–1,65 раза, усилие образования трещин увеличивается в 1,3–1,7 раза при изменении пролета среза от 1 до 1,5.

#### Выводы:

- основную роль в сопротивлении коротких балок, играют главные сжимающие и главные растягивающие напряжения;
- особенностью напряженно-деформированного состояния коротких балок с  $a/h_0$  от 1 до 1,5 является снижение угла наклона траекторий главных сжимающих напряжений; уменьшение ширины сжатой бетонной полосы и концентрация главных сжимающих напряжений у внутренней грани наклонной бетонной полосы;
- выявлено четыре вида характерных трещин: наклонные трещины, выделяющие сжатую полосу бетона, вертикальные трещины в бетоне растянутой зоны, серия наклонных прерывистых трещин, характерных при раздавливании бетона и наклонные трещины, расположенные внутри сжатой наклонной полосы;
- в балках с пролетом среза  $a/h_0$  от 1 до 1,5, так же как и в балках с  $a/h_0 \leq 1$ , выявлено два вида разрушения — разрушение по наклонной сжатой бетонной полосе и по растянутому арматурному поясу;
- определенные схемы разрушения и трещинообразования коротких железобетонных балок учтены при составлении Норм проектирования.

Литература:

1. Баранова Т. И. Гармонизация методов расчета железобетонных балок с различным пролетом среза /Т. И. Баранова, О. В. Снежкина // Вестник отделения строительных наук РААСН. — 1998. — № 2. — с. 41–45.
2. Скачков Ю. П. Определение схем разрушения и трещинообразования коротких железобетонных балок по экспериментальным данным / Ю. П. Скачков, О. В. Снежкина, М. В. Кочеткова, А. В. Корнюхин // Региональная архитектура и строительство. — 2013. — № 3. — с. 74–82.
3. Снежкина О. В. Короткие балки. Моделирование физической работы: монография/ О. В. Снежкина, М. В. Кочеткова, А. В. Корнюхин. — Пенза: ПГУАС, 2011. — 124 с.
4. Корнюхин А. В. Экспериментально-теоретические исследования толстых плит: монография./ А. В. Корнюхин, О. В. Снежкина, М. В. Кочеткова. — Пенза: ПГУАС, 2013. — 132 с.

## Прогнозирование развития ассортимента детской одежды по сезонам и назначению

Славинская Алла Людвиговна, доктор технических наук, профессор;  
Гайдашевская Елена Борисовна, соискатель  
Хмельницкий национальный университет (Украина)

*В статье представлен анализ внешних факторов, влияющих на деятельность предприятия, и сформулирован ассортимент детской одежды по признакам назначения и сезонности одежды. По назначению рассмотрены более подробно следующие группы одежды — повседневная и одежда для школы с учётом сезонного формирования комплектов.*

**Ключевые слова:** *ассортимент детской одежды, перечень ассортиментных единиц, сезонность одежды.*

Для обеспечения высокого уровня качества и конкурентоспособности продукции швейные предприятия Украины расширяют ассортимент, учитывая значительные сокращения сроков проектирования новых моделей.

Разработка предпринимательского проекта, что предполагает создание нового или усовершенствованного существующего предприятия по изготовлению швейных изделий, начинается с определения его места в системе рыночных отношений, которые сложились, путём создания стратегии целей развития [1].

Функционирование предприятия в рыночных условиях невозможно без комплексного анализа факторов, влияющих на его деятельность.

К таким факторам, которые не контролируются предприятием, относят: технологические (уровень развития научно — технического прогресса), международные (влияние международного рынка товаров); экономические (влияние инфляции, уровень занятости, стабильность национальной валюты); политические (законодательство страны рынка, правительственные постановления, указы президента) социально — культурные (отношение к предприятию различных групп населения); рыночные (возможность проникновения на рынок, распределение сегментов, перспектива развития рынка и его структуры); конкуренты (условия, доминирующие на рынке товаров, возможность сосуществования и т. д.). Анализ внешних

факторов необходим для своевременного выявления угроз и возможностей предприятия [2].

Для предприятий швейной промышленности одним из основных вопросов в их деятельности является ассортиментная политика, которая рассчитана на конкретные группы потребителей [3].

Ассортимент одежды является сложным техническим объектом. Ассортимент изготавливаемой одежды всегда должен быть ориентирован на реальную рыночную ситуацию. Прогнозирование структуры ассортимента должно обеспечить соответствие между предложением продукции и спросом на неё.

В процессе управления ассортиментом выпускаемой продукции фирмы принимают такие меры:

— периодически проводят ревизию имеющегося ассортимента и принимают решение о конструктивных изменениях товаров и технологии производства, а также относительно дополнения товарного ассортимента новыми изделиями и изъятия отдельных товаров с производства;

— непрерывно контролируют влияние внешних факторов — снижение и повышение спроса на отдельные товары на определённых сегментах рынка, изменения товарного предложения конкурентов, совершенствование технологии производства и т. п.;

— осуществляют технические исследования товаров и процессов их потребления в зависимости от потребностей и положения фирмы на рынке;

— обеспечивают соответствующее обслуживание потребителей по организации использования товаров имеющегося ассортимента и оказание помощи в оценке специфических индивидуальных требований заказчиков;

— обеспечивают необходимую интенсификацию усилий для формирования спроса при оценке, создание и предложения рыночного нового товара и дальнейшего стимулирования спроса на него;

— осуществляют целенаправленный поиск идей новых товаров;

— обеспечивают координацию усилий и максимальную оперативность действий в течение всего процесса разработки нового товара.

Формирование ассортимента — непрерывный процесс, продолжающийся в течение всего жизненного цикла продукции.

Прогнозирование развития ассортимента детской одежды — процесс предсказания его будущего состояния, на основе анализа прошлого и настоящего, систематической информации о качественных и количественных характеристиках развития ассортимента одежды в перспективе. Результатом прогнозирования является прогноз — знание о будущем и о вероятном развитии сегодняшних тенденций развития ассортимента детской одежды [1].

Поскольку ассортимент одежды очень широк и разнообразен, его классифицируют по многим признакам: по назначению, по способу использования, по сезону, по полу, по возрасту, по конструкции, по силуэту [4]. Классификация одежды для детей школьного возраста по совокупности признаков приведена на рисунке 1.

На данном этапе исследования проанализирована информация путем обработки учебных пособий, научной литературы отечественных и зарубежных авторов, подборок систем периодических изданий. Составлен списочный перечень ассортиментных единиц одежды, которые приведены в вышеперечисленных источниках.

Учитывая общий объем перечисленных единиц, выделены те ассортиментные единицы, которые перечислены в литературе наибольшее количество раз, в частности те, доля которых от общего объема ассортиментных единиц превышает 15 %. Все другие ассортиментные единицы считаем случайными и не принимаем во внимание. Списочный перечень приведен в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, многообразие ассортиментных единиц является весьма ограниченным, поскольку проработанная литература предлагает более консервативный и сдержанный стиль для девочек анализируемого времени. Основными изделиями являются платье и пальто.

На следующем этапе проанализировано ассортимент детской одежды, который предлагают магазины розничной торговли детской одежды в г. Хмельницком, Украина — «Бэмби», «Чиполинко», «Тигрес». Составлен перечень ассортиментных единиц, также обработано информацию из сети Интернет. Рассмотрен ассортимент одежды следующих Интернет-магазинов: peppy.com.ua, sela-shop.ua, msuzie-shop.ru, zironka.com.ua, ksf.com.ua klumba.ua, baby-teen.com.ua, detki-modniki.com.ua. Создан электронный каталог, по которому подсчитано количественное выражение каждой ассортиментной единицы в общем ассортименте одежды. Определены основные ассортиментные единицы и их сочетания, которые предлагают потребителям предприятия-производители детской одежды.

Учитывая структуру сегодняшних Интернет-магазинов, в ассортименте одежды выделены группы по назначению, в частности рассматривалась одежда для школы и повседневная. Это позволяет провести анализ статистических данных с учетом назначения одежды. Создан списочный перечень ассортиментных единиц, приведенных в Интернет-магазинах. Как и в предыдущей обработке информации рассчитана доля каждой ассортиментной единицы от общего объема. Исходя из рекомендаций [2] принимаем во внимание количество ассортиментных единиц, превышающих

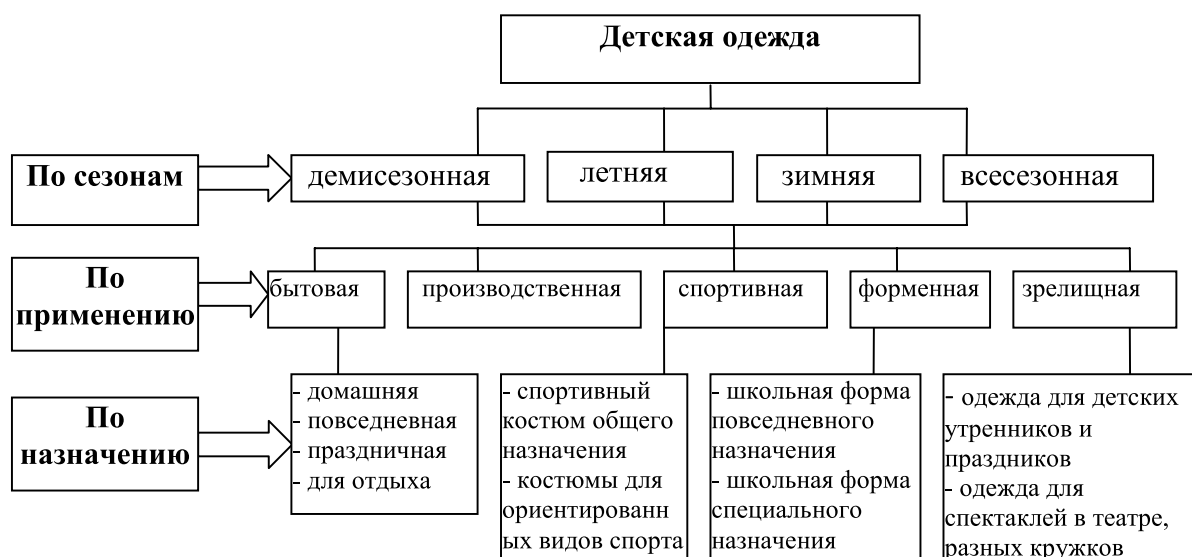


Рис. 1. Классификация детской одежды

Таблица 1. Перечень ассортиментных единиц одежды

Ассортиментная единица	Доля от общего объема ассортиментных единиц, %
Платье	17,40
Пальто	17,20
Юбка	16,60
Блузка	16,40
Сарафан	16,20
Брюки	15,20

Таблица 2. Перечень ассортиментных единиц одежды с учетом вектора назначения

Одежда по назначению	Ассортиментная единица	Доля от общего объема ассортиментных единиц, %	Одежда по назначению	Ассортиментная единица	Доля от общего объема ассортиментных единиц, %
Повседневная одежда	Брюки	9,1	Одежда для школы	Жакет	7,85
	Капри	7,2		Штаны	8,0
	Бриджи	7,1		Юбка	7,7
	Сарафан	7,6		Сарафан	8,0
	Шорты	7,1		Блузка	7,40
	Полукомбинезон	7,1		Платье	7,25
	Болеро	7,1		Шорты	7,20
	Кардиган	7,1		Бриджи	7,20
	Гольф	7,8		Свитер	7,40
	Свитер	7,1		Туника	7,1
	Футболка	7,9		Гольф	8,15
	Пальто	7,6		Пальто	7,25
	Куртка	7,2		Куртка	7,25

7%, как предел стремительного спада процентного показателя. Обработанные данные представлены в таблице 2.

На третьем этапе уточнения информации дополнительно проведено анкетирование родителей девочек младшего школьного возраста. В ходе исследования для сбора первичной информации было опрошено 32 родителей. По

результатам обработки анкет, была установлена определенная тенденция в количественном соотношении ассортиментных единиц в гардеробе. При анкетировании учтен признак сезонности, что позволило проанализировать статистические данные с учетом сезонности одежды. Перечень ассортиментных единиц представлен в таблице 3.

Таблица 3. Результаты анализа ассортиментных единиц с учетом признака сезонности

Демисезонная одежда		Летняя одежда		Зимняя одежда	
Ассортиментная единица	Доля от общего объема ассортиментных единиц, %	Ассортиментная единица	Доля от общего объема ассортиментных единиц, %	Ассортиментная единица	Доля от общего объема ассортиментных единиц, %
Брюки	9,1	Юбка	9,6	Брюки	20,5
Юбка	9,1	Шорты	9,05	Юбка	10,4
Капри	7,7	Брюки	8,3	Полукомбинезон	7,2
Жакет	8,05	Бриджи	7,35	Сарафан	10,8
Сарафан	8,4	Платье	7,45	Гольф	16,2
Блузка	14,35	Сарафан	8,25	Свитер	15,1
Гольф	12,2	Блузка	8,25	Кофта	9,8
Кофта	7,0	Футболка	13,65	Кофта на застёжке	7,6
Кофта на застёжке	7,35	Топ	12,2		
Пальто	8,05	Кофта	7,4		
Куртка	7,7	Кофта на застёжке	7,4		

Это позволило проанализировать ассортимент одежды для девочек по признакам назначения и сезонности одежды. По сезонам одежду разделено на демисезонную, летнюю и зимнюю. По назначению рассмотрены более подробно следующие группы одежды — повседневная и одежда для школы, мотивируя это тем, что процентное соотношение этих двух групп в гардеробе каждого ребенка значимое по сравнению с другими группами и предусматривает их выпуск как наиболее прибыльный для производителей детской одежды.

Для формирования ассортимента, выполнено перекрестный анализ путем сопоставления полученных статистических данных об ассортименте одежды, который предлагают Интернет — магазины, и результаты анкетирования родителей детей. Установлены общие для обоих исследований ассортиментные единицы, что позволило выделить ассортиментные единицы, которые еще несколько лет будут востребованы на рынке и наличие которых в гардеробе девочки обеспечит его рациональность. Трикотажные изделия исключены, рассмотрены лишь швейные изделия. В формировании информации учтены: по горизонтали — ассортимент одежды по сезону, по вертикали — классификация ассортимента по вектору назначения. Также для применения функциональной типизации ассортиментные единицы одежды разделены в зависимости от числа конструктивных отверстий: тип пальто, тип брюк, тип юбки, тип комбинезона. Тип пе-

лерины не используется для одежды девочек младшего школьного возраста.

Систематизированная информация представлена в таблице 4.

Таким образом, сформированная по принципу комплектности структура ассортимента обеспечивает разработку ассортиментной политики предприятия производителя детской одежды, с учётом соответствия между предложением продукции и спросом на нее.

Рассмотренная группа потребителей детской одежды имеет свои предпочтения к стилю и оформлению изделий в комплекте.

В стилевом решении комплекта предпочтение отдается классическому и спортивному стилям, так как эти стили наиболее обеспечивают модные ощущение собранности и удобства в деловой рабочей атмосфере.

Согласование вещей в комплекте происходит по принципу пропорционального соотношения и пластического сочетания форм. Пропорциональное отношение верхней части комплекта (блузы, жакета) к его нижней части (юбки, брюк) передается соотношением простых чисел (1/3, 2/3 и т. д.) [5].

Формы костюма соединяются между собой по принципу простого примыкания форм взаимоперекрещивания форм и зависимости форм, расположенных на расстоянии. Примером простого примыкания форм служат комплекты, состоящие из блузы и юбки или брюк с рубашкой,

Таблица 4. Формирование ассортимента детской одежды по сезонам и назначению за показателем функциональной типизации

Вектор использования		Сезонность					
		Демисезонный		Летний		Зимний	
		Тип пальто	Пальто, куртка, сарафан	Тип пальто	Сарафан	Тип пальто	Пальто, куртка
Повседневный	Тип брюки	Брюки, капри	Тип брюки	Брюки, шорты, бриджи	Тип брюки	Брюки	
	Тип юбка	Юбка	Тип юбка	Юбка	Тип комбинезон	Полукомбинезон	
	Тип пальто	Пальто, куртка, жакет, сарафан, блуза	Тип пальто	Платье, сарафан, блузка	Тип пальто	Пальто, куртка, сарафан	
Для школы	Тип брюки	Брюки	Тип брюки	Брюки, шорты	Тип брюки	Брюки	
	Тип юбка	Юбка	Тип юбка	Юбка	Тип юбка	Юбка	
	Тип пальто	Пальто, куртка, жакет, сарафан, блуза	Тип пальто	Платье, сарафан, блузка	Тип пальто	Пальто, куртка, сарафан	



если блузка или рубашка заканчиваются у пояса юбки или брюк, то есть у края одного изделия начинается второй изделие.

Примером взаимоперекрещивания форм могут выступать комплекты, состоящие как минимум из трех вещей, например, блузка, брюки и жилет до линии бедер с высокой застежкой спереди. Форма жилета, как верхней части, по отношению к брюкам полностью не закрывает их: края жилета (низ, пройма и горловина) якобы перекрещивают формы брюк и блузы, которые выходят из-под него. Этот принцип положен в основу многослойности одежды.

Зависимость формы, расположенных на расстоянии, это соответствие форм обуви и дополнений (сумок) формам одежды.

Выбор и утверждение принципа сочетания форм влияют на степень открытости или замкнутости формы костюма в целом.

