



МОЛОДОЙ  
УЧЁНЫЙ

II Международная научная конференция

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Санкт-Петербург

Главный редактор: *Ахметова Г. Д.*

Редакционная коллегия сборника:

*М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, К. С. Лактионов, Н. М. Сараева, О. А. Авдеюк, Т. И. Алиева,  
В. В. Ахметова, В. С. Брезгин, О. Е. Данилов, А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова,  
Т. П. Жуйкова, М. А. Игнатова, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров,  
С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, У. А. Мусаева, М. О. Насимов,  
Г. Б. Прончев, А. М. Семахин, Н. С. Сенюшкин, И. Г. Ткаченко, А. С. Яхина*

Ответственные редакторы:

*Г. А. Кайнова, Е. И. Осянина*

Международный редакционный совет:

*З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия), В. В. Борисов (Украина),  
Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия), А. Данатаров (Туркменистан),  
А. М. Данилов (Россия), З. Р. Досманбетова (Казахстан), А. М. Ешиев (Кыргызстан),  
Н. С. Игисинов (Казахстан), К. Б. Кадыров (Узбекистан), О. А. Козырева (Россия),  
Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес (Украина), М. А. Нагервадзе (Грузия),  
Н. Я. Прокопьев (Россия), М. А. Прокофьева (Казахстан), М. Б. Ребезов (Россия),  
Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан),  
А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан)*

Т38 **Технические** науки: проблемы и перспективы: материалы II Междунар. науч. конф.  
(г. Санкт-Петербург, апрель 2014 г.). — СПб: Заневская площадь, 2014. — vi, 134 с.  
ISBN 978-5-9905451-5-1

В сборнике представлены материалы II Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)  
ББК 30

## СОДЕРЖАНИЕ

## 1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

**Варданян Н.А.**

Применение электронных образовательных ресурсов (ЭОР, интерактивный УМК) при изучении информатики с целью индивидуализации процесса обучения. .... 1

**Григоров А.С.**

Представление профилей нормального поведения пользователей с помощью масштабируемых фильтров Блума. .... 2

**Грудинин С.Н.**

Исследование методов реконструкции трехмерных моделей манекенов ..... 5

**Нуржабова Д.Ш.**

Electronic medical of document circulation formats HL7 and DICOM ..... 9

**Орлов Е.В.**

Основные принципы построения современных компьютерных систем ..... 10

**Полухин П.В.**

Анализ особенностей использования фаззинга как инструмента тестирования межсетевых экранов безопасности веб-приложений ..... 12

**Слепцов И.А.**

Исследование формантных частот якутских гласных ..... 15

## 2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**Бойков Д.В.**

Радиосигналы в спутниковых радионавигационных системах нового поколения ..... 19

**Гапочкин А.В.**

Применение вейвлет-анализа для очистки речевого сигнала от шума. .... 23

**Каюпова А.Н.**

Introduction to automatic number plate recognition systems ..... 25

**Подстригаев А.С., Беззуб А.И.**

Широкополосная приемная система станции РЭБ. .... 29

**Радченко В.В.**

Исследование диапазона отклонений PS-NEXT в кабелях СКС ..... 32

## 3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Лопаткин Р.Ю., Игнатенко С.Н., Иващенко В.А.**

Архитектура универсальных средств автоматизации научных установок ..... 36

## 4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

**Аверченко А.П., Женатов Б.Д., Бессонов В.А.**

Одночастотные сети в цифровом стандарте DVB-T2 ..... 40

**Ашуев Р.М.**

Влияние работы бытовых электроприборов на качество электроэнергии. . . . . 42

**Гельвер Ф.А., Белоусова Н.В., Самосейко В.Ф., Саушев А.В.**

Выбор емкости конденсатора звена постоянного тока двухзвенного преобразователя частоты с инвертором напряжения. . . . . 44

**Клецель М.Я., Барукин А.С.**

Дифференциальная защита преобразовательной установки на герконах. . . . . 47

**5. ЭНЕРГЕТИКА****Вардияшвили А.А., Захидов Р.А., Мурадов И., Вардияшвили А.А.**

Возможности рационального использования воды и возобновляемой гидроэнергии с техническими устройствами в промышленной энергетике. . . . . 50

**Вардияшвили А.А., Саматова Ш.Ю., Абдуллаева К.Т., Зохилова Ш.М.**

Энергосбережение и энергоэффективность в системах пароснабжения. . . . . 53

**Расулов А.Н., Рахмонов И.У.**

Мероприятия по экономии электроэнергии на компрессорных станциях. . . . . 55

**Субботенко Д.И.**

Математическая модель процесса топливоподачи системой Common Rail с электрогидравлической форсункой. . . . . 58

**6. МЕТАЛЛУРГИЯ****Сембаев Н.С.**

Разработка перспективных технологии получения наноструктурных металлических материалов . . . . . 61

**7. МАШИНОСТРОЕНИЕ****Ахметов Ж.Е.**

Экспериментальные исследования по определению влияния параметров газоимпульсного пресса на качество изделий. . . . . 65

**Кокотков И.Н., Юрьев Е.А., Железнов А.К., Попов С.В.**

Способы реновации судовой парожеткторной холодильной машины с деформированным корпусом испарителя . . . . . 72

**Чудакова О.Г., Лавриненко О.В., Гаязова З.И.**

Схема утилизации твердых отходов гипермаркета . . . . . 75

**8. СТРОИТЕЛЬСТВО****Гляков М.Ю., Агеев С.М., Капустин Д.И.**

Применимость программного комплекса SCAD для расчета прогрессирующего разрушения каркасно-панельных одноэтажных зданий с учетом потери несущей способности отдельных конструктивных элементов. . . . . 78

**Грабовец Т.Н.**

Расчет произвольно опертых пластин . . . . . 83

**9. ТРАНСПОРТ****Ломаков Ю.А.**

Учёт распространённых при решении проблемы пробок ошибок в автоматизированной системе проектирования транспортной городской системы. . . . . 91

**Сексенбаева Р.Б., Данияров Н.А., Жалғасбеков А.З., Минбаев Ж.С.**

Каталитические нейтрализаторы для дизельных двигателей . . . . . 94



## 10. АРХИТЕКТУРА

### **Береговина Н.Б.**

Тенденция «кирпичного» стиля в творчестве кубанских зодчих конца XIX — начала XX вв.: историко-архитектурный аспект изучения .....	98
--	----

## 11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

### **Абдуллаев А.Б.**

Исследования зависимости гранулометрического состава материалов от энергии нагружения .....	106
---	-----

### **Герасименко И.В., Ваньков А.В.**

Разработка методики по определению усилия удержания пуха в шерстно-пуховом покрове коз. ....	107
--	-----

### **Живая Г.И.**

Химическая обработка бурового раствора при бурении на Средне-Итурском месторождении. ....	110
---	-----

### **Кожанова Е.Р.**

Автоматизация моделирования продольного распределения магнитного поля полигармонических магнитных периодических фокусирующих систем в среде MATHCAD .....	112
---	-----

### **Лавриченко О.В.**

Синтропия и эксформация как основные закономерности инновационных бизнесобразующих технологий .....	116
---	-----

### **Овсянников В.Е., Васильев В.И.**

Разработка компьютерной модели работы оператора технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта .....	120
---	-----

### **Пономарев А.А.**

Применение центробежно-вихревых насосов для добычи нефти в ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» .....	123
--	-----

### **Скачкова М.Е., Ефимова Ю.И.**

Разработка кадастра особо охраняемых природных территорий .....	126
---	-----

### **Скачкова М.Е., Иванова Н.А.**

Особенности ведения государственного водного реестра. ....	130
--	-----



# 1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

## Применение электронных образовательных ресурсов (ЭОР, интерактивный УМК) при изучении информатики с целью индивидуализации процесса обучения

Варданян Наира Андраниковна, кандидат педагогических наук, доцент  
ГБОУ СОШ №1980 (г. Москва)

Сегодня информационные компьютерные технологии можно считать тем новым способом передачи знаний, который соответствует качественно новому содержанию обучения и развития учащихся, что способствует повышению познавательного интереса, развитию навыков самостоятельной работы, поиска, анализа объектов и явлений, находить источники информации, воспитывает ответственность при получении новых знаний и развивает дисциплину интеллектуальной деятельности.