В целом примыкания форм дает замкнутое построение костюма. В взаимоперекрещивании форм прослеживается тенденция открытости формы. Само же пересечения «пронизывания» формы возможно только тогда, когда одна из форм имеет открытый характер.

При проектировании комплектов одежды широко используют пластические свойства материалов — от изделий, выполненных из одной ткани, из тканей — компаньонов (тканей одной линейной плотности, но различных структур), ткани с различным составом смесей, изделий, которые изготовлены из тканей контрастных пластиче-

ских свойств (это зависит от вида волокон, характера пряжи, структуры переплетения, обработки ткани). Разнообразие тканей значительно возрастает, если учитывать рисунок ткани. Сочетание цветов в комплектах строится на принципах контрастности, родства или родственно — контрастного сочетания.

Требования стиливого единства изделий комплекта задают характер всем составляющим. Композиционно это достигается повторением или развитием тех линий, которые обеспечивают утилитарно-практическую функцию. В таком случае, если блузка на кокетке, то юбку или брюки также выполняют на кокетке (это принцип тождества в решении комплекта). Но также в юбке можно использовать вертикальные швы, подчеркнуть их строчкой (принцип контрастного решения).

Существенную роль играет правильный выбор материалов. Так, при построении композиции на контрасте зон расположения в изделиях конструктивных линий, материалы должны их объединять.

Активным средством является цвет. По разным характеристикам, а именно, по плотности и пластическим свойствам ткани — цветовое решение предоставит комплект, который соединяет в себе целостность и единство. Комбинируя различные элементы формы, получают многочисленные варианты изделий одного назначения [6].

Таким образом, построение комплекта происходит по принципам сочетания форм и их гармонизации, пропорциональности и приведения конструкции и пластики формы к стиливого единству.

#### Литература:

1. Дианич М. М. Ассортимент и качество одежды для детей / Дианич М. М., Кушнир Н. К., Семак Б. Д. — К.: Техника, 1988. — 175 с.
2. Лапуста М. Г. Предпринимательство 2-е изд. — Инфра-М, 2004. — 224 с.
3. Современные формы и методы проектирования швейного производства: Учебное пособие для вузов и сузов / Т. М. Серов, А. И. Афанасьева, Т. И. Илларионова, Р. А. Дель. — М.: Московский государственный университет дизайна и технологии, 2004. — 288 с.
4. Коблякова Е. Б. Конструирование одежды с элементами САПР: Учеб. Для вузов / Е. Б. Коблякова, Г. С. Ивлева, В. Е. Романов и др. — 4-е изд., перераб. и доп.; Под ред. Е. Б. Кобляковой. — М.: Легпромбытиздат, 1988. — 464 с.
5. Козлова Т. В. Моделирование и художественное оформление женской и детской одежды. 2 — е изд., перераб. и доп. / Т. В. Козлова, Л. Б. Ритвинская, З. Н. Тимашева — М.: Легпромбытиздат, 1990. — 320 с.
6. Пармон Ф. М. Композиция костюма: Учеб. для вузов / Ф. М. Пармон. — М.: Легпромбытиздат, 1985. — 264 с.

## Разработка и исследование алгоритма коррекции ночных изображений бюджетных web-камер

Строев Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент;  
Куликов Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;  
Клюева Ирина Николаевна, магистрант;  
Акиншина Вера Сергеевна, магистрант  
Тамбовский государственный технический университет

**1 Введение.** При оценке состояния центральной нервной системы больного и дифференциальной диагностики между эпилептическими и неэпилептическими причинами заболевания, большое значение имеет метод непрерывного видеонаблюдения за поведением больного и синхронизированная запись ЭЭГ.

Для большинства больных эпилепсией обычная запись ЭЭГ в течение 20 минут является единственно необходимым тестом. Однако, этот период недостаточно продолжителен, чтобы можно было зарегистрировать эпилептическую активность, и маловероятно, что именно в это время произойдет клинически выраженный приступ или припадок, поэтому длительная регистрация ЭЭГ дает возможность выявить редко проявляющиеся патологические изменения биоэлектрической активности мозга. [1]

Вследствие чего желательна проведение видео-ЭЭГ-мониторинга состояния пациента во время дневного и ночного сна.

Видео-ЭЭГ-мониторинг состояния бодрствования и сна является совершенно безвредным методом исследования, не имеющим противопоказаний, и может проводиться в любом возрасте, а том числе и детям раннего возраста, любое количество раз.

Для проведения видеомониторинга необходимы видеокамеры высокой чувствительности или ИК-подсветкой. Камеры с высокой чувствительностью являются дорогостоящими. Камеры с ИК-подсветкой имеют ряд недостатков — изображение лица человека формируется с измененной мимикой, а также возникают дополнительные помехи от стекла, стен, кафеля.

Поэтому актуальной является задача разработки системы дистанционного видеомониторинга с применением бюджетных web-камер с низкой чувствительностью. При этом выдвигается гипотеза, что разработчики бюджетных web-камер не использовали полностью возможности улучшения изображений для адаптации в ночных условиях.

Цель работы повышение качества формирования изображений бюджетными web-камерами в сложных условиях.

### 2. Разработка алгоритма коррекции ночных изображений бюджетных web-камер

#### *Постановка задачи на исследование*

1. Экспериментальное определение характеристик web-камеры:
  - формирование тестовых полутоновых изображений с заданным интервалом (1 минута);
  - определение по тестовым полутоновым изображениям момента не восприятия камерой наблюдаемых объектов;
  - определение по тестовым полутоновым изображениям момента окончания изменения уровней яркости с увеличением освещенности;
  - отбор изображений в данном временном диапазоне, сформированных через равные промежутки времени;
  - проведение визуального анализа затемненных изображений.
2. Построение гистограмм для отобранных изображений.
3. Подбор аппроксимирующих функций для каждого уровня яркости тестового изображения.
4. Разработка алгоритма восстановления изображения на основе дневного с использованием аппроксимирующих функций для каждого уровня яркости тестового изображения.



Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки

Описание установки: тестовое изображение передается на web-камеру (в нашем случае D-Link DSB с 320). С камеры оно поступает на ПК в базу хранения изображений. В дальнейшем из базы хранения они поступают блок обработки изображения. Где и происходит повышение качества изображений, снятых в сложных условиях (в ночное и сумеречное время)? Когда распознавание предметов очень низкое.

**Разработка алгоритма для web-камеры DSB с320**

Использование набора полутоновых областей позволяет сформировать гистограмму распределения яркостей изображения. Изменение гистограммы фиксировалось в течение перехода от дневного освещения к ночному с интервалом в одну минуту.

Из полученной базы изображений, были выбраны кадры, характеризующие переход от четкого изображения к новому его визуальному отсутствию.

Для каждой области тестового изображения (рис. 2) были построены графики изменения яркости со временем (рис. 3).



Рис. 2

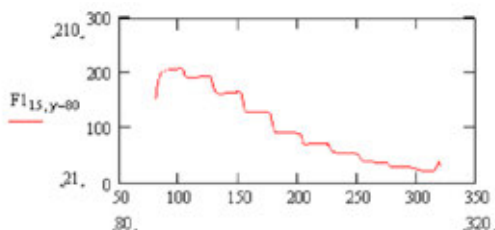


Рис. 3

Для каждого графика были подобраны аппроксимирующие функции

$$I_t = I_{dn} \cdot e^{-\frac{(0.5t)^{2.7}}{c1}} \tag{1}$$

где  $I_{dn}$  — яркость области тестового изображения в дневное время суток;  
 $c1$  — коэффициент, характеризующий скорость уменьшения яркости изображения.

На рис. 4 приведены графики  $F_t$  относительного изменения яркости области тестового изображения со временем для девяти градаций яркости, построенные по аппроксимирующим функциям.

Для каждого дискрета времени были проанализированы значения коэффициентов  $c1$  и относительных яркостей тестовой области  $R = \frac{I_{dn}}{I_{0dn}}$ , где  $I_{0dn}$  — максимальная яркость тестового изображения в дневное время суток. В результате было отмечено приблизительное равенство  $c1$  и  $R$  (рис. 5).

В результате замены  $c1$  на  $R$  получим следующее выражение:

$$I_t = I_{dn} \cdot e^{-\frac{(0.5t)^{2.7} \cdot I_{0dn}}{I_{dn}}}$$

Полученное выражение позволяет получить выражение для яркости каждой области со временем.

На рис. 6 представлены графики изменений относительных яркостей областей изображения, характеризующие степень амплитудных искажений изображений в различные дискреты времени.

При этом наблюдается тенденция понижения яркости участков с исходной малой яркостью. Полученные зависимости позволяют получить значения коэффициента коррекции  $z_t$  и восстановить  $I_{dn}^*$  исходные яркости изображения:

$$I_{dn}^* = I_t \cdot z_t.$$

Недостаток такого способа восстановления яркости заключается в том, что не учитывается изменение освещенности.

Используем предварительную информацию о наиболее яркой области тестового изображения или эталонной белой точке реального изображения с дифференцированным рассеиванием.

Аппроксимирующая функция  $I_{t_{bei}}$  яркости белой эталонной области тестового изображения описывается так:

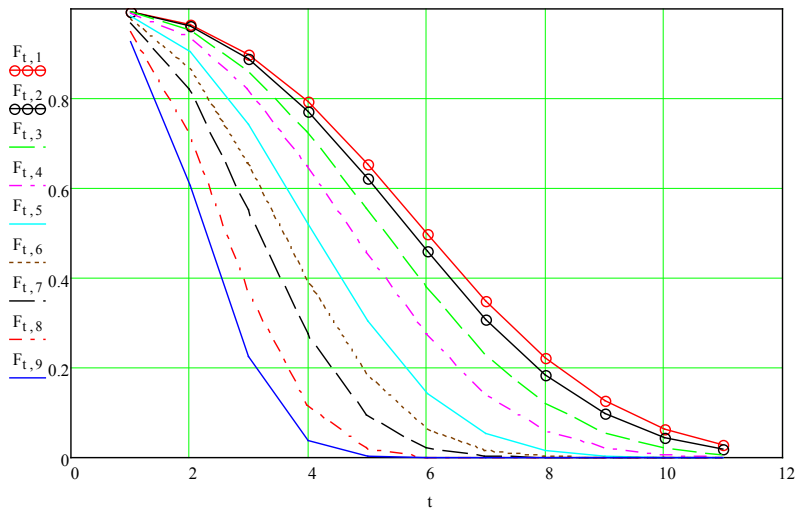


Рис. 4

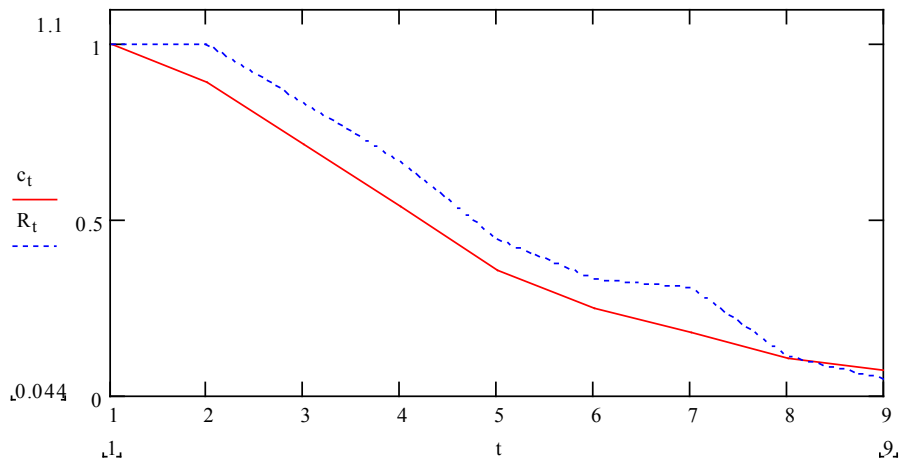


Рис. 5

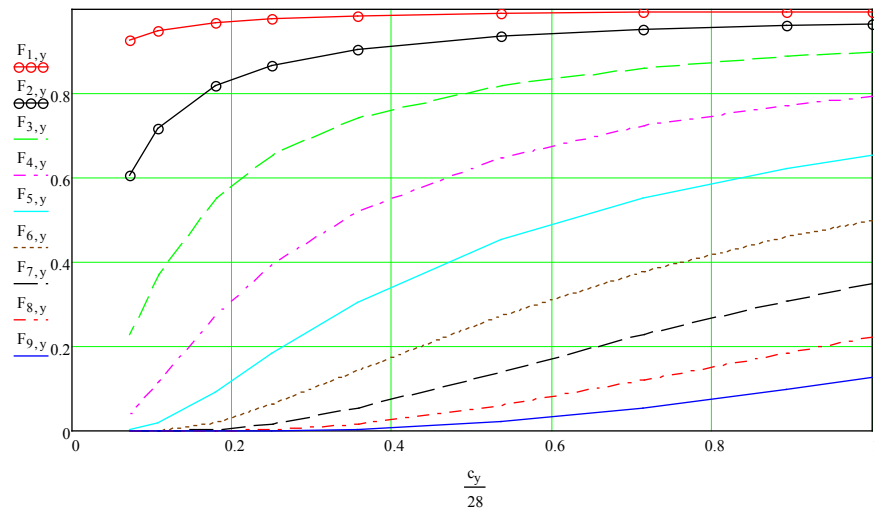


Рис. 6

$$I_{t_{bel}} = I_{0bel} \cdot e^{-\frac{(0.5t)^{2.7}}{28}}$$

Откуда получаем

$$t = 2 \sqrt{\frac{\ln \frac{I_{0bel}}{I_{t_{bel}}}}{28}}$$

В результате выражение (1) примет вид:

$$I_t = I_{dn} \cdot e^{-\frac{\ln \frac{I_{0bel}}{I_{t_{bel}}}}{784} \cdot \frac{I_{0dn}}{I_{dn}}} \tag{2}$$

Из выражения (2) выразим  $I_{dn}$ . Это будет оценочное значение, поэтому обозначим его как  $I_{dn}^*$ . Полученное уравнение является трансцендентным и явного решения не имеет.

Запишем выражение в общем виде:

$$I_{dn}^* = I_t \cdot e^{\frac{k}{I_{dn}^*}},$$

где  $k = \frac{\ln \frac{I_{0bel}}{I_{t_{bel}}}}{784} \cdot I_{0dn}$

Оценим поведение коэффициента:  $k_0 = 0$ , а  $k_{max} \approx 2,4$ .

Используем ряд Тейлора, тогда

$$e^{\frac{k}{I_{dn}^*}} = \left[ 1 + \frac{k}{I_{soccm}} + \frac{\left(\frac{k}{I_{dn}^*}\right)^2}{2!} + \frac{\left(\frac{k}{I_{dn}^*}\right)^3}{3!} + \dots + \frac{\left(\frac{k}{I_{dn}^*}\right)^n}{n!} \right]$$

$$n \in (0; +\infty)$$

В этом случае уравнение имеет три решения:

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{\left[ [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}} + 3 \cdot I_t \cdot k + I_t^2 + I_t \cdot [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}} \right]}{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}},$$

$$-\frac{1}{6} \cdot \left[ \frac{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}} + I_t^2 + 3 \cdot I_t \cdot [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}}{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}} \right] -$$

$$-\frac{1}{6} \cdot \left[ \frac{-i \cdot \sqrt{3} \cdot [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}} + i \cdot \sqrt{3} \cdot I_t^2 + 3 \cdot i \cdot \sqrt{3} \cdot I_t \cdot k}{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}} \right],$$

$$\frac{1}{6} \cdot \left[ \frac{-[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}} - I_t^2 - 3 \cdot I_t \cdot [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}}{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}} \right] +$$

$$+ \frac{1}{6} \cdot \left[ \frac{-i \cdot \sqrt{3} \cdot [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}} + i \cdot \sqrt{3} \cdot I_t^2 + 3 \cdot i \cdot \sqrt{3} \cdot I_t \cdot k}{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}} \right]$$

Из полученных решений выбираем только первое, т. к. второе и третье решения являются комплексными, а яркость не может быть комплексной величиной.

Следовательно

$$I_{dn}^* = \frac{1}{3} \cdot \frac{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}} + 3 \cdot I_t \cdot k + I_t \cdot [I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{1}{3}}}{[I_t \cdot (I_t + 3 \cdot k)^2]^{\frac{2}{3}}}$$

Проанализируем поведение  $I1_k = I_{dn}^*/I$  корректирующей функции для четырех значений коэффициентов  $k_1 = 2, k_2 = 1.8, k_3 = 0.5, k_4 = 1.1$ . (рис. 7), полученной как отношение восстановленного массива яркости при линейном изменении значений входной яркости к входной яркости  $I$ .

Из рис. 7 видно, что наибольшему усилению подвергаются малые яркости, а большие яркости практически не изменяются. Причем чем сложнее условия наблюдения (больше значение коэффициента  $k$ ), тем сильнее яркостные искажения и, соответственно, более медленное изменение корректирующей функции. Это соответствует результатам экспериментальных исследований искажений яркости в ночных условиях.

Данный алгоритм предполагает восстановление ночного изображения к точке отсчета в дневное время. Из-за некорректности программного обеспечения, выпускаемых бюджетных web-камер, сформированное ими изображение даже в дневное время не использует весь диапазон яркостей. Поэтому после обработки предлагаемым алгоритмом необходимо произвести нормировку изображения.