В наше время учитель должен не только научить школьника учиться, но и воспитать личность, ориентированную на саморазвитие. Решать эти задачи мне помогают электронные образовательные ресурсы (ЭОР) и электронные УМК, который я умело использую в своей работе.

Информатика, пожалуй, единственный учебный предмет, который немислимо представить без использования ЭОР.

На своих уроках я применяю ЭОР-ы в различных формах:

- сопровождение объяснения материала, созданной мною презентацией, использование при объяснении видеофрагментов, картин, рисунков, схем, других медиаобъектов;

- использование в интерактивных, инновационных методах обучения: создание учебных мини-проектов, рациональный поиск информации в сети Интернет, использование материалов ЭОРов для подтверждения выдвинутых учебных гипотез.

ЭОР применяю на различных этапах урока:

- на этапе актуализации знаний использую электронные тесты, в том числе собственных разработок;

- на этапе объяснения нового материала использую электронные учебники; мультимедийные презентации; учебные видеофильмы;

- на этапе закрепления и совершенствования знаний, умений и навыков использую программы — тренажёры, кроссворды;

- на этапе контроля и оценки знаний, умений и навыков использую контрольный и тестовый режимы, которые ведут статистику по ходу их выполнения.

Важно, что «Электронные УМК» оставляют учебный текст как источник информации постоянно «открытым»,

ориентируя учащихся на поиск необходимой дополнительной информации и предоставляя им соответствующие «навигационные» возможности.

Для навигации по ресурсам УМК предусмотрена единая система ссылок как инструмент работы учащегося с УМК в информационно-образовательной среде:

- ссылка на учебные пособия,
- ссылка на практикум/задания в рабочей тетради/задачник,
- ссылка на электронное приложение к УМК,
- ссылка на ресурсы ФЦИОР и Единой коллекции ЦОР ([www.fcior.edu.ru](http://www.fcior.edu.ru) и [www.school-collection.edu.ru](http://www.school-collection.edu.ru))
- ссылка на практикум ГИА/ЕГЭ,
- ссылка на компьютерный практикум (компьютерная лаборатория/цифровая лаборатория),
- ссылка на лабораторный эксперимент по предмету.

Ядром типового решения в учебнике является параграф. Ссылки становятся навигационными значками, едиными для всех учебников системы УМК данной ступени обучения.

Эффективность электронного УМК как *интерактивной среды урока* на АРМ учителя не вызывает сомнения. Технологичная интерактивная среда УМК позволяет мне организовать работу в классе с учётом возможности учащихся. Мы работаем и с учебниками, и с электронными ресурсами. Ученики не отрываются от традиционных средств обучения: книг, инструментов, лабораторного оборудования, ручки и тетради.

Эти средства работы в среде электронного учебника позволяют ученику обогащать его и настраивать на любой профиль обучения, сохраняя целостность материалов и учитывая их обновление и дополнение.

Фактически учащийся может формировать в нём из года в год своё профильное портфолио, работая с нужными ему ссылками, пособиями, встраивая в ресурс свои наработки, фиксируя свои достижения, взаимодействуя с группой в профиле обучения и с педагогами, имея доступ к среде с любого устройства, подключенного к сети Интернет. Такая модель интегрированных учебных материалов с обратной связью и средой портфолио пользователя является новым инструментом школы информационного века.

Я считаю, что ЭОРы открывают широкие возможности для индивидуального подхода в образовании. Каждый учащийся может выбирать наиболее «понятный» для него ЭОР и работать с ним в собственном темпе. У учащихся появляется возможность использовать другие мате-

риалы для подготовки к уроку и самоподготовки. Образовательный процесс с использованием ЭОРов изменяет школьника, повышает его мотивацию в изучении не только моего предмета, но остальных учебных предметов.

#### Литература:

1. Цветкова, М. С., ЦОР к УМК как средство расширения его образовательных возможностей, Сборник трудов XVI конференции-выставки «Информационные технологии в образовании». Часть IV. — М.: «БИТ про», 2006
2. Цветкова, М. С., Перспективные направления системного развития комплекса УМК по информатике и предметам естественнонаучного цикла. Сборник трудов XVIII конференции-выставки «Информационные технологии в образовании». Часть IV. — М.: «БИТ про», 2008
3. Цветкова, М. С., Роль предмета Информатика и ИКТ в современном школьном образовании. Базисный аспект Сборник трудов XVIII конференции-выставки «Информационные технологии в образовании». Часть IV. — М.: «БИТ про», 2008
4. Цветкова, М. С., Модели непрерывного информационного образования, (серия «Информатизация образования») М: «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2009
5. Цветкова, М. С., Информационная активность педагогов, (серия «Информатизация образования») М: «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2010

## Представление профилей нормального поведения пользователей с помощью масштабируемых фильтров Блума

Григоров Андрей Сергеевич, старший преподаватель  
Череповецкий государственный университет

*В данной статье представлен метод обнаружения аномалий в действиях пользователей путём оценки результатов выполнения SQL-запросов к базам данных. Дается описание представления профиля нормального поведения пользователя с помощью использования масштабируемых фильтров Блума.*

**Ключевые слова:** обнаружение аномалий, профиль нормального поведения пользователя, масштабируемые фильтры Блума.

В настоящее время использование систем обнаружения аномалий (СОА) в действиях пользователей является одним из подходов к повышению эффективности защиты информационных систем. Принцип работы подобных СОА заключается в том, что сначала для защищаемой информационной системы формируется описание её нормального поведения, а затем все действия, выполняемые с системой, сравниваются с построенными профилями нормального поведения. Если при сравнении обнаруживается значительное отклонение от профиля, то СОА сигнализирует администратору системы или службе безопасности о возможном нарушении правил работы с информационной системой.

При разработке СОА следует учитывать тот факт, что использование СОА может существенно повлиять на работу информационной системы. Так использование неэффективных алгоритмов анализа поведения и структур данных для хранения профилей нормального поведения может привести к тому, что скорость

отклика защищаемой системы уменьшится, или обнаружение аномалий будет происходить с большой задержкой, что обычно неприемлемо. Примером систем, использующихся для управления большими объёмами данных и для которых важна скорость отклика на запросы пользователей, являются системы управления базами данных (СУБД), для которых в последние десятилетия активно воплощаются в жизнь идеи создания СОА. Одним из направлений научных исследований в данной области является создание алгоритмов обнаружения аномалий, использующих в качестве исходных данных для анализа информацию о результатах выполнения SQL-запросов [6]. В работах [1, 2, 3] была предложена математическая модель описания профилей нормального поведения пользователей базы данных на основе графов (рис. 1), отражающих взаимосвязи между данными, которые выбираются SQL-запросами, считающимися допустимыми при нормальной работе пользователей СУБД. В данной модели вершинам графа соответствуют записи



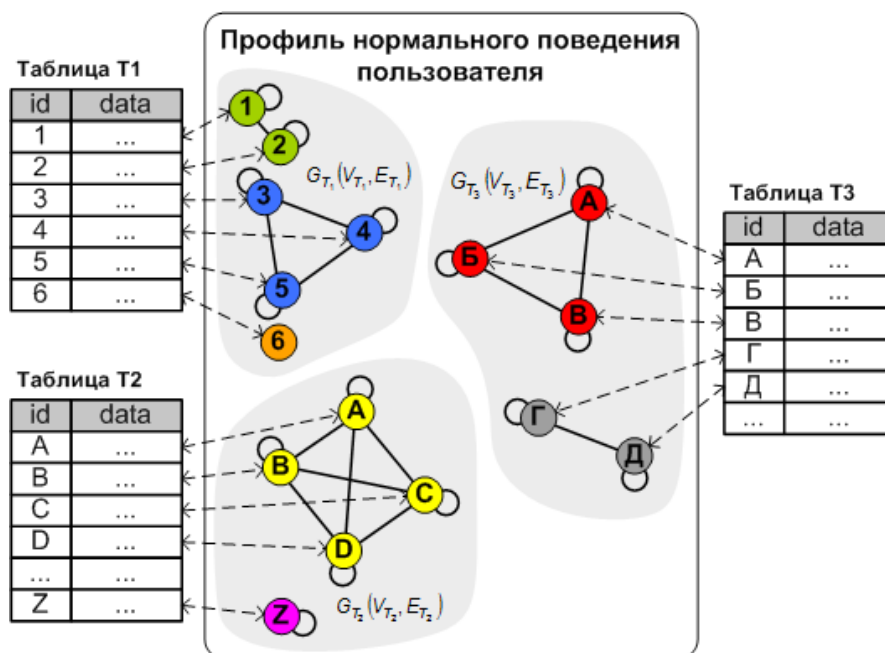


Рис. 1. Пример профиля нормального поведения пользователя

из таблиц БД. Наличие рёбра между вершинами показывает, что при нормальной работе пользователя появление двух записей, соответствующих этим вершинам, в результате выполнения какого-нибудь SQL-запроса является допустимым событием.

Разработанный метод обнаружения аномалий в SQL-запросах заключается в оценке результата выполнения запроса путём вычисления плотности графа, отражающего взаимосвязи между данными, которые были выбраны запросом. Чем меньше значение плотности графа, тем менее связанными друг с другом являются выбранные данные. Если значение плотности графа оказывается ниже некоторого установленного порога, то это является сигналом о том, что полученный результат не характерен для нормальной работы пользователя.

Плотность графа — это величина, значение которой равно отношению суммы весов всех рёбер графа к максимально возможному весу, который мог бы иметь рассматриваемый граф. Для невзвешенного графа плотность определяется следующей формулой

$$D(G) = \frac{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=i}^N a_{ij}}{N^2 + N},$$

где  $N$  — количество вершин в графе, а  $a_{ij}$  равно 1, если между вершинами  $i$  и  $j$  существует ребро, и равно 0, если ребра нет.

С ростом количества записей в таблицах базы данных возникает задача эффективного хранения и манипуляции информацией о графе, описывающем профиль нормального поведения пользователя. Причём для уменьшения временных расходов на работу СОА необходимо, чтобы используемые структуры данных позволяли выполнять

обработку в оперативной памяти, так как работа с внешними хранилищами данных (например, жёстким диском) значительно увеличивает время отклика СОА. Основной операцией при вычислении плотности графа, является определение того, существует ли ребро между двумя вершинами графа. Использование для хранения информации о графе матрицы смежности позволяет определить наличие ребра за время пропорциональное  $O(1)$ . Однако объём памяти, требующийся для хранения матрицы смежности, пропорционален  $O(N^2)$ . Альтернативой может быть хранение для каждой вершины списка всех вершин, с ней связанных. Однако в данном случае требуются накладные расходы на хранение названия связанной вершины. Например, если вершины в графе кодируются  $K$ -битными ключами, то на хранение списка из  $M$  вершин потребуется  $KM$  бит информации.

Для уменьшения размеров памяти, необходимой для хранения списка смежных вершин, в данной статье предлагается использовать фильтр Блума [5] — вероятностную структуру данных, позволяющую хранить множество элементов и проверять принадлежность конкретного элемента к данному множеству. Принцип работы фильтра Блума устроен таким образом, что в ответ на вопрос, есть ли данный элемент во множестве, можно получить положительный ответ, хотя на самом деле элемента во множестве нет. Однако если на данный вопрос получен отрицательный ответ, то это означает, что элемент во множестве точно отсутствует.

Фильтр Блума представляет собой массив из  $m$  бит, изначально заполненный нулями, и набор  $k$  независимых друг от друга хеш-функций  $h_1, h_2, \dots, h_k$ , возвращающих значения от 1 до  $m$ . Добавление в фильтр Блума элемента  $x$  заключается в записи в ячейки с номерами  $h_1(x), h_2(x)$ ,

...,  $h_k(x)$  единиц. Для проверки принадлежности элемента  $x$  множеству проверяются значения ячеек с номерами  $h_1(x)$ ,  $h_2(x)$ , ...,  $h_k(x)$ . Если хотя бы в одной ячейке окажется ноль, то это означает, что элемент ранее во множество не добавлялся, так как в этом случае все ячейки были бы заполнены единицами. Если же все ячейки заполнены единицами, то это означает, что элемент, возможно, принадлежит множеству, так как все ячейки могли быть заполнены единицами при добавлении других элементов. Как видно из описания, фильтр Блума не требует хранения самого элемента, что делает размер его массива независимым от размера элементов во множестве.

Размер битового массива, который следует использовать, определяется двумя параметрами: количеством элементов  $n$ , которое предполагается добавить во множество, и  $p$  — желаемый уровень ложноположительных срабатываний алгоритма. Оптимальный размер может быть вычислен по формуле

$$m = -\frac{n \ln p}{(\ln 2)^2}.$$

Так, например, для хранения  $n$ -элементного множества при желаемом уровне ложноположительных срабатываний равном 1 % потребуется  $9,58n$  бит.

Предлагается каждой вершине в графе поставить в соответствие свой фильтр Блума, в котором будут храниться все смежные вершины. Однако следует учитывать, что для некоторых вершин количество смежных вершин может быть существенно меньше общего числа вершин в графе. Поэтому нецелесообразно для всех вершин

размер массива брать равным  $-\frac{N \ln p}{(\ln 2)^2}$  бит, где  $N$  —

количество вершин в графе. Можно организовать цепочку из нескольких фильтров Блума, которые образуют так называемый масштабируемый фильтр Блума [4]. Изначально делается предположение, что количество смежных вершин будет не более некоторого числа  $L$  мень-

шего, чем  $N$ . И вершине ставится в соответствие фильтр

Блума размером  $-\frac{L \ln p}{(\ln 2)^2}$ . В дальнейшем при добав-

лении элементов в фильтр Блума выполняется оценка вероятности ложноположительных срабатываний алгоритма. Если вероятность превышает ожидаемый порог  $p$ , то создаётся новый массив того же размера и добавляется в последовательность массивов, связанных с вершиной графа. В дальнейшем добавление новых элементов производится уже в этот массив. Таким образом, при добавлении новых смежных вершин цепочка из фильтров Блума автоматически увеличивается, причём вероятность ложноположительных срабатываний остаётся на желаемом уровне. При определении принадлежности элемента множеству выполняется последовательная проверка во всех фильтрах Блума. Если хотя бы в одном массиве все ячейки, соответствующие значениям хеш-функций, содержат 1, то элемент считается принадлежащим множеству. Если в каждом массиве хотя бы одна ячейка, соответствующая значению хеш-функции, содержит 0, то считается, что элемент не принадлежит множеству.

На рисунке 2 показан пример представления графа поведения пользователей с помощью масштабируемых фильтров Блума.

В виду того, что при использовании фильтров Блума возможны ложноположительные срабатывания, вычисленное значение плотности графа в ряде случаев может оказаться больше истинного значения. Однако данную проблему можно обойти, уменьшая пороговое значение плотности графа в зависимости от выбранного желаемого уровня ложноположительных срабатываний фильтра Блума.

Одним из вариантов дальнейшего развития предложенного метода видится определение точных правил корректировки порогового значения плотности графа в зависимости от желаемого уровня ложноположительных срабатываний.