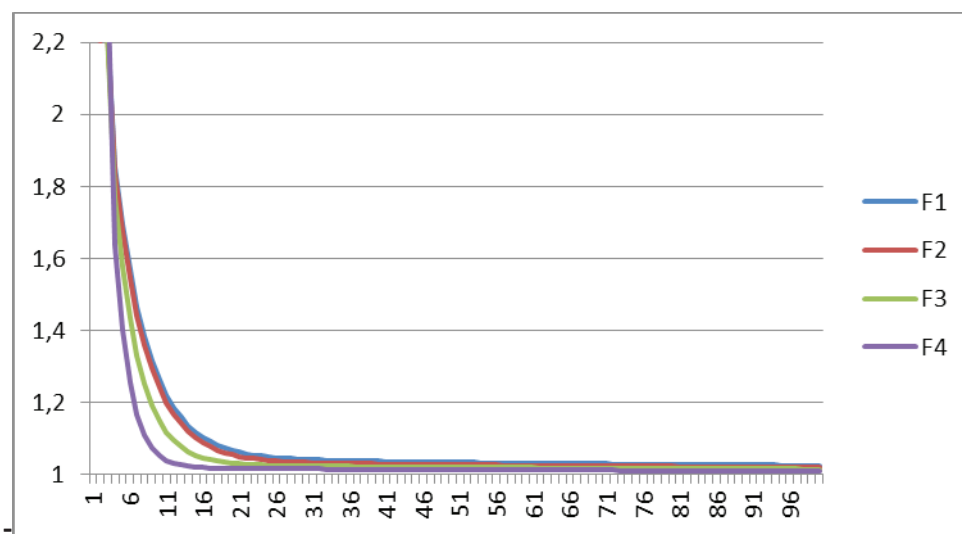


Рис. 7

### 3. Экспериментальные исследования

Из базы изображений, сформированных в различное время суток с заданным интервалом времени (в нашем случае интервал составляет 1 мин.). Выбираются изображения с плохим различением деталей (ночные, сумеречные изображения), которые в процессе обработки будут улучшены, т. е. приближены по восприятию к дневным. Из этой же базы необходимо выбрать изображение, снятое в светлое время суток (дневное изображение), с которым будут сравниваться изображения в процессе обработки исследуемые изображения. Эти изображения необходимо разложить на rgb-составляющие, после чего изображения поступают в блок обработки изображения, где обрабатываются в соответствии с заданным алгоритмом. После завершения обработки происходит формирование изображения. Если необходимо проводится нормировка изображения. Полученное изображение поступает в блок анализа и расчета, где полученное изображение сравнивается по критерию минимума ошибки воспроизведения изображения. После этого приступаем к оценке качества полученного изображения.

*Оценка визуального качества цифровых изображений*

Используем известный эмпирический подход [2] к оценке визуального качества изображения. Для формирования этой оценки рассматриваются такие параметры изображения как среднеарифметическое значение  $\bar{L}$  яркостей, полнота использования градаций яркостей, резкость изображения и его обобщенный контраст.

Величина  $\bar{L}$  отображает уровень адаптации по яркости зрительной системы человека, оптимальным значением которой является половина максимально возможного диапазона яркостей  $\frac{L_{max}}{2}$ . Поэтому величину отклонения  $\bar{L}$  от  $\frac{L_{max}}{2}$  можно использовать как оценку уровня адаптации зрительной системы:

$$LQ = 1 - \frac{\bar{L} - \frac{L_{max}}{2}}{\frac{L_{max}}{2}}$$

Вторым важным параметром оценки визуального качества изображения является полнота использования его элементами градаций яркостей. Аналитическое выражение этого параметра такое:

$$KQ = \frac{S}{L_{max}}$$

где  $S$  — количество уровней яркостей, для каждого из которых на данном изображении присутствуют большее, чем  $b \cdot N \cdot M$  количество элементов с данной яркостью ( $N$  и  $M$  — размеры изображения,  $b$  — некоторая константа).

Третьим параметром оценки визуального качества изображения в данном методе является его резкость, которая измеряется скоростью нарастания яркости, разделенной на общую величину перепада:

$$RO = \frac{\int_a^b \left(\frac{df}{dx}\right)^2 dx}{f(a) - f(b)}$$

где  $f(x)$  — это видеосигнал;  $a$  и  $b$  — точки, которые расположены на противоположных краях перепада. Поэтому оценку резкости находят следующим образом

$$RQ = \frac{RO}{L_{max}}$$

Четвертый параметр дает оценку контраста изображения. Когда оценивается визуальное качество изображения независимо от его сюжетного наполнения, тогда за  $KC$  принимают обобщенный контраст изображения  $C_{gen}$ .

В целом выражение для количественной оценки визуального качества полутоновых монохромных изображений записывают так:

$$Q = k \cdot KC \cdot LQ \cdot KQ \cdot RQ$$

где  $k$  — нормирующий коэффициент.

Экспериментальные исследования данного метода дают результаты, которые хорошо согласуются с субъективной визуальной оценкой.

**Тестирования алгоритма.** Одно и то же изображение трех кубиков с буквами А, В, С, расположенных на равномерном фоне, обрабатываем в соответствии с алгоритмом усиления локальных контрастов (УЛК) [3] и разработанным алгоритмом.

Результаты обработки представлены на рис. 8.



Рис. 8

В таблицах 1,2,3 приведены результаты оценки качества изображений соответственно кубиков А, В, С. Результаты показали, что применение обработки № 1 для всех изображений позволяет поднять качество изображений в 4 раза, но при этом остается проигрышным реальному дневному изображению приблизительно в 3 раза.

Также была проведена проверка предложенного алгоритма в ограниченной версии без автоматического выбора параметра коррекции. Выбор параметра коррекции осуществлялся вручную.

Новый алгоритм обеспечил выигрыш по всем параметрам по отношению к ночному приблизительно в 10 раз, и обеспечил формирование изображения близкого к дневному.

Кроме критериев оценки качества была использована оценка точности восстановления дневного изображения по усредненной сумме разностей  $L_{dn}$  дневного и  $L_{srav}$  сравниваемого изображений. Результаты приведены в таблице 4.

$$M_i = \frac{\sum(L_{dn} - L_{srav})}{N},$$

где  $N$  — число точек в изображении.

Таблица 1. Результаты оценки качества изображения кубика А

Критерии оценки	Обработанное ночное изображение алгоритмом УЛК	Ночное изображение	Дневное изображение	Обработанное ночное изображение разработанным алгоритмом
Среднеарифметическое значение яркости, $L_{\_}$	23.13	5.03	66.15	42.526
Уровень адаптации LQ	0.599	0.597	0.874	0.674
Полнота использования градаций яркостей, KQ	1,092	4.923	1.446	1.05
Резкость, RQ	27.039	5.857	15.143	28.214
Общая оценка, Q	408.911	86.552	$1.266 \cdot 10^3$	849.276

Таблица 2. Результаты оценки качества изображения кубика В

Критерии оценки	Обработанное ночное изображение алгоритмом УЛК	Ночное изображение	Дневное изображение	Обработанное ночное изображение разработанным алгоритмом
Среднеарифметическое значение яркости, $L_{\_}$	23.13	5.03	66.15	42.526
Уровень адаптации LQ	0.599	0.597	0.874	0.674
Полнота использования градаций яркостей, KQ	1,092	4.923	1.446	1.05
Резкость, RQ	9.168	2.143	4.429	11.122
Общая оценка, Q	138.644	31.665	370.198	334.797

Таблица 3. Результаты оценки качества изображения кубика С

Критерии оценки	Обработанное ночное изображение алгоритмом УЛК	Ночное изображение	Дневное изображение	Обработанное ночное изображение разработанным алгоритмом
Среднеарифметическое значение яркости, $L_{\_}$	23.13	5.03	66.15	42.526
Уровень адаптации LQ	0.599	0.597	0.874	0.674
Полнота использования градаций яркостей, KQ	1,092	4.923	1.446	1.05
Резкость, RQ	23.347	5.286	12	22.204
Общая оценка, Q	353.084	78.108	$1.003 \cdot 10^3$	668.353



Таблица 4

Обработанное ночное изображение алгоритмом УЛК	Ночное изображение	Обработанное ночное изображение разработанным алгоритмом
$M_1=43.85$	$M_2=61.12$	$M_3=34.203$

Найдем отношение дневного изображения к обработанному с помощью алгоритмов:  $\frac{M_2}{M_1} = 1,394, \frac{M_2}{M_3} = 1,787$ .

Результаты показали, что применение алгоритма обработки № 1 для всех изображений позволяет поднять качество изображений в 4 раза, но при этом остается проигрышным настоящему дневному изображению приблизительно в 3 раза.

Новый алгоритм обеспечил выигрыш по всем параметрам по отношению к ночному приблизительно в 10 раз, и обеспечил формирование изображения более близкого к дневному изображению.

Литература:

1. Отделение нейрофизиологии РДКБ/ <http://www.rdkb-onf.ru/>
2. Нестерук В. Ф. Преобразование оптических изображений и оценка их качества // Успехи научной фотографии. М.: Наука. — 1985. — Т. 23. 93–102.
3. Ким В., Ярославский Л. П. Ранговые алгоритмы обработки изображений // Адаптивные методы обработки изображений. М.: Наука, 1988. 35–73.

## Рентабельное использование нанотехнологий в строительных материалах

Фадеева Галина Дмитриевна, доцент;

Паршина Ксения Сергеевна, студент;

Маркелова Иветта Владимировна, студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Что есть нанотехнологии? И что есть нанотехнологии в конкретной области применения? (строительные материалы) Какая-то материальная система получает приставку «нано» не по причине того, что её размер становится меньше 100 нм, а потому её свойства начинают размера (размерный эффект). Под нанотехнологиями же в нашей конкретной области применения (строительные материалы) понимается некоторая совокупность приёмов, направленная на синтез наноразмерных систем или объектов как в объеме материала, так и на границе раздела фаз, то есть на поверхности; в этом случае нанотехнология рассматривается как совокупность химических и физико-технических способов создания на поверхности твёрдого тела структур, имеющих хотя бы в одном направлении наноразмер. [1]

Россия является одним из важнейших элементов мировой нанотехнологической системы. В настоящее время стартовые позиции в области нанотехнологий и наноматериалов развитых стран, включая Россию, примерно равны. Существуют такие области в нанотехнологиях, в которых российские и советские ученые стали первооткрывателями, получив результаты, положившие начало развитию новых научных течений. Строительная отрасль же, является и будет являться для нашей страны одной из приоритетной,

и внедрение нанотехнологий в строительную отрасль является первостепенной задачей для её успешного развития.

Развитие же любой индустрии (как и строительной, так и наноиндустрии) начинается с анализа триады: фундаментальные исследования и разработки — промышленное производство — потребительский рынок. Как раз в сфере потребительского рынка лежат интересы государства и бизнеса. Анализ задач конкретных предприятий и отраслей промышленности, других секторов экономики (медицина, сельское хозяйство и т. д.) позволяет выделить те позиции, где использование нанотехнологий даст реальный научно-технический и экономический эффект. Такой анализ будет способствовать расстановке приоритетов в развитии нанотехнологий, сократит финансовые издержки, распыление материальных и людских ресурсов. А нанотехнологиями, как таковыми, можно с интересом заниматься всю жизнь, используя бюджетные средства и не давая никакой отдачи, что в большинстве случаев имеет место сегодня. [2]

Однако, как показывает практика, помимо огромных перспектив, которые открывает использование нанотехнологий в отрасли, существует и целый пласт проблем, решение которых напрямую влияет на скорость внедрения новых технологий. [3] А именно:

1. Информирование профессиональной аудитории застройщиков, поставщиков строительных материалов и других участников строительного рынка о существующих проектах производства строительных материалов с использованием нанотехнологий, поданных в ГК РНТ.

2. Уточнение причин медленного распространения строительных материалов, произведенных с использованием нанотехнологий, среди участников строительного рынка и представителей органов федеральной и муниципальной власти.

3. Выявление потенциального спроса на строительные материалы, произведенные с использованием нанотехнологий и поданные в ГК РНТ, среди участников строительного рынка.

4. Определение направлений развития НИР, ОКР и производства в области применения нанотехнологий в стройматериалах, исходя из рыночных потребностей.

Что касается конкретных примеров в строительстве, то очень показателен пример с применением активированной (структурированной) воды [5]. Обобщение результатов поисковых экспериментов по влиянию активированной воды на прочность бетонов свидетельствует о возможности повышения прочности при сжатии бетонов на 20–35 % и пенобетонов — на 50 % по сравнению с образцами, затворенными обычной неактивированной водой. Оценки показывают, что предлагаемые инновации обеспечат снижение масс строящихся домов и нагрузок на фундаменты на 10–20 % [4].

Следует также отметить, что в экспериментах при использовании активированной (структурированной) воды наблюдалось сокращение сроков набора бетонами распалубочной прочности. Это открывает широкие перспективы для сокращения сроков, уменьшения энергозатрат

и стоимости строительства особенно при монолитном домостроении в зимних условиях. Весьма перспективным представляется совместное использование нескольких нанотехнологий, например, активированной воды, высокодисперсных исходных материалов и нанодисперсной арматуры [4].

В настоящее время в связи с недостаточным информационным обеспечением представляется возможным дать приближенную экономическую оценку лишь нанотехнологиям изготовления бетонов. В качестве исходных данных можно принять следующие:

— в 2–3-этажных домах расход цемента на 1 м<sup>2</sup> общей площади составляет около 140 кг, а в 22-этажных — 400 кг;

— промышленное использование омагниченной (структурированной) воды на одном из московских заводов экономит 10 % цемента;

— стоимость структурированной воды определяется стоимостью установки (несколько тысяч USD) и стоимостью затраченной электроэнергии, которую вследствие её малости можно не учитывать;

— стоимость нанотрубок — 27 руб/г;

— стоимость цемента — 3000 руб/т.

Расчеты показывают, что экономия на цементе при использовании структурированной воды составит 42 руб/м<sup>2</sup> в 2–3-этажных домах 120 руб/м<sup>2</sup> — в 22-этажных. Следовательно, применение структурированной воды представляется экономически оправданным, хотя по сравнению с прорывным (на качественно новом уровне) использованием нанотехнологий в электронике, медицине и других областях, в обозримом будущем, по-видимому, не даст таких грандиозных результатов.

#### Литература:

1. Малыги А. А. Химия поверхности и нанотехнология: взаимосвязь и перспективы [Текст] / А. А. Малыгин // Соровский образовательный журнал. — Т.8 — № 2. — с. 32–37.
2. Интервью с Михаилом Ананяном (Президент Международного фонда конверсии. Генеральный директор ЗАО «Концерн «Наноиндустрия», Директор Института нанотехнологий, академик РАН, д.т.н.) [www.strf.ru](http://www.strf.ru)
3. Материалы сайта [www.nanopnews.net](http://www.nanopnews.net)
4. Родионов Р. Б. Инновационный потенциал нанотехнологий в производстве строительных материалов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2006, № 8, с. 72–75.
5. Фолимагина О. В., Гарькин И. Н. Нанотехнологии в производстве строительных материалов [Текст] // Региональная архитектура и строительство — Пенза: ПГУАС. — № 1 (6).2009 — с. 111–112.

## Общие принципы формирования и развития (реконструкции) застройки с учетом ландшафтных свойств территории

Черепанов Константин Андреевич, соискатель  
Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

*В статье описаны основные направления развития и формирования городской среды, в т. ч. ее реконструкции (развития застроенных территорий), с учетом влияния неудобных территорий.*

**Ключевые слова:** реконструкция застройки; развитие застроенных территорий; неудобные территории; ландшафтные свойства территории; рекреационные пространства; городская среда.

Согласно Обзору Социально-экономического положения города Иркутска в период с 2004 года первое полугодие 2013 года ввод в эксплуатацию жилой застройки составляет (табл. 1).

Итого в период с 2004 года по первое полугодие 2013 года ввод в эксплуатацию жилых домов составил 2844192 м<sup>2</sup>. И ввод в эксплуатацию подобного числа жилой площади требует свободных от застройки территорий.

**Таблица 1. Ввод в эксплуатацию жилых домов**

Год	кв.м. общей площади	% по отношению к предыдущему периоду вводу в эксплуатацию жилых домов
2004	126807	–
2005	168685	133,0
2006	212100	125,7
2007	315300	148,7
2008	334900	106,2
2009	380100	113,5
2010	347900	91,5
2011	412800	118,7
2012	482400	116,9
Первое полугодие 2013 <sup>1</sup>	63200	37,4

<sup>1</sup> 1-ое полугодие 2013 года к 1-ому полугодью 2012 года.