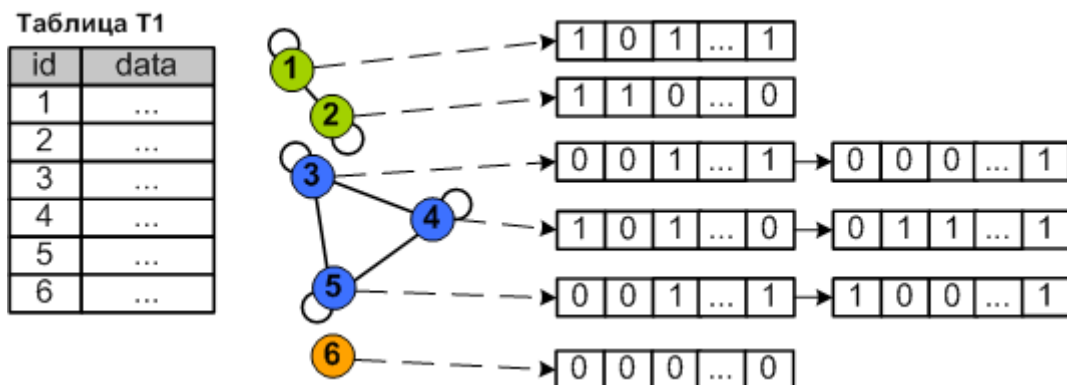


Рис. 2. Представление профиля нормального поведения пользователей с помощью масштабируемых фильтров Блума

*Литература:*

1. Беляев, А. В., Григоров А. С. Обнаружение атак на базы данных на основе оценки внутренней структуры результатов выполнения SQL-запросов. // Научно-технический вестник Поволжья. №22012 г. — Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2012. — с. 99–104.
2. Григоров, А. С. Обнаружение аномалий в SQL-запросах к базам данных на основе оценки внутренней структуры результатов выполнения запросов. // Научно-технический вестник Поволжья. №62011 г. — Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2011. — с. 146–151.
3. Григоров, А. С., Плащенко В. В. Метод обнаружения аномалий в поведении пользователей на основе оценки результатов выполнения SQL-запросов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2013. — №3 — с. 49–54.
4. Almeida, P., Baquero C., Preguica N., Hutchison D. Scalable Bloom Filters // Information Processing Letters 101 (6), 2007 — P. 255–261.
5. Bloom, B. H., Space/time trade-offs in hash coding with allowable errors // Commun. ACM 13 (7), 1970 — P. 422–426.
6. Mathew, S., Petropoulos M., Hung Q. Ngo, Shambhu Upadhyaya. A Data-Centric Approach to Insider Attack Detection in Database Systems // Recent Advances in Intrusion Detection: 13th International Symposium, RAID, 2010 — P. 382–401.

**Исследование методов реконструкции трехмерных моделей манекенов**

Грудинин Сергей Николаевич, аспирант

Новосибирский государственный технический университет

В работе рассматривается метод реконструкции базовой модели из полигональной модели, полученной трехмерным сканированием для целей параметрического моделирования виртуальных манекенов. На сегодняшний день существует три основных группы методов поверхностного моделирования трехмерных форм человеческого тела [1, 2]: создание, реконструкция и интерполяция. К первой группе относится набравшее популярность в последнее время 3D-сканирование, а также 3D-скульптинг — моделирование человеческого тела как трехмерной скульптуры в специальном для этих целей программном обеспечении. Ко второй группе — методы, позволяющие воссоздать модель по набору неструктурированных (или частично структурированных) данных [3]. Полученное представление должно соответствовать исходным данным с меньшим количеством ошибок и шума, а также позволять отслеживать характеристики и измерения, если это необходимо. Зачастую исходными при этом выступают модели из баз данных трехмерных сканов [4]. В третьей группе объединены методы, создающую модель путем деформации некоторой заданной базовой модели, в соответствии с установленными математическими ограничениями. Такой подход также называют параметрическим моделированием [5]. Процесс разделен на два этапа: построение поверхности сеточной структуры и ее аппроксимация неравномерными патчами. Сеточная структура необходима для устранения ошибок, связанных с недостатком или искажением информации при сканировании объекта. Аппроксимация поверхности осуществляется оригинальным методом построения «четыреугольного» каркаса с последующим представлением ячеек каркаса линейными поверхностями Кунса.

Исходными данными для построения модели является 3D-модель женского манекена стандартной формы, полученная трехмерным сканированием. Входная модель имеет полигональную структуру: множество точек  $t_{ij}(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$ , соединенных в треугольные полигоны  $p_i = (t_{i1}, t_{i2}, t_{i3})$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, 3}$ , где  $N$  — количество полигонов. На этапе построения сеточной структуры исходная модель разбивается на множество горизонтальных сечений  $h_i$ , содержащих одинаковое количество точек  $\{v_{ij}\}$ , отсортированных по полярному углу и равноотстоящих друг от друга  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ , где  $N$  — количество сечений,  $M$  — количество точек в сечениях. Одним из основных свойств формы манекена является симметричность относительно плоскости  $xOz$ , поэтому исходные сечения подвергаются симметризации — определению средних значений между левыми и правыми половинами относительно оси симметрии, а затем сглаживанию — интерполяции сплайнами третьего порядка.

Модель, состоящая из сечений  $h_i$ , используется для аппроксимации патчами Кунса. Первым шагом аппроксимации является определение характерных точек для каждого  $i$ -го сечения из  $h_i$ . Для снижения вычислительной нагрузки расчеты выполняются по полусечениям, по окончании расчета линии каркаса отображаются относительно оси симметрии манекена. Каждое  $i$ -ое полусечение рассматривается как кусочно-линейная функция  $y(x)$  и выражается в параметризованном виде функциями  $x(s)$  и  $y(s)$ . Параметром  $s$  выступает накопленная (суммарная) длине, то есть при  $s_0 = 0$

$$s_i = s_{i-1} + \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}, \quad i = \overline{1, M}.$$

Для  $x(s)$  и  $y(s)$  определяются характерные точки, в которых первая производная равна нулю. Характерными признаются также точки начала и конца  $i$ -го полусечения.

Таким образом, перед этапом аппроксимации имеется  $N$  полусечений по  $M$  точек, при этом  $m_i$  из них — характерные точки  $\{p_{ij}\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, m_i}$ . Под построением каркаса подразумевается соединение точек сечений таким образом, чтобы они образовывали четырехугольную сетку, в узлах которой находились характерные точки. Построение каркаса осуществляется в три этапа: соединение точек переднего, заднего и бокового контуров; определение вертикальных ребер патчей; определение горизонтальных ребер патчей.

*Соединение точек контуров* происходит вертикальными линиями, при этом точки переднего и заднего контуров определяются как начало и конец полусечений; точки бокового контура определяются, как характерные точки, имеющие наибольшую координату по оси  $y$  и  $x$ -координату в интервале  $[-L_1, L_1]$ , где  $L_1$  — эмпирически определяемое ограничение.

*Определение вертикальных ребер* патчей происходит путем попарного сравнения соседних полусечений по следующему алгоритму (пусть сравниваем  $i$ -ое и  $(i+1)$  — ое полусечения):

Определяются все евклидовы расстояния  $\{\alpha_k\}$ ,  $k = \overline{1, K}$ , между  $\{p_{ij}\}$  и  $\{p_{i+1j}\}$ , при этом, если  $m_i < m_{i+1}$ , то  $K = m_{i+1}$ , если  $m_{i+1} < m_i$ , то  $K = m_i$ , если  $m_i = m_{i+1}$ , то  $K = m_{i+1} = m_i$ ;

Определяются минимальные расстояния  $\{\beta_r\}$ ,  $r = \overline{1, R}$ , из  $\{\alpha_k\}$ , при этом, если  $m_i < m_{i+1}$ , то для каждой точки из  $\{p_{ij}\}$  и  $R = m_i$ , если  $m_{i+1} < m_i$ , то для каждой точки из  $\{p_{i+1j}\}$  и  $R = m_{i+1}$ , если  $m_i = m_{i+1}$ , то  $R = m_{i+1} = m_i$ ;

Расстояния  $\{\beta_r\}$  проверяются на условие  $\beta_r < L_2$ , где  $L_2$  — эмпирически определяемое ограничение, если условие не выполняется — расстояние удаляется из  $\{\beta_r\}$ ;

Соединяются соответствующие расстояниям  $\{\beta_r\}$  характерные точки.

*Определение горизонтальных ребер* патчей выполняется путем соединения характерных точек по горизонтали по линиям соответствующих полусечений. При этом характерная точка соединяется с соседними характерными точками слева и справа, если выполняется одно из двух условий: у точки имеется одно вертикальное соединение, либо снизу, либо сверху; у точки вообще нет соединений. На характерных уровнях горизонтальные ребра проводятся вне зависимости от выполнения описанных выше условий.

Линии полученного каркаса аппроксимируются полиномами третьей степени, при этом линия каркаса представляет собой ломаную в пространстве, то есть множество точек  $p = \{p_i(x_i, y_i, z_i)\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $p_0$  и  $p_n$  — характерные точки. Вектор-функция, описывающая аппроксимирующую кривую, имеет вид [6]:

$$r(s) = A + Bs + Cs^2 + Ds^3,$$

$$A = p_0, B = q_0, C = (\Delta r - q_0)/s_n - DL,$$

$$D = (q_0 - q_n - 2\Delta r)/s_n^2, \Delta r = (p_n - p_0)/s_n,$$

где  $q_0, q_n$  — касательные к кривой  $p$  в точках  $p_0$  и  $p_n$  соответственно, параметр  $s$  — накопленная длина аппроксимируемой кривой.

Касательные  $q_0$  и  $q_n$  определяются с учетом линий каркаса, примыкающих в точках  $p_0$  и  $p_n$ . Расчет касательной  $q_0$  происходит в несколько этапов:

Определяются вектора  $k_0$  в точке  $p_0$  по формуле:  $k_0 = (p_1 - p_0)/(s_1 - s_0)$ ;

Рассчитываются вектора  $k_1, \dots, k_m$  для всех  $m$  линий, примыкающих к точке  $p_0$  по формуле:  $k_i = (p_0 - p^{(i)}_1)/(s^{(i)}_1 - s_0)$ ,  $i = \overline{1, m}$ , где  $(i)$  — порядковый индекс линии, примыкающей к точке  $p_0$ ;

Для всех возможных пар векторов из  $\{k_0, \dots, k_m\}$  определяются нормали  $N_0, \dots, N_z$ , направленные от модели,  $z = m!/2!(m-2)!$ ;

Находится средняя нормаль  $N' = (N_0 + \dots + N_z)/|N_0 + \dots + N_z|$ .

Рассчитывается проекция  $k_0$  на плоскость, нормалью которой является  $N'$  по формуле  $q_0 = k_1 - N' < k_1, N' >$ .

Аналогичным образом определяется вектор  $q_n$ . Если линия, образующая границу патча, представляет собой отрезок, соединяющий две характерные точки, то касательные вектора будут определяться по следующим формулам:

$$k_0 = (p_n - p_0)/|p_n - p_0|, \quad k_n = (p_0 - p_n)/|p_0 - p_n|.$$

По четырем кривым, образующим патч  $p^{(i)}(s^{(i)})$  и соединяющим их точкам  $p_i$ ,  $i = \overline{1, 4}$ , строится линейная поверхность Кунса, которая описывается векторной функцией [7]:

$$r(u, v) = (1-v)p^{(1)}(s^{(1)}) + (1-u)p^{(2)}(s^{(2)}) + vp^{(4)}(s^{(4)}) + up^{(3)}(s^{(3)}) -$$



$$-(1-u)(1-v)p_1 - u(1-v)p_2 - (1-u)vp_3 - uv p_4,$$

$$s^{(1)} = p_1(1-u) + p_2u, \quad s^{(2)} = p_2(1-v) + p_3v,$$

$$s^{(3)} = p_3(1-u) + p_4u, \quad s^{(4)} = p_1(1-v) + p_4v,$$

$$0 \leq u \leq 1, \quad 0 \leq v \leq 1.$$

Исследование результатов построения базовой модели проводиться на трех различных манекенах. На рисунке 1 приведены их аппроксимированные модели с каркасными линиями, при количестве сечений разбиения  $N = 50$ .

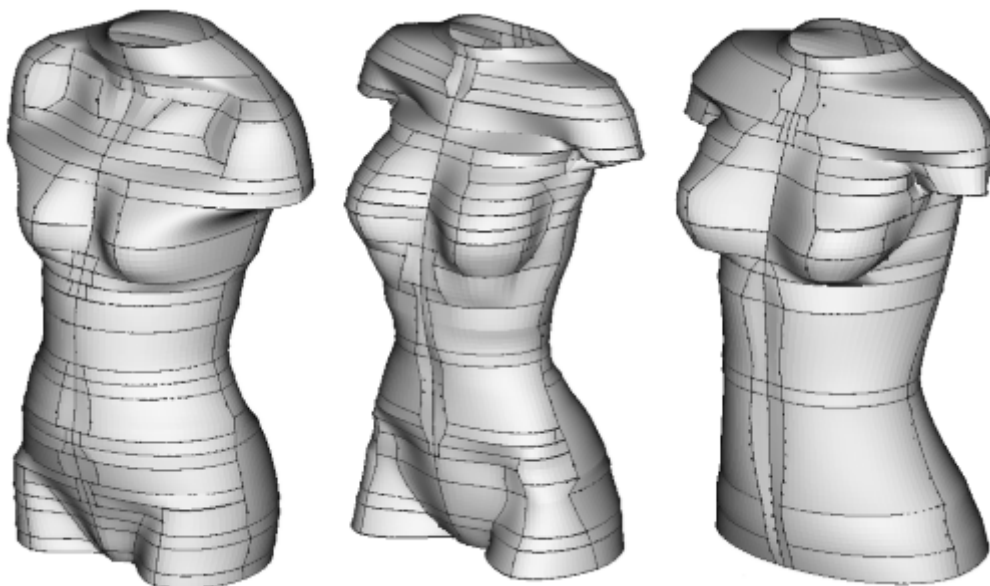


Рис. 1. Аппроксимированные патчами модели с каркасными линиями (1, 2, 3 слева направо)

В таблице 1 представлены результаты зависимости количества патчей  $P$  и среднего количества характерных точек в сечении  $K$  от изменения  $N$ .

Таблица 1

Зависимость патчей и характерных точек от сечений разбиения

Параметр	Значения параметра					
N	30	50	70	90	110	130
<i>Модель 1</i>						
P	118	164	192	226	226	236
K	9,533333	10,64	11,05714	10,51111	10,58182	10,18462
<i>Модель 2</i>						
P	130	216	272	316	370	394
K	14,8	15,24	15,62857	15,42222	15,6	15,81538
<i>Модель 3</i>						
P	88	136	194	220	242	278
K	11,86667	12,64	12,51429	12,8	12,69091	13,13846

Зависимость количества патчей от количества сечений разбиения схожа с экспоненциальным законом. Это дает возможность предполагать, что с увеличением количества сечений количество патчей приблизиться к некоторой постоянной величине. Среднее количество характерных точек при изменении количества сечений остается, с некоторым колебанием, постоянным, хотя общее количество характерных точек растет.

Для оценки эффективности аппроксимации используются три показателя, рассчитываемых для одиночного количества горизонтальных сечений исходной модели и аппроксимированной. Сравнение показателей происходит путем расчет среднеквадратичного отклонения, а именно для каждого из трех показателей по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_i^I - P_i^{II})^2},$$

где  $P_i^I$  —  $i$ -ое значение показателя для исходной модели,  $P_i^{II}$  —  $i$ -ое значение показателя для аппроксимированной модели,  $n$  — количество сечений. В качестве показательной используются следующие метрики.

Периметр  $i$ -го сечения:  $S^v = \sum_{j=1}^{m-1} \sqrt{(x_j - x_{j+1})^2 + (y_j - y_{j+1})^2}$ , где  $m$  — количество точек сечения,  $v_j(x_j, y_j)$  —  $j$ -ая точка сечения.

Периметр обхвата  $i$ -го сечения:  $S^w = \sum_{k=1}^{r-1} \sqrt{(x_k - x_{k+1})^2 + (y_k - y_{k+1})^2}$ , где  $r$  — количество точек обхвата,  $w_k(x_k, y_k)$  —  $k$ -ая точка обхвата.

Дескриптор формы  $i$ -го сечения:  $D_i = \sum_{j=1}^{m-1} L_j \cos \alpha_j$ , где  $L_j$  — расстояние, в плоскости сечения, от центра масс сечения, до  $j$ -ой точки сечения,  $\alpha_j$  — разность по модулю между полярным углом  $j$ -ой точки сечения и углом  $m$ ,  $m$  — количество точек в сечении.