**Таблица 2. Распределение жилищного фонда по материалу стен и времени постройки на конец 2007 года по городу Иркутску [8]**

	Число жилых домов, единиц		Общая площадь жилых помещений	
	индивидуальных	многоквартирных	тыс. кв.м.	в % к итогу
Всего	19383	9241	11483,9	100,0
в том числе:	по материалу стен			
каменные, кирпичные	926	1848	4432,8	38,6
панельные	–	1706	4881,0	42,5
блочные	14	18	22,4	0,2
смешанные	27	38	3,6	0,0
деревянные	14248	4891	1811,3	15,8
прочие	4168	740	332,8	2,9
	по годам возведения:			
До 1920 года	7917	2775	909,5	7,9
1921–1945	2767	372	289,2	2,5
1946–1970	6639	4692	3959,1	31,9
1971–1995	1814	960	5192,7	45,2
После 1995 года	246	442	1433,4	12,5

В подобной ситуации создание новых жилых и общественных зданий и сооружений происходит в двух направлениях: либо освоение рекреационных пространств общего и ограниченного пользования, в т. ч. и точечная застройка, так и созданием новой застройки на месте ранее снесенной застройки, в т. ч. аварийной, неблагоустроенной и ветхой. В подобной ситуации происходят многочисленные градостроительные и экологические конфликты различной направленности и напряженности с различными группами участников, затрагивая различные аспекты формирования и развития городской среды. В подобной ситуации хаотичное данное активное вмешательство в сложившуюся структуру городской среды приводит к нарушениям и разрушениям архитектурно-планировочных, объемно-пространственных и функциональных свойств территории, а также активное преобразование геологической структуры города. Таким образом, необходима выявление, разработка и внедрение как общих правил, так и частных для определенного поселения (населенного пункта), в т. ч. и установление эталонных (предельных) свойств, правил преобразования городской среды.

Исходя из этого, основными (общими) правилами формирования и развития городской среды можно свести к следующим положениям.

Композиционное решение определенного микрорайона или района обусловлено природно-ландшафтными условиями местности и функциональным построением плана города. В подобной ситуации функциональное зонирование и направление транспортных связей, гидрография и рельеф определяют структуру (конфигурацию) основных планировочных осей. В свою очередь функциональное назначение пространства диктует его основные параметры, степень замкнутости, этажность и тип застройки, характер благоустройства [10, с. 92]. При этом главные задачи эффективного использования территории заключается в правильном выборе этажности, максимальном приближении к допустимому пределу плотности застройки, в последовательности и эффективности реконструктивных мероприятий, в соответствии площади улиц требованиям городского движения и т. п.» [19, с. 89].

Самая общая логика градостроительного регулирования антропогенных воздействий на природный ландшафт заключается в следующих мероприятиях [20, с. 110–111]:

1. Минимизация воздействий на наиболее уязвимые элементы ландшафта (уступ плато, балки, овраги, долины малых рек), разработка мероприятий по их рекультивации, повышению устойчивости;

2. Ограничение этажности и протяженности зданий, возводимых на склонах;

3. Повышение интенсивности использования (плотности, этажности застройки) пологих водоразделов. В настоящее время наблюдается неэффективное использование этих выигранных для размещения высоко-

плотной застройки участков. Необходимо более тщательно относиться к этим элементам ландшафта, являющимся территориальным резервом для высокоплотного строительства в границах города;

4. Запрет на строительство на повышение водораздельных участков объектов, загрязняющих окружающую среду, вынос оттуда существующих объектов с такими характеристиками;

5. Разуплотнение, расчленение зелеными коридорами плотно застроенных участков, повышение турбулентности воздушных потоков за счет применения застройки разной этажности в целях улучшения условий проветривания, борьбы с инверсиями.

Основными мероприятиями повышения интенсивности использования городских территорий являются [19, с. 87]:

1. укрупнение структурных элементов селитебной части города с укрупнением и кооперацией объектов обслуживания;

2. повышение плотности и высотности новой жилой застройки;

3. реконструкция районов с экстенсивно застроенными территориями;

4. существенное повышение уровня очистки промышленных выбросов с сохранением площади санитарно-защитных зон;

5. повышение коэффициента использования (занятости) промышленных, коммунально-складских и прочих территорий;

6. вынос за пределы городской застройки, а иногда и городской черты сортированных и торговых станций, грузовых портов, аэродромов, объектов спецназначения внегородского значения и проч.;

7. освоение значительной части неудобных территорий (требующих повышенных затрат на освоенных) и незанятых территорий.

Для создания комфортных микроклиматических и санитарно-гигиенических условий при создании застройки на сложном рельефе заключается в следующем [19, с. 268, 270]:

1. функциональное зонирование территории жилой застройки с учетом влияния рельефа на инсоляцию, температурный и ветровой режим, распространение шума и загрязнения воздушного бассейна;

2. установление разрывов между зданиями и плотностей застройки с учетом экспозиции склонов;

3. использование типов зданий, обеспечивающих необходимую инсоляцию помещений и ориентацию всех квартир (минимум одной из комнат в сторону падения рельефа, при размещении на склонах различных склонов;

4. усиление или ослабление влияния рельефа на объемно-пространственную композицию застройку в зависимости от общего композиционного замысла за счет строительного зонирования по этажности.

При этом основными видами градостроительного освоения являются следующие [3, с. 125]:

1. Новое комплексное освоение;
2. Новое строительство путем предоставления земельных участков множеству застройщиков;
3. Реконструкция территории сложившейся застройки (процесс освоения предполагается силами инвестора посредством заключения договора о развитии застроенной территории);
4. Выборочное строительство отдельных объектов (уплотнение существующей застройки, регенерация частной индивидуальной застройки);
5. Сложившаяся застройка, соответствующая генеральному плану (документация по планировке территории необходима для проработки вопросов, связанных с регулированием земельно-имущественных отношений).

Выявлены следующие виды преобразований территорий [15, с. 75]:

1. Освоение свободных от застройки участков;
2. Новое строительство на территориях сноса с изменением исходной планировки участка реконструкции;
3. То же с сохранением первоначальной планировки территории;
4. Интенсификация использования сложившихся территорий за счет уплотнения застройки;
5. Дисперсные включения новой застройки, не изменяющие сложившуюся морфологию территории.

Установлены следующие изменения функций территорий [15, с. 75–76]:

1. Нарращивание (интенсификация) первоначальной функции, при это возможно длительное сохранение «коренной» функции неизменной;
2. «Вторичное» функциональное освоение территории, обусловленное изменением первоначальной функции на качественно иную (вытеснение коренной функции).

«Стадия интенсификации функционального использования связана с развитием общегородских функций и повышением функционального потенциала территории без ее существенных морфологических изменений» [15, с. 75].

При создании и развитии застройки на неудобных территориях развитие подразумевает уменьшение этажности застройки, которая зависит от зоны элементарных типов ландшафта: наиболее пригодными для формирования урбанизированной среды являются склоны [4, с. 17]. При этом освоение территорий с крутыми склонами можно использовать для застройки при соблюдении определенных условий: при больших уклонах поверхности для уменьшения работ по преобразованию рельефа следует располагать здания длинной стороной под небольшим углом к горизонталям или использовать здания свободной конфигурации или плавных очертаний, позволяющих располагать их вдоль горизонталей [6, с. 69].

В подобной ситуации при развитии города природные свойства территории следует рассматривать с двух позиций [20, с. 94]:

- 1) естественное стремление минимизировать затраты на освоение территории;

- 2) фактором разброса векторов пространственного развития, определял трассировку структуроформирующих магистралей, регулировали этажность застройки.

Каждый тип элементарного ландшафта характеризуется соответствующим экологическим режимом и экологической ценностью, что сказывается на «установлении градостроительных зон и режимов их использования, обеспечивающие эффективное функционирование ландшафтов в качестве средообразующих и средозащитных систем» [20, с. 147]. При этом элементарные типы ландшафтов образуют определенный территориальный рисунок ландшафта, который служит основой градостроительной композиции. Отнесение какого-либо природного морфотипа к одному из перечисленных видов необходимо для «обуславливает степень его пригодности для освоения под тот или иной вид деятельности и диктует определенный режим освоения» [121, с. 36]. В подобной ситуации для каждого ландшафтного морфотипа характерно свое определенное использование, где «градостроительная деятельность должна быть регламентирована требованием обеспечения беспрепятственного выполнения каждым элементом ландшафта своей функции» [21, с. 36]. Степень устойчивости ландшафтных морфотипов является основанием для выбора параметров интенсивности их освоения» [20, с. 108; 21, с. 36].

В ряду планировочных ограничений развития застройки выделяются следующие крупные элементы структуры природного каркаса [12, с. 45]:

1. Природные территории особо экологические ценные и подлежащие территории;
2. Территории исключаемые из освоения строительством:

- 1) Согласно нормативным предписаниям и регламентам;

- 2) Ввиду экономической нецелесообразности застройки, при этом нуждающиеся в реабилитации и застройки от проявления неблагоприятных инженерно-геологических процессов с использованием средств лесомелиорации;

3. Нормативные, имеющие территориальные параметры зоны охраны природных ресурсов (источники питьевого водоснабжения, лечебные воды и грязи и пр.).

В большинстве случаев в границах города земля является дефицитным ресурсом, при этом город не имеет свободных территорий для строительства новых жилых и общественных зданий и сооружений. В подобной ситуации в структуре города существуют значительные территориальные резервы, к которым относятся [16, с. 11–12]:

- территории, занятые вредными для города предприятиями, нуждающимися в выводе за его пределы;
- участки несостоявшегося строительства;
- занятые территории, размеры которых не оправданы производственной необходимостью и т. д.

В подобной ситуации необходимо проведение развитие застроенных территорий (реконструкция застройки<sup>1</sup>) с целью повышения эколого-экономической и социальной эффективности использования их территорий.

Для решения широкого круга задач по реконструкции сложившейся среды в масштабах всего города выделяют типы застройки, для которых предполагается особый характер реконструкции [14, с. 98]:

1. **центральные исторические районы**, где требуется сохранение, особый режим реконструкции, реставрация;
2. **наиболее популярные по месту проживания районы застройки 30–50-х гг. XX в.** — ремонтные работы;
3. **«островные» участки** в промышленно-селитебной зоне — реконструкция и уплотнение застройки;
4. **стандартная застройка 60-х гг. XX в.** — уплотнение с возможным сносом устаревшего фонда;
5. **стандартная застройка 70-х гг.** — уплотнение;
6. **районы пригородного типа** — реновация с сохранением основных качеств среды.

Развитие застроенных территорий (реконструкция застройки со сносом аварийного и ветхого жилья) основывается на положениях, закрепленных в генеральном плане города [96, с. 95], т. е. «исходя из более общих задач преобразования города и его районов, которые определяются как комплекс мероприятий, направленных на придание современных и перспективных социальных, экономических и технических качеств его структуре, объектам и коммуникациям» [13, с. 93]. Достижение этих качеств обеспечивается следующими мероприятиями [13, с. 93]:

1. переустройством планировочной структуры и функционального зонирования города;
2. обновлением его жилищного фонда, общественной и производственной застройки;
3. развитием инженерно-технической и транспортной инфраструктуры;
4. оздоровлением окружающей среды; реставрацией и охраной памятников истории, культуры и архитектуры.

Точечная застройка и реконструкция застройки<sup>2</sup> без серьезного учета всего комплекса социальных, градостроительных, экологических и других последствий связанных с переуплотнением застройки и с последующими многочисленными проблемами привело к разрушению ранее существовавшей системы, создаваемой с конца 50-х годов, обслуживания населения, свидетельствует о необходимости [9, с. 114]:

1. повышения уровня обоснованности принимаемых местными властями градостроительных решений;
2. возврата к соблюдению принципов комплексности освоения градостроительной территории, что предусмо-

рено действующими нормами и правилами планировки и застройки городов основами государственной градостроительной политики.

Основные мероприятия по реконструкции сложившейся планировки и застройки заключаются в следующем [13, с. 93]:

1. сохранение общего характера ее исторически сложившейся структуры;
2. изменение структуры и ее более или менее радикального переустройства;
3. снос сложившейся застройки и создания новой планировочной структуры.

В любом случае при реконструкции застройки (развитии застроенных городских территорий) возникают определенные проблемы, связанные с различными аспектами функционирования города. В подобной ситуации на месте сносимых объектов недвижимости в зависимости от сложившихся условий той или иной территории предлагается в двух различных направлениях:

1. либо создание новых объектов недвижимости, отвечающих современным архитектурно-пространственным, объемно-пространственным и функциональным свойствам (требованиям) определенного участка территории. В этом случае создание различных объектов недвижимости происходит в зависимости от антропогенных и природных свойств определенного участка территории. При этом реконструкция застройки обладает определенными экономическими преимуществами по сравнению с застройкой свободных от застройки территорий: это, во-первых, уменьшение стоимости дополнительного жилья (например, реконструкция (надстройка и пристройка) типовых 5-тиэтажных зданий) в 1,5–2 раза по сравнению с новым строительством; во-вторых, это приводит к снижению на 25–40 % расходов материальных ресурсов; и, в-третьих, к снижению в 1,5 раза затрат на инженерную инфраструктуру [22, с. 35];

2. либо создание новых рекреационных пространств общественного пользования, но локального значения. В подобной ситуации целесообразно размещать рекреационные пространства «насаждения общего пользования внутри города размещают равномерно по всем районам пропорционально численности населения в каждом из них и на расстоянии от жилой застройки, позволяющем жителям пользоваться ими при минимальной затрате времени на передвижение. Подобное создание рекреационных пространств способствует формированию и дальнейшему развитию природного каркаса города. При этом при реконструкции городской среды в природный каркас могут быть включены такие территории как [20, с. 111]:

1. Существующие зеленые насаждения;

<sup>1</sup> Под реконструкцией городской среды понимается «целенаправленная деятельность по изменению сформировавшейся градостроительной системы или ее элементов, обусловленная потребностями совершенствования и развития этой системы (как в количественном, так и в качественном отношении)» [14, с. 91].

<sup>2</sup> Т.е. снос существующей застройки с последующим созданием на ее месте новых зданий и сооружений.

2. Ветхое жилье и дачи;
3. Территории промпредприятий;
4. Земли сельскохозяйственного назначения;
5. Свалки;
6. Неудобья.

В подобном случае при формировании дисперсной системы рекреационных пространств местного значения складывается парадоксальная ситуация [6, с. 149]:

С одной стороны, при реконструкции сложившейся застройки легче добиться результата по увеличению озелененных территорий за счет создания небольших рекреационных пространств [1, с. 19]. Такие небольшие по площади рекреационные территории предназначены для одной определенной функции (парки тихого отдыха, выставочные, мемориальные и другие парки), т. е. здесь невозможно функциональное разнообразие, как в крупных парках;

С другой, происходит так, что небольшие по размеру рекреационные общего пользования пространства уступают по своим качествам более крупным: большие рекреационные пространства, соединенные между собой «зелеными коридорами», более стабильны, чем небольшие. В ходе развития города небольшие рекреационные территории быстрее преобразуются, деградируют и уничтожаются под действием антропогенных нагрузок» [2, с. 16]. Также, в небольших рекреационных пространствах менее комфортно, чем в более крупных: например, при шуме силой в 80–90 дБ от автомагистралей данный шум распространяется в обе стороны и на открытой ровной местности достигает 200–800 м [5, с. 29]. Такой шум является нетерпимым для отдыхающих. Проблемой в подобной ситуации является возможность объединения всех рекреационных пространств в структуре озелененных территорий, то в подобной ситуации возникает дисперсная система рекреационных пространств небольшого размера, равномерно расположенных по всему городу. Главными причинами создания такой системы являются:

- 1) право собственности на созданную недвижимость и землю, которая занята данной недвижимостью;
- 2) нарушенность территорий после преобразования свободных от застройки территорий;
- 3) отсутствие для большинства жителей города стимулов развития и преобразования территорий, на которых они проживают.

Реконструкция застройки может осуществляться в двух направлениях.

Первое из них заключается в развитии уже существующей структуры: «создание дополнительной жилой площади за счет надстроек, мансард или пристроек» [22, с. 44], что является следствием «привлечением инвестиций в реконструкцию жилых зданий, в отличие от жилищного строительства, ограничено отсутствием или незначительностью экономических выгод у инвестора» [22, с. 44]. При этом следует учитывать тот факт, что «реконструируемое здание после некоторого срока службы все равно будет снесено, а на его месте возведут новый объект»

[22, с. 65]. В противовес подобному утверждению следует сказать о том, что «регулирование должно способствовать эффективному и своевременному обновлению жилой застройки, снижению жилищной сегрегации» [22, с. 118], которое особо важно для коммерчески непривлекательных района города, где своевременная реновация жилищ «позволяет преодолевать негативную цепную реакцию: ухудшение качество жилищ → снижение ценности территорий → снижение объемов реновации жилой застройки → улучшение качества жилищ» [22, с. 118]. В подобной ситуации снижение ветхого и неблагоустроенного жилья в неблагоприятных районах приводит к «повышению ценности территорий и, соответственно, в перспективе снижает бюджетные затраты на реализацию социальных программ (переселение жильцов и обеспечение безопасности граждан» [22, с. 118]. Подобный способ реконструкции в первую очередь касается пятиэтажной застройки, в большинстве случаев расположенной в среднем (буферном) и периферийном поясах города. В подобной ситуации типовые проекты жилых зданий 1970–1980-х годов, расположенные за пределами исторического центра, требуют повышения потребительских качеств, т. к. это требует рассмотреть пути реконструкции данной застройки по следующим причинам: «учитывая огромные размеры затрат на возможный снос панельных домов или их демонтаж, вывоз строительного мусора, возведение нового жилья для отселяемого населения, последующее строительство на освобождающихся территориях нового жилищного фонда и объектов культурно-бытового назначения, замену большей части инженерных коммуникаций» [11, с. 43]. Исходя из этого, для данной застройки возможны методы модернизации, капитального ремонта, уплотнения и санации [11, с. 43].