Результаты расчета показателей для каждой из моделей в зависимости от количества сечений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Значения оценочных показателей для каждой из моделей

Параметры	Значения параметра				
N	30	50	70	90	110
<i>Модель 1</i>					
Sv	1,195190023	0,870561914	0,831728362	0,883038342	0,897629057
Sw	1,219116891	0,896300327	0,855218938	0,903345379	0,91269661
D	37,86288926	28,36280151	26,82945364	28,12036441	27,97105915
<i>Модель 2</i>					
Sv	0,933634918	0,755565515	0,735464695	0,726110969	0,654140284
Sw	0,953651178	0,771745333	0,749982053	0,736742674	0,661739855
D	29,78629232	23,88449441	23,19878735	22,59209332	20,16706729
<i>Модель 3</i>					
Sv	1,047402781	0,974518142	0,939819871	0,962832618	0,923070174
Sw	1,082958534	1,010027799	0,972639357	0,991421459	0,94608797
D	33,86824188	31,66008576	30,34981363	30,6831071	28,95489496

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что формы аппроксимированных моделей, при увеличении количества сечений до 70, становятся более схожими с исходными моделями, так как значения средне-квадратичного отклонения, рассчитанные по показателям, уменьшаются. Дальнейшее увеличение количества сечений приводит к ухудшению схожести. Это связано с тем, что слишком частое разбиение приводит большому количеству небольших патчей, которые, в свою очередь, при аппроксимации поверхностями Кунса, вызывают излишние искривления поверхности.

#### Литература:

1. Lin S.-F., Chien S.-C. Create a Virtual Mannequin Through the 2-D Image based Anthropometric Measurements and Radius Distance Free Form Deformation, International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 2011, Vol. 2, №4, pp. 60–67.
2. Magnenat-Thalmann, N., Seo H., Cordier F. Automatic modeling of animatable virtual humans — a survey, 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM), 2003, pp. 2–11.
3. Buxton, B., Dekker L., Douros I., Vassilev T. Reconstruction and Interpretation of 3D Whole Body Surface Images, Scanning Proceedings, 2002.

4. <http://store.sae.org/caesar/> (дата обращения: 30.03.2014)
5. Фроловский, В.Д. Компьютерное проектирование манекенов и одежды. Трёхмерные модели и математические методы. Издательский Дом: LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany, 2012. 269 с.
6. Ильин, М.Е. Аппроксимация и интерполяция. Методы и приложения. Учебное пособие. Рязань, 2003. 56 с.
7. Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование. М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. 472 с.

## Electronic medical of document circulation formats HL7 and DICOM

Нуржабова Дилафруз Шукруллаевна, ассистент

Ташкентский университет информационных технологий, Каршинский филиал (Узбекистан)

Nurjabova Dilafruz Shukrullaevna, TUIT Karshi branch

*This article discusses electronic medical document circulation formats HL7 and DICOM, building structures of medical data formats and transmission information through open communication ViPNet.*

Development of electronic medical document leads to higher quality of medical work and simplification of time. Under electronic health understood development, transfer and storage of medical data in a specific format, which was adopted by the international standard for electronic medical document HL7 and DICOM. DICOM is used mainly where you want to work with medical images (X-ray, Radiology, and Ophthalmology). Transferring images the most widely used standard DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), developed by the American College of Radiology and the National Association of electronics manufacturers (ACR/NEMA). In addition, other communication standards (HL7, X12) using the DICOM standard format for transferring images [1;4].

For effective work requires more than a simple connection of equipment through cables. A comprehensive solution for managing all diagnostic information, starting with the input images to the backups. DICOM standard allows us to solve the problem of integration based on open architecture. DICOM allows you to organize not only the transfer of data over the network, but also automatic data processing [2]. It significantly reduces the time of preparation and research, image management, and related information. To achieve the highest efficiency, it supports all stages of diagnosis, reducing costs by:

- Reducing the time of service;
- Failure of the films and the cost of storage;
- Drastic reduction of losses of images and results.

For minimal changes to existing standards expected based on the overall data model to specify the area in which it is preferable to use one or the other standard [2;3]. So HL7 standard to be used to provide interactive data in hospital infrastructure, X12 — to work with medical information dialup [2;3]. Currently, ASTM and HL7 already have a common format for the clinical data, and develops X12N format incorporating HL7 messages for the introduction of detailed clin-

ical data in the format of X12 [2;3]. In medical equipment data have aching from the usual difference. As can be understood in the computer storage of medical equipment [2;3]. DICOM enables the integration of both hardware compatible with it, and the early models of the equipment without communication capabilities using DICOM-converters. Converter provides transfer of commands and data in the format of the standard equipment, and vice versa. It can be realized based on the general purpose computer or a dedicated microcontroller. Equipment that is compatible with the standard DICOM, just connect to the network [2;3]. At this level, the various stations are arranged as diagnostics and analysis. It is advisable to use a separate DICOM-server for printer and digitizer (scanner). Second level controls images, spanning several departments. Images Administrator job of managing subordinates archives. At this level can also connect various equipment and servers. The third level is for controlling the entire information distribution time of use of equipment, etc [2;3]. It provides access to a radiology information system, and through it to the hospital information system.

We can distinguish the following basic technology for image input [2;3]:

- Direct digitization of images (computer radiography equipment);
- Reconstruction of the image of Samples (CT, MRI, ultrasound equipment);
- Digitize the analog video signal from the medical equipment.

For data transfer in the internal infrastructure department based on the local network (LAN) is preferably used Ethernet, or more high-speed technology (Fast Ethernet, ATM, FDDI). Application of the standard ISO/OSI model and the TCP/IP protocol provides connectivity from almost any type of platforms: DOS/Windows, Unix, Mac, etc. When connecting to remote clinics and research centers across wide area networks (WAN) key elements are speed and cost. Uni-

versally widespread Internet allows you to organize data virtually anywhere in the world and achieve the required cost/speed by selecting the type of access (modem, dial-up, direct connection) [2;3].

DICOM restricts the set of valid characters used in the message, nine tables encodings of ISO 8859. Provided the second half of encodings for Latin, Cyrillic, Arabic, Greek and Hebrew. Ranking byte binary words (due to different types of processors), and the presence of field VR, depends on the type of transfer syntax [2;3]:

1. Items are sent without a field data type (data type is determined by tag), in the words of (tag, length, data type binary) are first passed the low order; bytes;
2. There is a field data type, first low bytes transferred;
3. There is a field data type, upper bytes transmitted first.

Commands to the specification of the operations and establish a connection. Command sequence is constructed from the command elements defined protocol element DIMSE, similar to the data sequence. Team members do not have a field of type (VR) and transmitted in order of increasing tag number, first go low bytes. The standard accounts all elements of DICOM- posts and unique identifiers for the transfer syntax and SOP- classes. For elements defined tags, data types, and a list of predefined values (if necessary) [2;3].

DIMSE service enables you to move messages between SOP- classes and determines [2;3]:

- Procedures and rules for coding messages;
- Service primitives (request, response, mapping, validation);
- Support communication between users (both synchronous and asynchronous);

— Coordination and execution services (save, transfer and retrieval of information).

Standard introduces the service top-level of the OSI model to support DICOM- exchange messages between applications, allowing you to connect, send messages, and close the connection [2;3].

DICOM v3.0 can use the following protocol stacks:

- • Satisfying the protocol stack specification ISO/OSI;
- • Upper-layer protocol for TCP/IP, providing necessary services and functions stack OSI;
- protocol stack with a dedicated connection for compatibility with previous versions of the standard [2;3].

Expected results consists of:

- The practical importance of data protection;
- Registration of the patient passport data in its own database
- Registration, accumulation and storage in a database of digital X-ray images
- Maintains a database of X-ray images, which allows you to report, sort, and retrieve information on patient's name, type of study
- Export images in accumulated other information systems in the format DICOM (example, for transmission over networks Internet/Intranet for international standard storage and transmission of medical images for teleconferencing, seek advice from the experts and operational training to receive the patient).
- Saving images to a file format BMP, TIFF and JPEG.
- Preparation of patient data in electronic form in accordance with the requirements;
- Direction of patient data, according to the list of indications for consultation body.

#### References:

1. Review of ICT development in Uzbekistan 2006–2008, ICTP\_Review\_2008\_RU\_part\_07.
2. Jeffrey S. Blair. The Biomedical Engineering handbook, 1995, pp. 2650–2659.
3. American College of Radiology, National Electrical Manufacturers Association, «ACR-NEMA.
4. RFC 791, Internet Protocol, DAPRA Internet Protocol Specification.

## Основные принципы построения современных компьютерных систем

Орлов Евгений Владимирович, магистрант  
Иркутский государственный технический университет

**К**омпьютерная система включает в себя вычислительные машины, программное обеспечение и периферийные устройства, выполняющие обработку данных.