Второе направление подразумевает снос отдельных зданий и сооружений по различным причинам для возведения на них жилого фонда, равного или превышающего по своим свойствам предыдущую постройку. В подобной ситуации при «сносе ветхого жилья и строительства нового объекта по сравнению с выполнением «поддерживающего» ремонта здания, подрядные организации и инвесторы получают значительную прибыль от строительства в текущий момент времени, но, соответственно, не получают данную прибыль при сносе ветхого жилья и строительстве нового здания в более поздние периоды» [22, с. 105].

И то, и другое направление реконструкции застройки «во многом зависит от прогнозов спроса (потребности) на жилье и наличия свободных территорий» [22, с. 133]. Подобное увеличение спроса подразумевает «увеличение количества жилищного фонда, а наличие подготовленных земельных участков позволяет удовлетворить этот спрос за счет нового строительства» [22, с. 133].

Более точные методы развития и формирования городской среды, в т. ч. ее реконструкция (развитие застроенных территорий) связаны с выявлением корреляции между как минимум двумя группами свойств территории:

1. Корреляция между природными и антропогенными свойствами городской среды. Подобная корреляция подразумевает установление предельных антропогенных (эталонных, минимальных и/или максимальных) свойств территории<sup>1</sup> в зависимости от природных (уклоны и экспозиция территории, типы элементарных ландшафтов).
2. Корреляция между функциональным зонированием территории [18, 239–242] и поясным зонированием территории и некоторыми другими формами развития и формирования городов [7, с. 48–60; 16, с. 85–101; 18, с. 69–77]. В подобной ситуации на данную корреляцию влияют природные и антропогенные преграды в формировании и развитии городской среды. Таким образом, необходимо установление предельной функциональной и социальной насыщенности территории.

#### Литература:

1. Архитектурная композиция садов и парков / [В. А. Артамонов и др.]; под общ. ред. А. П. Вергунова. — М.: Стройиздат, 1980. — 254 с. : а-ил
2. Баймуратова С. Х. Динамика освоения неудобных территорий в структуре крупного города (на примере города Уфы): Автореф. дис. ... кандидата архитектуры: 18.00.04 / Светлана Хамитовна Баймуратова; Московский архитектурный институт (Государственная Академия). — М., 2005. — 26 с.
3. Береговских А. Н. Управление развитием территорий и градостроительная документация. Часть третья. Кому? Зачем? Какая? Нужна градостроительная документация? / Анна Николаевна Береговских, Дмитрий Валерьевич Шинкевич, 2008. — Омск, РА «ГРАД», 327 с. — а-ил.
4. Бобрышев Д. В. Природный каркас агломерации и ландшафтный потенциал развития ее центрального города: Автореф. дис. ... канд. архитектуры: 05.23.22 / Дмитрий Валерьевич Бобрышев; ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет». — М., 2011. — 27 с., ил.
5. Вергунов А. П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города / Аркадий Павлович Вергунов. — Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. — 135 с.
6. Горохов В. А. Инженерное благоустройство городских территорий и населенных мест: учебник для вузов по спец. «Коммун. стр-во и хоз-во» / Владислав Андреевич Горохов, Олег Семенович Расторгуев. — 4-е изд. перераб. и доп.. — М.: Стройиздат, 1994. — 458 с. : а-ил
7. Гутнов А. Э. Эволюция градостроительства / Алексей Эльбрусевич Гутнов. — М.: Стройиздат, 1984. — 256 с.
8. Данные Облкомстата о распределении жилищного фонда по материалу стен и времени постройки на конец 2007 года по городу Иркутску. [Электронный ресурс] URL: <http://novoirk.ru/publish/view/701>
9. Демин Н.К обоснованию программ реконструкции районов массовой жилой застройки 60–70-х гг. (на примере г. Киева) / Н. Демин, М. Бывалина. — Досвід та перспективи розвитку міст України. Збірник наукових праць, Випуск 9, 2005. — с. 112–121
10. Ерохин Г. П. Основы градостроительства: конспект лекций / Г. П. Ерохин; НГАХА. — Новосибирск, 2009. — 102 с.
11. Жданова И. В. Методы повышения качества серийной жилой застройки 70–80 годов XX века / Научно-технический журнал Вестник МГСУ, № 2, т. 2, 2011. — с. 42–46
12. Краснощекова Н. С. Формирование природного каркаса в генеральных планах городов: Учебное пособие для вузов / Н. С. Краснощекова. — М.: «Архитектура-С», 2010. — 184 с. : ил.
13. Малоян Г. А. Основы градостроительства / Учебное пособие: — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004–120 с.
14. Петерс Е. В. Основы территориально-пространственного развития городов: учеб. пособие / Е. В. Петерс; Кузбас. гос. техн. ун-т. — Кемерово, 2010. — 120 с.
15. Питухина Е. В. Функциональное преобразование территорий. — Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст», Випуск 36. Серія: Технические науки и архитектура, 2002. — с. 75–79
16. Прядко И. А. Экономический механизм обоснования экологически устойчивого развития городских территорий. Монография. — Ростов-н/д: Ростиздат, 2009. — 144 с.
17. Рысаева Ю. С. Экологические ограничения хозяйственной деятельности как источник градостроительных конфликтов (на примере республики Татарстан): Автореф. дис. ... кандидата географических наук: 25.00.36 / Юлия Сергеевна Рысаева; Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина. — Казань, 2009. — 24 с. : а-а-ил
18. Семенов В. Т. Формирование устойчивого развития мегаполисов. Урбанистические аспекты / В. Т. Семенов, Н. Э. Штомпель. — Х.: Харьк. нац. акад. город. хоз-ва, 2009. — 340 с., ил.

<sup>1</sup> В частности необходимо установление таких предельных, минимальных и/или максимальных свойств территории как высотность (этажность) застройки, плотность населения и застройки, приемы пространственной организации застройки.



19. Справочник проектировщика: градостроительство / Под общ. ред. В. Н. Белоусова. — 2-е изд., перераб. и доп.. — М.: Стройиздат, 1978. — 367 с. : а-ил
20. Тарасова Л. Г. Взаимосвязь процессов управления и самоорганизации в развитии крупных городов. — Саратов: изд-во Сарат. ун-та, 2009. — 142 с. : ил.
21. Тарасова Л. Г. Градостроительное планирование и регулирование крупных городов с учетом действия процессов самоорганизации: Автореф. дис. ... доктора архитектуры: 05.23.22 / Лариса Германовна Тарасова; ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет». — Саратов, 2010. — 58 с.
22. Хохлов О. Б. Оценка эффективности проектов и программ реновации жилищного фонда: дисс. ... канд. экономических наук: 08.00.05 / Олег Борисович Хохлов; Томский Государственный Архитектурно-строительный Университет. — Томск, 2006. — 189 с.

## Влияние организационно-административных свойств территории на развитие территории

Черепанов Константин Андреевич, соискатель

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

*В статье дается описание основных направлений формирования градостроительной документации, в т. ч. генерального плана города. С учетом природных свойств территории, в т. ч. неудобных территорий, даны основные направления формирования и развития городской среды.*

**Ключевые слова:** правовое регулирование территории; генеральный план города; неудобные территории; городская среда; функциональное зонирование территории; антропогенные свойства территории.

Организационно-административные свойства территории включают в себя следующие процессы и явления:

1. механизм регулирования протекающих в городе процессов;
2. мониторинг исполнения градостроительных программ в общем и использования неудобных территорий в частности;
3. градостроительные регламенты по использованию городских территорий, в т. ч. смена юридического статуса и запрет на строительство на отдельных территориях города, включая неудобные территории.

Принятая в России система правового регулирования градостроительной деятельности сложно привести в исполнение «на весь постсоветский город с его экстенсивной застройкой, большая часть которой требует коренных реконструктивных мероприятий, с высокой долей территорий неопределенного назначения или находящихся в процессе смены функций или собственников» [11, с. 61].

Способы правового регулирования могут быть [10, с. 69]:

— **Прямые способы** (землеустроительные, градостроительные правила, зонирование территории) гарантируются принудительной силой государства независимо от ущерба собственнику, вызванного этими нормами;

— **Косвенные способы** (например, налоговые меры, планирование развития) регулируют не отношения земельной собственности, но призваны стимулировать

пользователей к приведению использования земли в соответствии с целями государства;

— **Компенсационные способы**, когда государство возмещает собственнику возникающие неблагоприятные последствия (например, реквизиция земельного участка). Кроме того, государство может участвовать на рынке земли как равноправный субъект (продажа, покупка, залог, сдача земельных участков в аренду и т. д.).

Будущее определенной территории зависит от существующего законодательства РФ, субъекта федерации или определенного муниципального района (категории земель, принимаемые исходя из Земельного кодекса РФ, и функциональному зонированию городских территорий, принятых в градостроительной документации определенного поселения, в т. ч. в генеральном плане города). Исходя из этого, городские территории могут иметь различные архитектурно-планировочные, объемно-пространственные и функциональные свойства и показатели. В подобной ситуации каждое свойство территории каждая из которых может «по разному взаимодействовать с территорией, с элементами инфраструктуры и друг с другом с точки зрения удорожания строительных затрат, рисков коммуникационных рисков и т. п.» [15, с. 13].

Основной целью создания генерального плана города является «определения русла развития градостроительной системы, ограничивающее позитивные сценарии, и направить основные усилия на поиск средств, исключающих реализацию негативных сценариев, находящихся за пределами русла» [12, с. 26].

Исходя из этого, в подобной ситуации городская земля различается по своим антропогенным свойствам. Земли разного функционального назначения предъявляют разные требования к условиям городской среды и могут оказывать нежелательное воздействие друг на друга. Основным методическим положением, сочетающим в себе, правовые, градостроительные, экономические и управленческие особенности определенных видов использования земельных участков, требует установления разрешенных видов использования земельных участков и объектов недвижимости, заключаются в следующих положениях [17, с. 192–193]:

1. требование определения функционального назначения земельного участка, максимально приближенного к сложившейся пространственной организации территории, т. е. в подобной ситуации необходимо говорить о соответствии *типологических особенностей (приемов) пространственной организации территории* различным территориальным зонам;

2. приоритетное значение местоположения территориальной зоны в городе при определении характера градостроительного использования территории, что дает основание говорить о *взаимосвязи* градостроительной организации территории и *преemptивность* функционально-пространственного развития выделенного участка территории;

3. *ранжирование* видов разрешенного использования территории в зависимости от комплекса природно-ландшафтных, градостроительных особенностей территории, степени ее удаленности от центра поселения, характера прилегающих территорий, исторически сложившегося сочетания функциональных процессов и градостроительных объектов в пределах установленной территориальной зоны;

4. *обязательность принципа структуризации* в процессе определении состава каждой из зон, который основан на приоритете основного вида разрешенного использования, в то время как вспомогательным видам использования территории отводится дополнительная к основной функции.

В подобной ситуации выявление определенного (фиксированного) участка с одной (гомогенной) функции невозможно, т. к. «на территории города существует переплетение различной функциональной деятельности, приводящей к разнообразию величины стоимости земельных участков, аренды земли и строительства, что побуждает собственников и пользователей к более эффективному использованию городских земель. В этой связи большое значение приобретает разделение городских земель по их функциональному использованию, градостроительной, экономической и экологической ценности» [10, с. 12].

В подобной ситуации градостроительные и функциональные регламенты устанавливают предельные (минимальные и/или максимальные) параметры разрешенного использования, которые могут включать [1, с. 304]:

1. Показатели площади и линейных размеров (минимальных и/или максимальных) участков, включая линейные размеры предельной ширины участков по фронту улиц (проездов) и предельной глубины участков;

2. Минимальные размеры отступов от границ земельных участков, фиксирующие место доступного размещения построек (пятно застройки), за пределами которого возводить здания, строения, сооружения запрещено;

3. Максимальный процент плотности застройки в границах земельных участков, определяемый как отношение суммарной площади участка, которая уже застроена и может быть застроена дополнительно, ко всей площади;

4. Минимальный процент озеленения для территорий детских дошкольных и спортивных площадок для общеобразовательных учреждений, а также кварталов жилой застройки;

5. Предельную (минимальную и/или максимальную) этажность, или высоту построек, плотность застройки и населения;

6. Показатели общей площади помещений (минимальных и/или максимальных).

Развитие городских территорий зависит от возникновения и протекания инженерно-геологических процессов и явлений, как на свободных от застроенных территорий, так и на территориях с уже сформированной средой (застроенной территорией). Таким образом, некоторые из городских территорий, обладающие определенными инженерно-геологическими и/или планировочными экологическими ограничениями, могут попасть под власть нормативно-правовых актов различного уровня по различным причинам, т. е. происходит уточнение или установление соответствующих градостроительных регламентов и функциональных зон. Исходя из этого, на территории с определенной инженерно-геологических процессов и явлений могут попадать под формулировку как «территории с ранее установленными правами на их градостроительное использование или иные территории с установленными ограничениями в соответствии с действующим законодательством». Такая формулировка может быть применена к данным территориям, исходя из следующих соображений:

1. В области права (изменение юридического статуса территориального участка с целью сохранения первоначального состояния или с нанесением минимального ущерба его геологической среде, флоре и фауне, но в только в том случае, если такой ущерб обоснован и целесообразен);

2. В области этики и культуры (археологические исследования, новая информация о данной территории, способствующая определенному экономическому развитию территории, например, туризм или промышленность, или закрепление за данной территорией статуса, который позволяет сохранить земельный участок для будущих поколений).

Такие изменения в области юридического статуса определенного участка города, пусть и небольшого, по-

зволяют говорить о более логичной и целесообразном использовании городских территорий. Исходя из этого, некоторые из данных территорий, в т. ч. и неудобные территории, могут быть зарезервированы или сохранены для будущих поколений с целью их дальнейшего развития. В этом смысле примером может выступить Кайская гора, в отношении части (Ботанический сад ИГУ) которой были приняты определенные нормативно-правовые акты, закрепляющие изменение одного статуса на другой с целью сохранения и дальнейшего развития данной территории<sup>1</sup>. Эти законодательные акты, принятые для данного уникального объекта, носят характер защиты данной территории от посягательств со стороны застройщиков жителей города.

Таким образом, «зона охраняемого ландшафта устанавливается на территории, не вошедшей в состав охранных зон и зон регулирования застройки, для сохранения ценного ландшафта — водоемов, рельефа, растительности, т. е. факторов, которые определили местоположение господствующих в композиции зданий и сооружений, влияющих на целостность исторического облика города» [1, с. 298].

Генеральные планы городов представляют из себя «стратегические документы и сами по себе не могут дать конкретных решений по использованию территорий» [1, с. 12] и необходимы для «руководителям муниципальных органов для разработки и принятия планов реализации документов территориального планирования, а также для подготовки документации по планировке территории» [1, с. 12].

Градостроительные инвестиционные программы и проекты должны быть уточнены или разработаны являются современными технологиями управления. В подобной ситуации данные программы и проекты способствуют совершенствованию процесса развития городских территорий. Тем не менее, в настоящее время развитие городских территорий затормаживается «отсутствием возможности получения земли в собственность или долгосрочную аренду, консервативностью городских властей в вопросах размещения и выдачи разрешений на строительство значимых объектов, необходимостью привлечения финансовых ресурсов» [16, с. 141–142]. В Иркутске данная проблема остается до сих пор актуальной по причине большого числа вводимых в эксплуатацию жилья<sup>2</sup> и практическим нулевым предоставлением земельных участков для строительства многоэтажных. Так, для данной категории зданий с 2007 по 2011 г. Было выделено 4 участка общей площадью 1,46 га из общих 127,66 га, предназначенных для создания различной застройки [14, с. 119]. В подобной ситуации строительные компании по необходимости приобретают землю по рыночной стоимости, либо проводить ре-

конструкцию с расселением жильцов из ветхого и аварийного жилья. И в том, и в другом варианте конечная стоимость квадратного метра увеличивается в N-ное количество раз.

Таким образом, генеральный план города учитывает большинство вопросов преобразования и развития города:

— «комплексное решение всех его функциональных элементов и сетей обслуживания, благоустройства и городского транспорта, обеспечивающих удовлетворение растущих материальных и культурных потребностей населения; деятельность промышленных, транспортных, энергетических, коммунальных, научных и других предприятий и учреждений, а также экономическую эффективность и высокий технический и архитектурный уровень планировки и застройки города» [2, с. 316];

— «связь территории с прилегающими районами, зонами приложения труда, отдыха и центром города, решена транспортная схема и установлены места транспортных узлов (пересадочных пунктов и остановок общественного транспорта» [9, с. 65];

— «генеральный план оказывает влияние на установление границ и регламентов территориальных зон через наложение на них границ зон «регуляторов», «защитающих» перспективное развитие города от издержек нынешней градостроительной деятельности» [11, с. 63].

Генеральный план подразумевает развитие социальной, экономической и экологической составляющих частей города. При этом основными задачами при развитии городской среды являются создание «безопасной, экологически, чистой, эстетически привлекательной среды, равномерно распределяя массу, энергию» [13, с. 72]. Именно генпланом предусмотрены как реконструкция городской среды, так и развитие рекреационных пространств.

В подобной ситуации аналитическая работа, при разработке генерального плана, фиксируются в следующих комплектах чертежах [4, с. 32]:

**1. Схема современного использования территории (опорный план)** с отображением информации об использовании территории (существующая жилая и общественная застройка, распределение ее по этажности и капитальности, промышленно-коммунальные объекты, транспортные и инженерные коммуникации, зеленые насаждения и др.);

**2. Схема ограничений (схема планировочных ограничений)** с отображением территорий культурного наследия (памятники истории, архитектуры, археологии, заповедники и др.), зон с особыми условиями использования (зоны залегания полезных ископаемых, санитарно-защитные, водоохраные, шумозащитные зоны и др.), территорий, подверженных риску возникновения чрез-

<sup>1</sup> Более подробно на данную тему см.: [5, 6].

<sup>2</sup> По данным Администрации города Иркутск (обзор социально-экономического положения г. Иркутска с 2005 года по первое полугодие 2013 года) в Иркутске было возведено более 2844 тыс. м<sup>2</sup> жилой застройки.

вычайных ситуаций (территории с угрозой оползней, обвалов, затопления, химического и радиационного заражения, взрывоопасные зоны и др.);

**3. Схема комплексной оценки территории** с отображением результатов анализа комплексного развития территории (зоны различной градостроительной ценности, степень пригодности территорий для размещения селитебных, промышленных или рекреационных функций).

В подобной ситуации формирование различных территорий города должна происходить на основе выявления природных свойств территории (в первую очередь элементарных типов ландшафта, уклонов и экспозиции территории). Исходя из этого, на формирование отдельной территории формируется исходя из следующих свойств территории:

1) инженерно-геологические свойства территории, в зависимости от которых устанавливаются регламенты и эффективность использования территории с целью повысить степень урбанизированности и улучшить качества жилой среды, в т. ч. запрещение нового строительства, стимулирование переноса построек из опасной зоны; постепенное уменьшение плотности и этажности застройки, увеличение процента озеленения; правовые условия для резервирования и выкупа территорий, строительства жилых зданий, объектов общественного назначения;

2) расположение территории или планировочного элемента в определенной части (зоне) города.

В отношении Иркутска, как и в других городах России, ситуация в принятии и развитии градостроительной документации с одной стороны и развития городской среды — с другой является противоречивой ситуацией. В отношении Иркутска от начала разработки генерального плана города до его принятия прошло 73 месяца, на внесение изменений в генеральный план Иркутска — 31 [3, с. 81]. Относительно других градостроительных документов дело обстоит не на много лучше.

Подобная столь долгая разработка градостроительной документации приводит к градостроительным и экологическим конфликтам, изменяя антропогенные и природные свойства территории. Все это, тем самым, приводит к печальным последствиям, среди которых являются:

1. ухудшения экологической обстановки и/или деградация городской среды;

2. потеря объектов историко-культурного наследия;

3. нарушения и разрушения (исторического, социально-культурного, архитектурно-планировочного, объемно-пространственного и т. д.) своеобразия сложившейся среды;

4. функциональное перенасыщение территории: происходит резкое повышение плотности функций в определенном планировочном элементе, что приводит к существенным функциональным деформациям в сложившейся ткани городского окружения. Развитие новых разнообразных функций в сложившейся городской среде с изначально сформированными функциями влияют на интеграцию, замещение и вытеснение сложившихся ранее городских функций: происходит преобразование (приспособление) жилых и промышленных территорий к новым функциям;

5. повышение заболеваемости и понижение продолжительности жизни населения [7, с. 92; 8].

Таким образом, градостроительная документация различного уровня, в т. ч. генерального плана, не поспевает за постоянным развитием городской среды. Такое положение требует:

1. либо постоянный мониторинг городской среды и воплощения генерального плана в жизнь с последующим уточнением градостроительной документации.

2. либо разработка правил формирования и развития, в т. ч. изменение и/или уточнение местных правил проектирования<sup>1</sup>, городской среды с последующим изменением нормативов градостроительного проектирования различного уровня: начиная от общероссийских и заканчивая местными. В подобной ситуации подобные местные нормативы, как наиболее приближенные к происходящей действительной ситуации в городе, должны исходить из корреляции между природными и антропогенными свойствами городской среды. В подобной основными природными свойствами территории являются типы элементарных ландшафтов, а также уклоны и экспозиция территории. В зависимости от данных территорий возможно установление предельных, в т. ч. эталонных, минимальных и/или максимальных антропогенных свойств территории. С учетом установленных свойств для городской среды необходимо проведение реконструкция застройки (развитие застроенных территорий) с целью последующего изменения архитектурно-планировочных, объемно-пространственных и функциональных свойств территории и приведения их в соответствие с природными свойствами территории. Таким образом, на основе установленной взаимосвязи между природными и антропогенными свойствами городской среды необходимо проведение изменений функционального зонирования и установление соответствующих градостроительных регламентов по использованию городских территорий в различных градостроительных документах, в т. ч. и в генеральном плане города.

<sup>1</sup> Местные нормативы градостроительного проектирования г. Иркутска были приняты 15.07.2011г. (постановление от 15.07.2011г. № 031-06-1287/11 «Об утверждении местных нормативов градостроительного проектирования г. Иркутска» (см. <http://www.admirk.ru/Pages/mestnie-pogn-tradostr-proekt-irkutska.aspx>), но, к сожалению, в данном документе не отражено влияние природных свойств территории, в т.ч. неудобных территорий, на формирование городской среды, в т.ч. на архитектурно-планировочные, объемно-пространственные и функциональные свойства территории.

Литература:

1. Береговских А. Н. Управление развитием территорий и градостроительная документация. Часть третья. Кому? Зачем? Какая? Нужна градостроительная документация? / Анна Николаевна Береговских, Дмитрий Валерьевич Шинкевич, 2008. — Омск, РА «ГРАД», 327 с. — а-ил.
2. Бутягин В. А. Планировка и благоустройство городов: учеб. для ВУЗов. — М., Стройиздат, 1974. — 381 с., ил.
3. Дроздова Е. В. Влияние сроков подготовки градостроительной документации на ее актуальности / Е. В. Дроздова, В. В. Ступин. — Вестник ИрГТУ, № 6 (77), 2013. — с. 75–83
4. Ерохин Г. П. Основы градостроительства: конспект лекций / Г. П. Ерохин; НГАХА. — Новосибирск, 2009. — 102 с.
5. Кузеванов В. Я. Кайское наследие. О будущем Кайской роши и Иркутского Ботанического сада (Часть 1). / В. Я. Кузеванов / Проект Байкал, № 19, 2009. — с. 52–59. (Электронный ресурс [http://bogard.isu.ru/articles/baikal\\_project\\_2009/kaya\\_heritage\\_52-59.pdf](http://bogard.isu.ru/articles/baikal_project_2009/kaya_heritage_52-59.pdf))
6. Кузеванов В. Я. Кайское наследие. О будущем Кайской роши и Иркутского Ботанического сада (Часть 2). / В. Я. Кузеванов, С. В. Сизых / Проект Байкал, № 20, 2009. — с. 38–45. (Электронный ресурс [http://bogard.isu.ru/articles/baikal\\_project\\_2009/kaya\\_heritage\\_52-59.pdf](http://bogard.isu.ru/articles/baikal_project_2009/kaya_heritage_52-59.pdf))
7. Лыжин С. М. Агрессивное уплотнение крупнейших городов (на примере Екатеринбурга) / С. М. Лыжин, С. В. Ленский. — Академический вестник УралНИИпроект РААСН, № 1, 2008. — с. 90–92
8. Лыжин С. М. Последствия агрессивной и концентрационной застройки городов / С. М. Лыжин, С. В. Ленский. — Известия вузов. Архитектон. — 2007, № 4 (20). — [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://agchvuz.ru/2007\\_4/4](http://agchvuz.ru/2007_4/4)
9. Миловидов Н. Н. Реконструкция жилой застройки: учеб. пособие для строит. специальностей вузов / Н. Н. Миловидов, В. А. Осин, М. С. Шумилов. — М.: Высш. шк., 1980. — 240 с. : а-ил
10. Прядко И. А. Экономический механизм обоснования экологически устойчивого развития городских территорий. Монография. — Ростов-н/д: Ростиздат, 2009. — 144 с.
11. Тарасова Л. Г. Взаимосвязь процессов управления и самоорганизации в развитии крупных городов. — Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 2009. — 142 с. : ил.
12. Тарасова Л. Г. Градостроительное планирование и регулирование крупных городов с учетом действия процессов самоорганизации: Автореф. дис. ... доктора архитектуры: 05.23.22 / Лариса Германовна Тарасова; ГОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет». — Саратов, 2010. — 58 с.
13. Трухачев Ю. Н. Общая теория градостроительных систем (методологическая система) / Ю. Н. Трухачев. — Ростов-на-Дону: Российская государственная академия архитектуры и искусства, 2006. — 120 с.
14. Хомутильников И. А. О развитии застроенных территорий / Доступное и комфортное жилье: проблемы, поиски, решения: мат-лы экспертного семинара (Иркутск, 30–31 мая, 2012 г.). — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. — с. 119–120
15. Шагин А. М. Основы территориально-пространственного развития городов: Учебное пособие. — Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2006. — 48 с.
16. Юшкова Н. Г. Градостроительная организация и стимуляторы в решении проблем управления развитием территорий / Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит., № 12 (31), 2008. — с. 141–147
17. Юшкова Н. Г. Формирование системы градостроительных регламентов с учетом требований регионального использования территории / Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит., № 6 (21), 2006. — с. 188–193

## Доставка грузов потребителям с использованием различных схем работы транспортных компаний

Чухланцева Светлана Викторовна, аспирант;  
 Ширяев Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
 Кашеев Сергей Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель  
 Волгоградский государственный технический университет

В настоящее время дистрибьюторским компаниям зачастую нецелесообразно приобретать собственный транспорт для перевозки товаров. Гораздо выгоднее обращаться к транспортной компании, в перечень услуг которой входит доставка грузов по России [1].

На практике большой интерес представляет схема, когда перевозчик забирает груз у грузоотправителя (ГО) в назначенное время по определенному адресу с последующей передачей конечному грузополучателю (ГП). При этом партии грузов у одного и того же ГО от раза к разу могут различаться по составу, характеру и объему.

Существующие на современном рынке России транспортные компании можно разделить на два основных типа:

1. осуществляющие междугородные перевозки с использованием промежуточных складов по схеме: Грузоотправитель (ГО) — Склад ТК — Склад ТК — Грузополучатель (ГП);
2. осуществляющие междугородные перевозки по принципу «от двери до двери».

Компании первого типа, как правило, имеют разветвленную сеть филиалов по всей стране и осуществляют междугородную доставку мелких и крупных партий грузов автотранспортом по регионам. Эти компании осуществляют транспортные перевозки грузов при использовании большой сети складов (рис. 1). Кроме того, они могут предложить услуги по размещению грузов на собственных складах для обеспечения их дальнейшей доставки по регионам. Поскольку такие компании имеют склады во многих регионах России, в некоторых случаях при пе-

ревозке грузов могут быть задействованы более двух складов ТК. Такую систему доставки выгодно использовать при перевозках грузов на большие расстояния с двух или более складов ТК, находящихся в соседних регионах.

Поскольку такие транспортные компании имеют склады во многих регионах России, в некоторых случаях при перевозке грузов могут быть задействованы более двух складов ТК. Как правило, с точки зрения ТК, такую систему доставки выгодно использовать в случае, если необходимо перевезти грузы на большое расстояние с двух или более складов ТК находящихся на незначительном расстоянии друг от друга (в соседних регионах). Схема доставки грузов с использованием более двух промежуточных складов автотранспортных предприятий представлена на рис. 2.

По этой схеме доставка грузов осуществляется в несколько этапов. Сначала груз доставляется транспортом малой или средней грузоподъемности «от двери» ГО на склад ТК. Затем следует комплектование грузов по межрегиональным направлениям и подготовка их к отправке. Следующий этап — междугородная перевозка грузов (как правило, осуществляется подвижным составом грузоподъемностью от 20 т). Последние два этапа — прием грузов на склад ТК, подготовка его к доставке и доставка «до двери» ГП. При этом компании грузоотправители и грузополучатели могут осуществлять доставку груза «от двери до склада ТК» и «от склада ТК до двери» самостоятельно, если у них есть такая возможность.

В табл. 1 представлено описание процессов основных этапов доставки грузов в междугородном сообщении.



Рис. 1. Схема доставки грузов с использованием двух промежуточных складов автотранспортных компаний

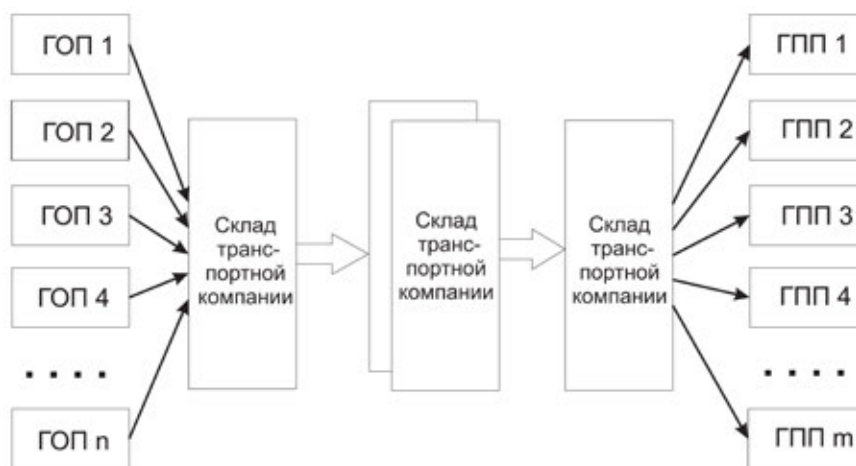


Рис. 2. Схема доставки грузов с использованием более двух промежуточных складов автотранспортных предприятий

Компании второго типа не имеют сети складов в разных регионах России, и осуществляют междугороднюю доставку грузов по принципу «от двери до двери» с использованием подвижного состава различной грузоподъемности. Такие компании могут осуществлять перевозку как одной партии грузов за рейс (из одного ГОП в один ГПП), так и нескольких партий за рейс (более одного ГОП и/или более одного ГПП).

На рис. 3 представлены схемы перевозки грузов тран-

спортными компаниями по принципу «от двери до двери».

Несколько партий перевозятся одновременно, если они имеют схожие транспортные характеристики и их общие объемно-массовые характеристики не превышают грузоподъемности и габаритов подвижного состава. В этом случае осуществляется погрузка поочередно в разных ГОП и разгрузка в ГПП в обратной последовательности, в соответствии с положением грузов внутри кузова ПС.

Таблица 1. Описание основных процессов этапов доставки грузов

Наименование этапа	Процессы этапа
Забор грузов от двери ГО	Комплектование и подготовка грузов к отправке грузоотправителем; погрузка грузов; перевозка грузов на склад АТП; разгрузка грузов; оформление документов
Хранение, комплектование грузов на складе АТП	Прием, размещение грузов на складе АТП; хранение грузов; формирование укрупненной партии грузов для перевозки по конкретному междугороднему направлению; подготовка грузов к отправке.
Междугородняя перевозка грузов	Погрузка укрупненной партии грузов в кузов ПС; оформление документов; транспортирование грузов; разгрузка на складе АТП.
Разукрупнение, хранение грузов на складе АТП	Прием, разукрупнение укрупненной партии грузов; размещение грузов на складе АТП; хранение грузов; формирование партий грузов для доставки до двери ГП; подготовка грузов к отправке.
Доставка грузов до двери ГП	Подготовка грузов к погрузке; погрузка грузов; перевозка грузов до двери ГП; разгрузка грузов; оформление документов

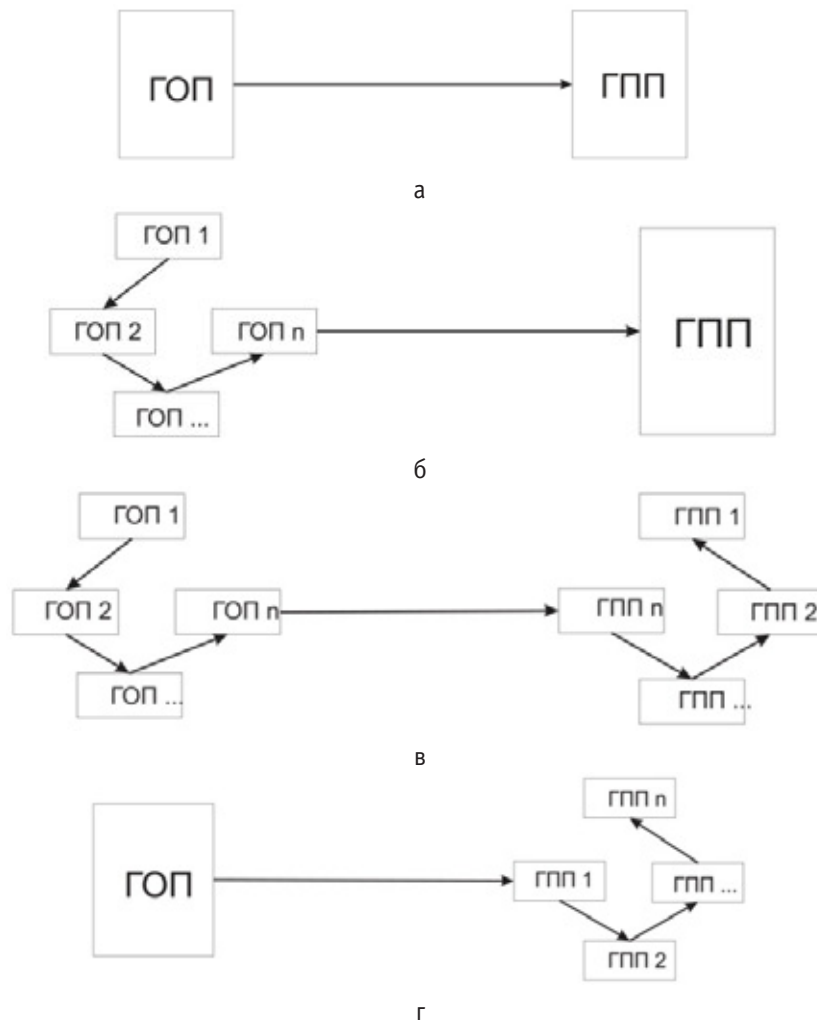


Рис. 3. Схемы доставки грузов автотранспортными компаниями по принципу «от двери до двери»  
 а) несколько ГОП — один ГПП; б) несколько ГОП — один ГПП; в) несколько ГОП — несколько ГПП;  
 г) один ГОП — несколько ГПП

Литература:

1. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах / Л. Б. Миротин, В. А. Гудков, В. В. Зырянов, С. А. Ширяев и др. Под ред. Л. Б. Миротина. - М.: Горячая линия — Телеком, 2010. - 704 с.