Стоит упомянуть о различиях понятий «вычислительная машина» и «компьютерная система». Понятие вычислительная машина значительно уже и включает в себя технические средства, достаточные для проведения обработки данных и получения результатов в опреде-

ленной форме. В состав вычислительной машины входит системное программное обеспечение.

Архитектура компьютерных систем предназначена для решения обширного круга задач, направленных на создание комплекса аппаратных и программных средств. Предназначение архитектуры определять основные правила для обеспечения взаимодействия элементов компьютерной системы.



Безусловно, в основе современной архитектуры компьютерных систем лежат все те же основные принципы принстонской архитектуры: программного управления, однородности памяти и произвольного доступа к памяти, хотя реальная структура значительно сложнее. Можно утверждать, что в последнее время для обеспечения потребности пользователей и разработчиков в повышении качества и производительности систем в целом происходит отстранение от архитектуры фон-Неймана.

Выделим факторы, влияющие на современную архитектуру компьютерной системы

- набор команд, воспринимаемых компьютером;
- быстродействие центрального процессора;
- количество периферийных устройств подключаемых к вычислительной машине одновременно;
- количество входящих в систему компьютеров и обеспечение быстродействия совместной работы.

Стремление разработчиков учесть эти и другие факторы позволяет усовершенствовать архитектуру компьютерных систем. Рассмотрим некоторых современные принципы построения архитектуры.

*Принцип открытой архитектуры.* Данный принцип изначально был внедрен в миниЭВМ третьего поколения американской фирмы DEC еще в 70-х годах. Впоследствии он получил широкое распространение в компьютерах фирмы IBM тем самым обеспечив успех компьютеров IBM PC. Принцип заключается в возможности подключения устройств и программ различных производителей в одной системе.

*Принцип многопроцессорной архитектуры.* Основан на совместной работе нескольких процессоров одновременно, что значительно увеличивает производительность компьютера. Количество процессоров используемых в системе зависит от мощности вычислительных машин, а так же решаемых ими задач и может варьироваться от двух-четырех до нескольких десятков.

Изначально данный принцип применялся в основном в научной среде для решения инженерных расчетов, систем автоматического проектирования, решения задач в глобальном масштабе и режиме реального времени атомной энергетики, метеорологии, структурной биологии, генетики, распознавания речи и изображений и других областях, и использовался лишь на суперкомпьютерах. В настоящее время из-за существенного роста бизнеса, необходимости использования корпоративных систем и совместной работы, обработки большого объема информации необходимостью отсутствия сбоев и простоя в работе, данный принцип архитектуры стал применяться и в таких сферах как обработка транзакций в режиме реального времени, создание хранилищ данных для организации систем поддержки принятия решений.

К типам многопроцессорных систем относятся системы высокой надежности, системы для высокопроизводительных вычислений и многопоточные системы.

Принято выделять несколько архитектур многопроцессорных систем.

— SMP (Symmetric Multi-Processing) — симметричная многопроцессорная обработка, где два или более одинаковых процессора подключены к одной общей оперативной памяти, имеют полный доступ ко всем устройствам ввода/вывода, и управляются с помощью одного экземпляра ОС, в котором все процессоры имеют равные права. Наиболее распространенные многопроцессорные системы сегодня используют именно эту архитектуру.

— MPP (Massively Parallel Processing) — использует множество отдельных процессоров которые параллельно выполняют одну программу. MPP похожа на SMP, основное отличие в том, что в системах SMP все процессоры имеют равноправный доступ к памяти, тогда как в MPP, каждый процессор имеет доступ к определенным разделам памяти, причем в рамках этих разделов могут работать различные операционные системы. MPP системы называют системами массовой параллельной обработки. Они используются в научной сфере, и в крупном бизнесе.

— NUMA (Non-Uniform Memory Access) — время доступа к памяти зависит от объема памяти самого процессора. Процессор получает доступ к своей локальной памяти быстрее, т.к. имеет к ней прямой доступ, минуя системную шину, другие же процессоры обращаются к ней через шину. Архитектура NUMA называется неоднородной, потому что доступ к памяти быстрее, когда процессор обращается к своей собственной памяти, чем когда он заимствует информацию из памяти другого процессора. NUMA компьютеры обладают масштабируемостью из MPP и простотой программирования SMP. Принципы доступа к памяти данной архитектуры встречаются в различных Unix-подобных операционных системах.

*Принцип многоуровневой памяти.* Память компьютерных систем, как и любой вычислительной машины находится в постоянном внимании со стороны пользователей и разработчиков, так как скорость работы компьютера напрямую связана с быстродействием оперативной памяти. Неприемлемость с экономической точки зрения быстродействующей энергозависимой памяти привело к созданию этого принципа. Принцип состоит в организации работы памяти по определенным уровням. Для оперативной памяти основная часть имеет большую емкость состоит из мелких и достаточно дешёвых элементов, а дополнительная память или кэш-память состоит из меньших по емкости быстродействующих элементов. Данные постоянно необходимые для обращения процессора хранятся в быстродействующей кэш-памяти, а оперативная информация достаточно больших объемов в основной памяти.

*Принцип прямого доступа к памяти* (DMA — Direct Memory Access) позволяет некоторым аппаратным подсистемам получить доступ к памяти, без участия центрального процессора. Предназначен в основном для устройств, обменивающихся большими блоками данных с оперативной памятью, обмена данными между внешним устройством. Инициатором обмена всегда выступает внешнее устройство, процессор инициализирует

контроллер DMA, и далее обмен выполняется под управлением контроллера, процессор в это время может продолжать работу. DMA также могут быть использованы для копирования или перемещения данных в самой памяти.

*Принцип коллективной работы.* Данный принцип позволяет правильно и четко сформировать работу коллективов направленную на совместную деятельность посредством компьютерной системы, а именно дает возможность осуществлять совместные действия с целью достижения поставленных задач, например подготавливать отчеты по реализации проектов, разрабатывать программные продукты, принимать решения и многое другое связанное с одновременной работой коллектива. Реализация принципа коллективной работы стало предпосылкой появления такого рода деятельности как удаленная работа или дистанционная трудовая деятельность.

В заключении стоит упомянуть еще два принципа, которые начали внедряться в архитектуру современных компьютерных систем в последние годы, применяемые частично в суперкомпьютерах, а возможно и представляющие им конкуренцию.

*Принцип облачных решений.* Определенный подход к размещению, предоставлению и потреблению приложений и компьютерных ресурсов, при котором приложения и ресурсы становятся доступны через Интернет в виде сервисов, потребляемых на различных платформах

и устройствах. Особенности: мгновенная готовность к работе, неограниченная емкость ресурсов, большой выбор ПО, виртуализация, высокая способность к масштабированию.

*Принцип ориентированности на данные* или компьютерные системы DIC (Data-Intensive Computing). DIC является классом параллельных вычислений приложений, использующих данные параллельного подхода к обработке больших объемов данных. Общая схема работы DIC разделяется на три фазы: сбор данных, извлечение информации из них и перевод информации в форму, удобную для восприятия человеком.

Текущая ситуация развития архитектуры компьютерных систем далеко ушла от изначальной, предложенной Фон-Нейманом, и на первый план выходят представленные принципы. Безусловно, некоторые из описанных принципов проходят лишь начальные стадии внедрения и апробации в работе, а какие-то, получив новое название, продолжают свое существование. Итак, современная компьютерная система представляет собой компьютеры со множеством параллельно работающих процессоров, с многоуровневой памятью, предусматривающей прямой доступ к многочисленным подключаемым устройствам, работа которых позволяет принимать решения, обрабатывать большие объемы данных, строить базы знаний, грамотно строить совместную, в том числе и удаленную, работу группы людей.