### Разработка нечеткого алгоритма управления подачей топлива в двигатель, а также управления торможением колес автомобилей многоцелевого назначения

Шафиков Денис Рауфович, аспирант  
 Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

Автомобили многоцелевого назначения достаточно широко эксплуатируются в народном хозяйстве, промышленности, строительстве, а так же в военной сфере и имеют, несомненно, длительную перспективу развития. Этим и обусловлена необходимость в систематизации вопросов теории, конструирования и эксплуатации автомобилей многоцелевого назначения. Для специальных машин, работающих в сложных дорожно-климатических эксплуатационных условиях, а во многих случаях просто на бездорожье и в экстремальных природных и техногенных чрезвычайных ситу-



ациях, производительность определяется их мобильностью. Для повышения скоростных характеристик, и характеристик проходимости, необходимо внедрять в электронную систему управления двигателем дополнительные алгоритмы работы двигателя и управления механизмами привода, а так же торможения колес. Следовательно, встает задача разработки различных вариантов алгоритма управления подачей топлива в двигатель, а так же управления торможением колес автомобилей многоцелевого назначения. [4, с. 24]

Исходные положения динамики движения буксующего эластичного колеса, обуславливают необходимость, для обеспечения требуемого уровня подвижности автомобилей многоцелевого назначения, подводить к колесу соответствующий его сцеплению с опорной поверхностью крутящий момент. Это будет способствовать ограничению буксования колеса в пределах, соответствующих наибольшему сцеплению с опорной поверхностью. [2, с. 276]

Следовательно, основной задачей предлагаемого способа является поддержание в процессе движения относительного буксования колес в узких пределах критического буксования  $\delta_{кр}$ . В этом случае обеспечиваются оптимальные тяговые характеристики. Для этой цели необходимо в процессе движения регулировать момент, подводимый к ведущим колесам.

Ограничение при этом момента двигателя не всегда целесообразно, так как это обеспечит требуемый эффект только для буксующего колеса (снизит его буксование). Однако это не будет способствовать реализации возможностей колеса, имеющего большее сцепление с опорной поверхностью. Наиболее целесообразно использовать свойства симметричного дифференциала, распределяющего момент между колесами поровну. [3, с. 73–89]

Если буксование машины высокое, необходимо уменьшить подачу топлива. Это знание представим с помощью продукционного ЛПУ типа «если... то...».. следующим образом

*«Если буксование машины высокое, то уменьшит подачу топлива».* (1)

Выражение, стоящее после если, называется предпосылкой, условием, а выражение, стоящее после то, — заключением, операцией. Предпосылку и заключение описываем в виде соответствующего нечеткого отношения. В предпосылке нечетким знанием является «высокая», а в заключении должна присутствовать количественная характеристика слова «уменьшить», однако пока неясно, на сколько следует уменьшить подачу топлива [7]. Другими словами, в исходное выражение должны попасть знания о том, каково буксование машины в % и на сколько % следует уменьшить подачу топлива. При этом интерпретация с помощью нечеткого множества имеет следующий вид:

$$ВЫСОКОЕ = 0,1 | 40 + 0,5 | 50 + 0,7 | 60 + 0,9 | 70 + 0,95 | 80 + 1,0 | 90 + 1,0 | 100. \quad (2)$$

Аналогично представляем уменьшение подачи топлива, в процентах от первоначального значения

$$УМЕНЬШИТЬ = 0,1 | 20 + 0,2 | 30 + 0,6 | 50 + 0,9 | 70 + 1,0 | 80 + 1,0 | 90 + 1,0 | 100. \quad (3)$$

Таким образом, продукционное правило (1), представленное в словесной форме, выражается в виде двух нечетких множеств (2) и (3).

При проектировании системы ограничения буксования ведущих колес, используя знания о влиянии уменьшении подачи топлива в двигатель на ограничения буксования ведущих колес и получаемые реальные результаты, корректируем значения функции принадлежности до тех пор, пока система наилучшим образом не будет моделировать конкретную ситуацию.

Для проектирования следуем методике, описанной в [1], выполняем при этом следующие действия [5]:

- 1) вначале определяем значения методом вопросов и ответов;
- 2) затем выполняем операции и воссоздаем ситуацию из хронометрированных данных;
- 3) наконец, он корректируем значения функции, получая наилучшие результаты из экспериментов, имитирующих (моделирующих) данную ситуацию.

Значения функций принадлежности храним в базе данных приложения Fuzzylogic toolbox пакета расширения Matlab [9], содержащий инструменты для проектирования систем нечеткой логики [10]. Matlab является **пакетом прикладных программ** для решения задач технических вычислений и одноимённым **языком программирования**. Например, формулы типа (2) и (3) храним в виде одномерного файла. Таким образом, продукционные правила (1), которых может быть сколько угодно, будут накапливаться в базе знаний Matlab.

### Лингвистические правила управления НК

Понятие «высокое буксование» на практике имеет различные оттенки: «довольно высокое буксование», «очень высокое буксование» и т. д. В процессе анализа информации и экспериментальных данных обнаружено, что

*«Буксование машины довольно высокое».* (4)

Записанную в виде ЛПУ информацию (4) можно представить с помощью нечеткого множества:

$$Довольно ВЫСОКОЕ = 0,5 | 60 + 0,9 | 70 + 1 | 80 + 0,8 | 90 + 0,2 | 100. \quad (5)$$

Теперь требуется сделать заключение на основе двух продукционных правил:

*«Если ВЫСОКОЕ буксование, то УМЕНЬШИТЬ подачу топлива».*

*«Довольно ВЫСОКОЕ буксование».* (6)

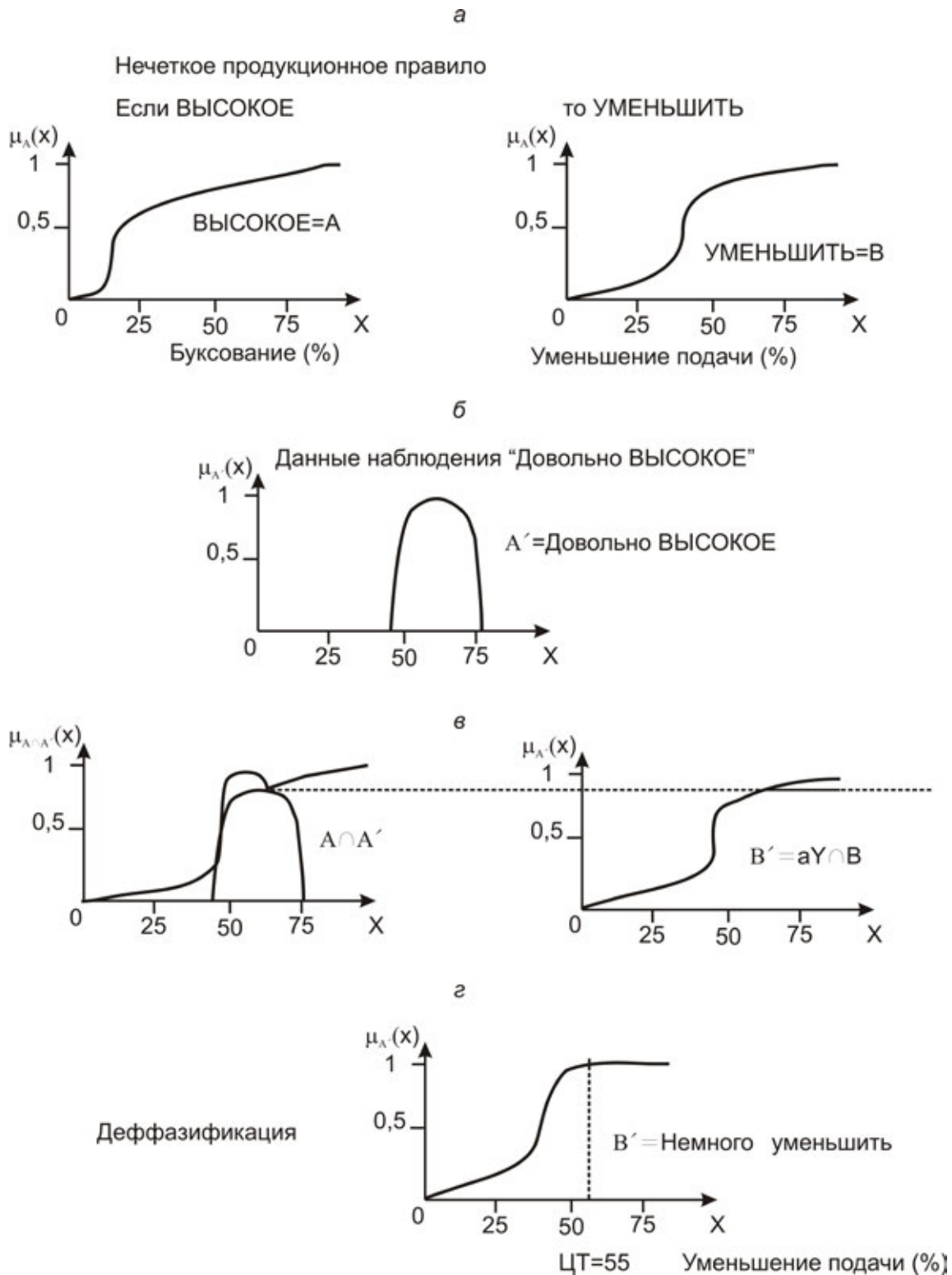


Рис. 1. Нечеткий вывод по правилам

Предпосылка «высокое» и наблюдение «довольно высокое» образуются путем сопоставления. Как известно, в четкой логике сопоставление не имеет смысла, поэтому никакого логического вывода сделать нельзя. В нечеткой логике ситуация складывается иная. Человек (водитель автомобиля многоцелевого назначения), исходя из продукционных правил (6), может сделать заключение, что следует «немного» уменьшить подачу топлива. То есть путем приближенного сопоставления правил (6) водитель (а в интеллектуальной системе — нечеткий контроллер) делает логически правильный нечеткий вывод:

«Если ВЫСОКОЕ, то УМЕНЬШИТЬ»

«Довольно ВЫСОКОЕ»

«Немного УМЕНЬШИТЬ».

(7)

Существует более ста методов преобразования нечетких выводов на лингвистическом уровне в вычислительные схемы [6]. Применяем один из наиболее часто используемых на практике методов (рисунок 1). Здесь полное пространство предпосылок  $X$  — буксование машины в %, а полное пространство заключений  $Y$  — степени уменьшения подачи топлива в %.

Используя формулы (2) и (3), нечеткое продукционное ЛПУ (1) изобразим графически, как показано на рисунке 1, а. Для упрощения рассуждений обозначим через  $A$  нечеткое множество «Высокое» в предпосылке  $X$  и через  $B$  — нечеткое множество «Уменьшить» в предпосылке  $Y$ .

Нечеткое множество «Довольно высокое» в данных наблюдения  $X$  обозначим через  $A'$  и представим, как показано на рисунке 1, б.

На рисунке 1, в графически изображен процесс классического нечеткого вывода.

Значение  $A \cap A'$  получено в результате приближенного сопоставления предпосылки правила  $A$  и данных наблюдения  $A'$ .

Затем рассмотрим максимальное значение  $a$  как некую меру сопоставления  $A \cap A'$ , выполним редукцию по этой мере заключения  $B$  в правиле и получим результат вывода  $B$  (рисунок 1, в) качестве способа редукции  $B$  выбрано отсечение по мере сопоставления  $a$ . На рисунке  $aY$  означает, что

$$\mu_{aY}(y) = a, \forall y \in Y.$$

Для текущих данных наблюдения  $A'$  (Довольно ВЫСОКОЕ) в результате применения правила  $A \cap B$  (Если ВЫСОКОЕ, то УМЕНЬШИТЬ) получаем  $B'$  (Немного УМЕНЬШИТЬ). Здесь результат вывода  $B'$  является нечетким множеством в  $Y$ , как показано на рисунке 1, г. Однако на этом этапе пока еще нельзя принять окончательное четкое решение по управлению подачей топлива.

Для получения четкого решения на основе функции принадлежности  $\mu_{B'}(x)$  для  $B'$  необходимо еще извлечь для каждой точки в  $Y$  значения — провести процесс дефаззификации [8]. Процесс дефаззификации не будет рассмотрен в данной статье, так как является отдельным разделом диссертационной работы. Поэтому на данном этапе статья считается завершённой.

#### Литература:

1. Агейкин Я. С. Вездеходные колесные и комбинированные движители [Текст] / Я. С. Агейкин — М.: Машиностроение, 1972. — 184 с.
2. Асаи К. Прикладные нечеткие системы // К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.: Пер. с япон. М.: Мир, 1993. 342 с.
3. Келлер А. В. Принципы и методы распределения мощности между ведущими колесами автомобильных базовых шасси: Монография [Текст] / А. В. Келлер, И. А. Мурог — Челябинск, 2009—224 с.
4. Кристальный С. Р. Критерии оценки автотранспортных средств, оснащённых противобуксовочными системами [Текст] / Дис.... канд. техн. наук: 05.05.03. — Л., 2007. — 269 с.
5. Тарасик В. П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами [Текст] / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. — Мн.: УП «Технопринт», 2004. — 512 с.
6. Торопов А. Н. Математическая модель маршрута движения автомобилей многоцелевого назначения [Текст] / А. Н. Торопов, А. В. Келлер, А. Ю. Кокшин // Многоцелевые гусеничные и колесные машины: актуальные проблемы пути их решения: Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения М. Ф. Балжи — ЮУрГУ — Челябинск., 2008. с. 60—67
7. Торопов А. Н. О рациональном передаточном отношении межосевого дифференциала транспортного средства [Текст] / А. Н. Торопов, А. В. Келлер, Р. Ю. Хмара, Д. И. Шарафутдинов. // Современные тенденции развития транспортного машиностроения: Сборник статей X международной научно — технической конференции. — Пенза, 2005. с. 51—53
8. Шафиков Д. Р. Обоснование выбора вида функции принадлежности при разработке нечеткого алгоритма ограничения буксования [Текст] / Д. Р. Шафиков, А. В. Келлер. // Сборник статей IV Научной конференции аспирантов и докторантов. — Челябинск, 2012. с. 43—47.
9. Информационный центр Mathworks. 1994—2013 The MathWorks, Inc URL: [http://www.mathworks.com/help/matlab/learn\\_matlab/product-description.html](http://www.mathworks.com/help/matlab/learn_matlab/product-description.html) (дата обращения: 15.02.2012)
10. Обзор центра компетенции Mathworks. Продукты и сервисы. 1994—2013 The MathWorks, Inc URL: <http://sl-matlab.ru/products/fuzzy-logic-toolbox.html> (дата обращения: 17.01.2012)

## Использование программного модуля синтеза физического принципа действия для концептуального проектирования технологических лазеров на углекислом газе

Яковлев Алексей Андреевич, доцент, доктор технических наук;  
 Чибисов Антон Викторович, аспирант;  
 Раммус Сергей Юрьевич, магистр;  
 Сорокин Вадим Сергеевич, магистр  
 Волгоградский государственный технический университет

*Описывается возможность применения разработанного модуля системы синтеза физического принципа действия преобразователей энергии для проектирования технологических лазеров на углекислом газе. Проведены рассуждения по использованию данной системы в качестве основного инструмента для создания автоматизированной системы поддержки принятия решений при концептуальном проектировании, позволяющего расширить область применения CO<sub>2</sub>-лазеров.*

**Ключевые слова:** *физический принцип действия, лазер на углекислом газе, преобразователи энергии, концептуальное проектирование.*

При проектировании различных технических систем наиболее ответственные задачи решаются на самых ранних стадиях. К ним относятся постановка задачи, структурный синтез нового объекта, а также поиск концептуальных технических решений в рамках заданной структуры. В настоящий момент разработан и апробируется программный модуль синтеза физического принципа действия преобразователей энергии, позволяющий повысить эффективность проектирования в тех случаях, когда недостаток необходимых знаний или времени исключает возможность проведения подробного анализа.

Модель физического принципа действия (ФПД) может быть представлена в виде ориентированного графа

$$L = (X, U),$$

где  $X \neq \emptyset$  — множество вершин, являющихся наименованиями физических объектов, обеспечивающих преобразование входных и выходных потоков (факторов);  $U = A \cup C$  — множество ребер, в качестве которых выступают множество  $A \subset U$  входных и  $C \subset U$  выходных потоков вещества, энергии или сигналов [1, с. 46].

Для описания физических процессов, осуществляемых в технологических лазерах, требуется уточнить эту модель, поскольку в ней не отражается очередность взаимодействий и маршруты перемещения рабочего тела. Кроме того, следует уточнить семантическую нагрузку вершин и ребер графа для данного класса устройств. С этой целью используется понятийный аппарат феноменологической термодинамики, поскольку на ее основе дается описание работы большинства технологических лазеров [2, 3].

В предлагаемой модели ФПД вершинами обозначаются места, так называемые характерные точки, где рабочее тело лазера испытывает взаимодействия, для которых в термодинамике дается единая формула аналитического выражения обобщенной работы

$$dQ = P dE$$

где  $P$  — обобщенная сила или интенсификатор;  $E$  — обобщенная координата или экстенсор.

Взаимодействия рабочего тела лазера представляются на графе ФПД ребрами с обозначением экстенсоров, сопряженными с данными взаимодействиями. Кроме того, в процессе функционирования вещество рабочего тела может перемещаться внутри устройства, что обуславливает необходимость введения ребер второго типа — маршрутных, связывающих характерные точки.

Для многих процессов преобразования энергии в технологических лазерах характерна периодичность взаимодействий и перемещения рабочего тела. Граф ФПД в этом случае необходимо дополнять циклограммой для периодических взаимодействий и перемещений рабочего тела [4, с. 15].

При разработке модели ФПД определяются характерные точки лазера, последовательность и виды взаимодействий в этих точках, а также очередность прохождения их рабочим телом. Такая модель позволяет точнее отразить особенности физических процессов, которые не могут быть представлены цепочками физических эффектов. Она сосредотачивает внимание проектировщика на конструктивных особенностях технологического лазера, от которых зависит его морфологическая организация.

Статическая структура модели системы в терминологии классов объектно-ориентированного программирования представлена на диаграмме классов (рис. 1) и отражает взаимосвязь между сущностями предметной области, используя иерархию «общее-частное» (наследование), а также описывает внутреннюю структуру классов (поля, методы) и типы отношений (наследование, реализация интерфейсов).

Автоматизированная система должна частично заменить инженера при обработке данных по синтезу новых технических решений на основе построенной модели

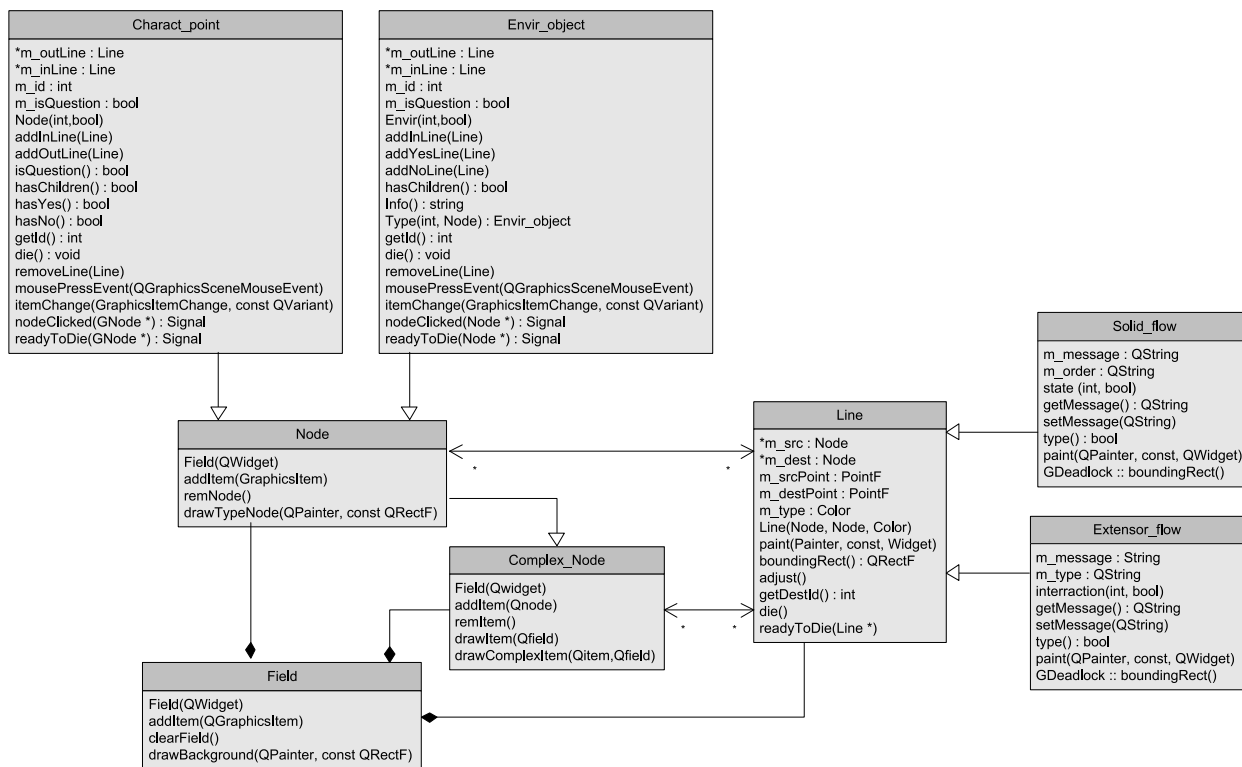


Рис. 1. Диаграмма классов автоматизированной системы синтеза ФПД

ФПД. При этом ставится задача, чтобы она имела интеллектуальный характер, обладала способностью достигать высокого качества формируемых решений, а также обучаться и объяснять свои решения. Другими словами, необходимо рассматривать задачу проектирования системы построения модели ФПД как проектирование экспертной системы [5, с. 67].

Для разработки системы построения модели ФПД как интеллектуальной системы, необходимо выбрать модель представления знаний в базе знаний, которая определяет архитектуру, возможности и свойства системы [6, с. 4]. В настоящее время известен ряд базовых моделей представления знаний и их модификаций — это представление с помощью фактов и правил, исчисления предикатов, нейронные сети, семантические сети, фреймы.

С учетом данных, встречающихся в различных источниках, можно предложить следующий перечень критериев оценки моделей представления знаний: уровень сложности, универсальность представления знаний, естественность и наглядность представления знаний при использовании, способность модели к обучению, размерность модели по объему памяти, необходимому для хранения элемента модели, удобство разработки системы на основе модели.

Одним из объектов проектируемой системы построения модели ФПД является Характерная точка (Charact\_point), которая обладает таким свойством как «Info», которое задает пользователь системы. Это вербальное описание места, в котором рабочее тело находится в опре-

деленном состоянии. Также, существуют другие свойства этого объекта: «Condition», «Line», «Info». Все они представляет из себя вербальные описания различных процессов.

Специализированный алгоритм синтеза концептуальных технических решений лазеров на углекислом газе разработан на основе методики построения модели ФПД. Метод состоит из четырех частей. В первой части даны теоретические основы метода, позволяющие конструктору получить представления об основных понятиях, которые легли в основу данной методики. Вторая часть содержит описание проектных процедур специализированного алгоритма для проектирования CO<sub>2</sub>-лазеров. В третьей части приведены примеры синтеза концептуальных технических решений газоразрядных и газодинамических лазеров. Важной составляющей специализированного метода является четвертая часть, представляющая собой информационное обеспечение, в котором дается необходимая справочная информация. Она состоит из информационных фондов, которые описаны в приложении [7, с. 34].

На рис. 2 приведена структура специализированного алгоритма. На диаграмме указаны наименования этапов, порядок их следования, а также количество шагов и наименования информационных фондов для их осуществления.

По результатам первого этапа принимается решение о методе решения задачи. Вариант А предусматривает выполнение шагов в случае, когда имеется некоторое техни-

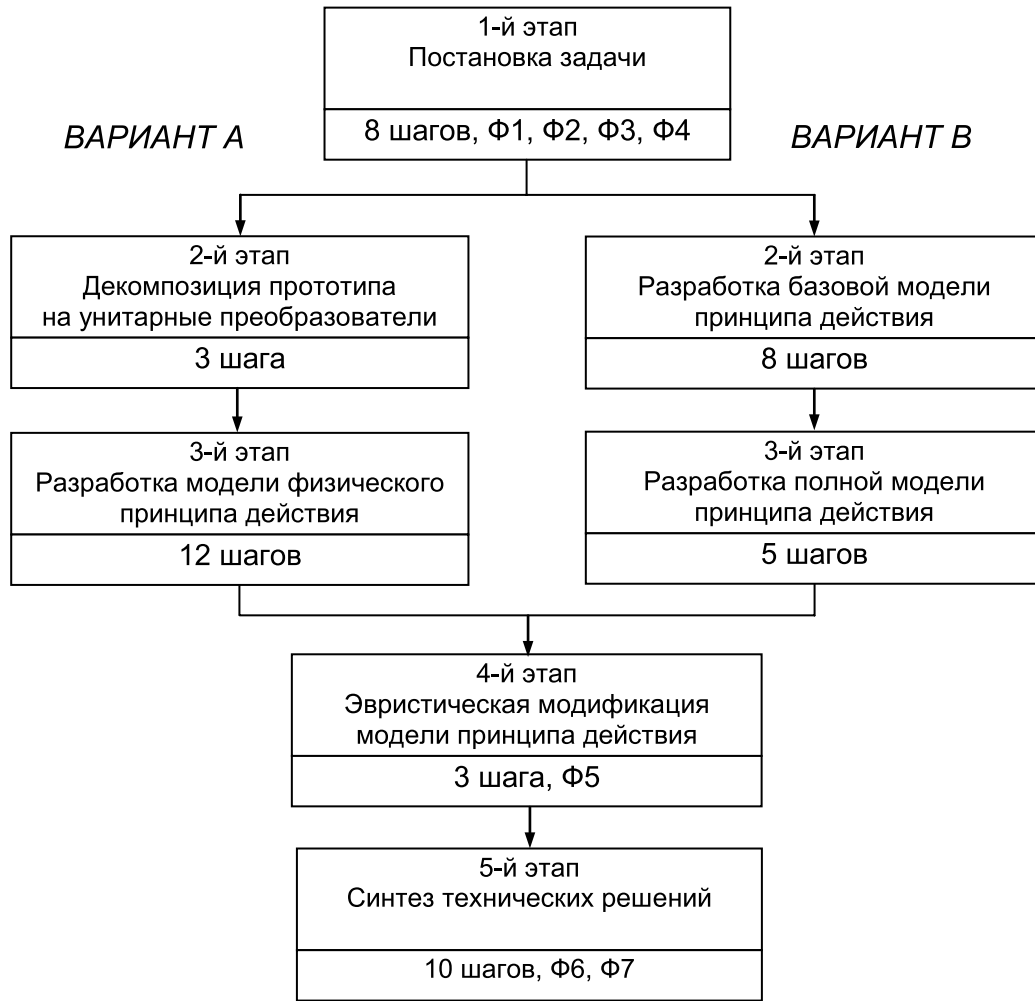


Рис. 2. Схема специализированного метода

ческое решение, которое является прототипом. Вариант В используется для построения модели ФПД на основе описания физического процесса преобразования какого-либо вида энергии в когерентное электромагнитное излучение.

Из множества технических систем выделен класс преобразователей энергии, для которого предложена модель физического принципа действия. Последняя является ориентированным графом, особенность которого состоит в том, что его вершины и ребра представляют собой абстрактные объекты, которыми оперирует феноменологическая термодинамика — характерные точки, потоки рабочего тела и обобщенные координаты (экстензоры). Такая модель позволяет точнее отражать особенности физических процессов, которые не могут быть представлены обычными цепочками физических эффектов, в частности, процессов, осуществляемых в нестационарных преобразователях в соответствии с первым и вторым методами взаимного преобразования энергии [8, с. 46].

Предлагаются два алгоритма построения диаграмм физического принципа действия. Исходными данными для

первого из них являются технические описания уже существующих преобразователей энергии на уровне принципиальных схем. Вторым алгоритм позволяет осуществлять построение диаграмм на основе описаний физических эффектов. Данные описания модели ФПД и физических эффектов для CO<sub>2</sub>-лазеров полностью удовлетворяют структуре системы синтеза модели ФПД. А именно, одним из объектов системы синтеза модели ФПД является Характерная точка (Charact\_point), которая обладает таким свойством как «Info», которое задает пользователь системы. Это вербальное описание места, в котором рабочее тело находится в определенном состоянии. Также, существуют другие свойства этого объекта: «Condition», «Line», «Info». Все они представляет из себя вербальные описания различных процессов. Применительно к системе построения модели ФПД экземплярами будут являться простейшие элементы CO<sub>2</sub>-лазера, например «топливо», «насос», «вентиль».

В системе синтеза модели ФПД CO<sub>2</sub>-лазера понятиями будут являться описание потока рабочего тела либо описание взаимодействия рабочего тела, например «Поток воздуха в рабочую полость».

Таким образом, лазеры на углекислом газе можно полностью описать, используя средства системы синтеза модели ФПД.

Выводы. Описанный метод синтеза концептуальных технических решений технологических лазеров на углекислом газе полностью применим для использования и апробирования в системе синтеза моделей физического принципа действия, позволяющей расширять область

применения системы, использовать эвристики, что может быть полезным, когда недостаток необходимых знаний или времени исключает возможность проведения полного анализа [9, 10]. Апробация системы синтеза модели ФПД для проектирования модели CO<sub>2</sub>-лазера возможна без потери ключевых требований к описанию подобных моделей. Обращивать знания в системе синтеза, можно не теряя качества результатов проектирования.

#### Литература:

1. Яковлев А. А. О системном подходе к формированию множеств технических решений преобразователей энергии / А. А. Яковлев // Известия вузов. Машиностроение. — 2005. — № 7. — С. 44–50.
2. Яковлев А. А. Метод построения моделей физических принципов действия преобразователей энергии / А. А. Яковлев // Известия вузов. Машиностроение. — 2005. — № 10. — С. 22–28.
3. Яковлев А. А. Метод синтеза технических решений двигателей внутреннего сгорания на начальных стадиях проектирования / А. А. Яковлев // Двигателестроение. — 2005. — № 3 (221). — С. 26–31.
4. Яковлев А. А. Системный подход к разработке новых двигателей / А. А. Яковлев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2005. — № 12. — С. 13–17.
5. Камаев В. А. Обучение концептуальному проектированию преобразователей энергии на базе системного подхода / В. А. Камаев, А. А. Яковлев // Открытое образование. — 2005. — № 5 (52). — С. 62–69.
6. Камаев В. А. Моделирование физических принципов действия и формирование множеств технических решений преобразователей энергии / В. А. Камаев, А. А. Яковлев // Информационные технологии. — 2006. — № 1. — С. 2–8.
7. Яковлев А. А. Инженерно-физический подход к проектированию преобразователей энергии / А. А. Яковлев // Справочник. Инженерный журнал. — 2006. — № 2. С. 32–38.
8. Шевчук В. П. Метод синтеза концептуальных технических решений преобразователей энергии / В. П. Шевчук, А. А. Яковлев // Промышленная энергетика. — 2006. — № 3. — С. 41–46.
9. Яковлев А. А. Синтез моделей физического принципа действия преобразователей энергии с газообразным рабочим телом / А. А. Яковлев // Информационные технологии. — 2006. — № 3. — С. 23–28.
10. Яковлев А. А. Синтез технических решений технологических газовых лазеров / А. А. Яковлев, Р. В. Лещенко // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвузовский сб. науч. ст. № 5 (20) / ВолгГТУ. — Волгоград, 2006 (Сер. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. Вып. 3). — С. 14–16.

# Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (59) / 2013

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М.Н.

Иванова Ю.В.

Лактионов К.С.

Комогорцев М.Г.

Ахметова В.В.

Брезгин В.С.

Котляров А.В.

Яхина А.С.

Насимов М.О.

Лескова Е.В.

**Ответственный редактор:**

Кайнова Г.А.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (*Армения*)

Арошидзе П. Л. (*Грузия*)

Атаев З. В. (*Россия*)

Велковска Г. Ц. (*Болгария*)

Гайич Т. (*Сербия*)

Данатаров А. (*Туркменистан*)

Ешиев А. М. (*Кыргызстан*)

Игисинов Н. С. (*Казахстан*)

Лю Цзюань (*Китай*)

Нагервадзе М. А. (*Грузия*)

Прокопьев Н. Я. (*Россия*)

Прокофьева М. А. (*Казахстан*)

Ребезов М. Б. (*Россия*)

Хоналиев Н. Х. (*Таджикистан*)

Хоссейни А. (*Иран*)

**Художник:**

Шишков Е. А.

**Верстка:**

Бурьянов П.Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru)

<http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.