#### Литература:

1. Орлов, С. А., Цилькер Б. Я. Организация ЭВМ и систем. — СПб.: Питер, 2011. — 688 с.
2. Архитектуры и топологии многопроцессорных вычислительных систем./А. В. Богданов, В. В. Корхов, В. В. Мареев, Е. Н. Станкова/ — М.: ИНТУИТ. РУ «Интернет-Университет Информационных Технологий», 2004. — 176 с.
3. Черняк, Л. Суперкомпьютеры, смена эпох. — Computerworld Россия. — 2013. — N25
4. Мешалкин, В. Многопроцессорные системы. — <http://proitclub.ru/2009/06/22/>
5. Построение систем сбора и обработки информации. Электронное справочное пособие. Сост. В. Г. Тышкевич, Н. С. Винник — <http://dozen.mephi.ru:8100/study/pc/index.htm>
6. Современные облачные технологии — <http://jeck.ru/labs/deep/index.html>

## Анализ особенностей использования фаззинга как инструмента тестирования межсетевых экранов безопасности веб-приложений

Полухин Павел Валерьевич, аспирант  
Воронежский государственный университет

*В научном исследовании представлены результаты анализа особенностей фаззинга тестирования межсетевых экранов безопасности веб-приложений. Актуальность направления изучения объясняется невозможностью межсетевых экранов в полной мере противостоять динамическому росту уязвимостей, что ведет к необходимости расширения функциональных возможностей и инструментария тестирования. Особое внимание в статье уделено рассмотрению механизма смешивания HTTP параметров, представлена характеристика его элементов, проведен сравнительный анализ специфики обработки HTTP параметров веб-технологий и веб-серверов.*

Таким образом, применение механизма смешивания HTTP параметров позволяет значительно расширить имеющиеся возможности по тестированию, как межсетевых экранов безопасности, так и веб-приложений. Это позволит блокировать потенциальные вектора воздействия злоумышленников на компоненты веб-приложений.

**Ключевые слова:** межсетевой экран безопасности веб-приложений, фильтрация, угрозы безопасности веб-приложений, веб-технологии, http параметры, веб-сервер, информационные технологии.

Веб-приложения позволяют компаниям, обеспечивать более тесное взаимодействие со своими реальными, потенциальными клиентами и улучшать внутрикорпоративную деятельность своих сотрудников. Нельзя не отметить, что за несколько последних лет резко увеличилось количество интернет-угроз для организаций различных объемов деятельности и отраслей. В связи с этим целью исследования явилось изучение природы и особенностей возникновения уязвимостей веб-приложений, некорректной фильтрации и обработки http запросов межсетевым экраном безопасности веб-приложений для повышения качества тестирования компонентов веб-инфраструктуры.

Архитектура построения и функционирования веб-приложений представляет собой довольно сложный процесс, который может включать в себя отдельные компоненты, способные объединяться в различные цепочки для реализации и наращивания функционала приложений. В качестве компонентов могут выступать системы управления базами данных (СУДБ), XML хранилища [1], системы упрощённого доступа к каталогам (LDAP) и файловая система сервера, в среде которого функционирует приложения. Исходя из данных компонентов, возникают уязвимости на серверах и на стороне клиента. К уязвимостям на стороне сервера принято относить группу уязвимостей типа инъекции. В данной группе принято выделять следующие компоненты: SQL инъекции, XPATN, LDAP инъекции. SQL инъекции направлены на реализацию деструктивного воздействия на СУДБ. XPATN преследуют своей задачей получение несанкционированного доступа к данным в XML формате. LDAP инъекции направлены на осуществление несанкционированного доступа к файловой системе сервера приложений инъекции команд операционной системы для получения доступа к внутренним командам и функциональным возможностям операционной системы сервера приложений. К уязвимостям на стороне клиента принято относить XSS уязвимости (межсайтовый скриптинг). Это одна из многочисленных уязвимостей, используя которую, злоумышленник может внедрить в генерируемую динамически страницу произвольный код [3, 4, 5].

Для защиты от вышеизложенных групп атак ведущими компаниями по разработке программных продуктов в сфере информационной безопасности, таких как IBM, Microsoft, Akamai, TrustWave, CloudFlare и др. были разработаны межсетевые экраны безопасности веб-приложений (именуемые WAF). WAF позволяют отслеживать

параметры HTTP запросов и осуществлять их фильтрацию для своевременного блокирования механизмов эксплуатации уязвимостей со стороны злоумышленника. Однако, в ходе тестирования специалистами-экспертами в области защиты информации, был предложен совершенно новый методологический подход, позволяющий обходить ограничения WAF за счет использования специфических особенностей функционирования веб-приложений и веб-серверов путем смешивания HTTP параметров (HTTP Parameter Pollution).

Согласно международному стандарту RFC3986 [2], разработанного W3C консорциумом, параметрами HTTP-запроса являются пары, состоящие из ключа и значения, разделенные символом «=». Границы параметров в свою очередь определяются с помощью символов «&» и «;». Однако стандарт не запрещает многократное использование одинаковых имен в HTTP-запросах, что и послужило основным вектором воздействия для реализации HTTP Parameter Pollution. Для обхода фильтров безопасности и waf HPP может использовать различные механизмы кодирования — URL Encoding, UTF-8, HTML Entity, HTML Entity Number, Double URL Encoding. Цель данных механизмов скрыть параметры от WAF и дать их на обработку исключительно веб-серверу, без изучения их внутреннего информативного содержания.

Для более детального и всестороннего понимания внутренних механизмов HTTP Parameter Pollution (HPP) нами предлагается в таблице 1 сравнительный анализ механизмов обработки HTTP параметров для каждой веб-технологии и веб-сервера.

Анализируя данные таблицы 1, видно, что определенная технология во взаимодействии с веб-сервером обрабатывают параметры запросов по-разному, однако дают возможность изменения как логики функционирования приложения, так и внедрения инъекции. Например, межсетевые экраны безопасности веб-приложений WAF блокируют атаку типа `http://www.site.com/index.aspx?id=select 1,2,3 from table where id=1`, однако используя HPP механизмы мы можем провести атаку типа `http://www.site.com/index.aspx?id=select 1&id=2&id=3 from table where id=1` для спецификации ASP.NET/IIS и ASP/IIS и таблицы 1. В результате вышеприведенного запроса параметры оператора SELECT будут объединены символом «,», что и требуется для эффективной эксплуатации уязвимости в данном случае sql.

Механизмы смешивания HTTP параметров (HPP), как было отмечено нами ранее, могут использоваться

Таблица 1

Сравнительный анализ специфики обработки HTTP параметров для веб-технологий и веб-серверов

Название технологии/HTTP сервер	Характеристика достигнутого результата	Иллюстрирующий пример
ASP. NET/IIS	Объединяться все значение параметров через символ «,»	par1 = val1, val2
ASP/IIS	Объединяться все значение параметров через символ «,»	par1 = val1, val2
PHP/Apache	Значение последнего вхождения параметра	par1 = val2
PHP/Zeus	Значение последнего вхождения параметра	par1 = val2
JSP, Servlet/Apache Tomcat	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1
JSP, Servlet/Oracle Application Server 11g	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1
JSP, Servlet/Jetty	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1
IBM Lotus Domino	Значение последнего вхождения параметра	par1 = val2
IBM HTTP Server	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1
Perl CGI/Apache	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1
mod_perl, libapreq2/Apache	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1
Python/Zop	Массив параметров	['val1', 'val2']
IceWarp	Значение первого вхождения параметра	par1 = val1

на стороне пользователя путем эксплуатации XSS уязвимости. В связи с этим, HPP на стороне клиента можно разделить на три основные категории: DOM Based HPP, использующая HTML DOM для конструирования HPP, Reflective HPP — позволяет использовать другие механизмы доставки вредоносного кода пользователю, на-

пример через сообщение электронной почты или другой сайт и Stored HPP — использует в качестве хранилища вредоносного кода различные виды хранилищ целевого сервера: в базе данных, сообщениях различных форумов, журналах, комментариях и т.д. При запросе пользователем веб-страницы вредоносный код извлекается

Таблица 2

Специфика обработки отдельных символов HTTP параметров для веб-технологий и веб-серверов

Запрос	PHP/Apache	JSP, Servlet/Tomcat	ASP. NET, ASP/IIS	Описание
A	1	2	3	4
?test [1=2	test_1=2	test [1=2	test [1=2	квадратная скобка заменена на подчеркивание
?test. 1=2	test_1=2	test. 1=2	test. 1=2	точка заменена на подчеркивание
?test [1&d=2	d=2	test [1/d=2	test [1&d=2	первый параметр игнорируется, разделитель параметров заменен на обратный слеш
?test1 []xx=2	1=Array (2)	1 []xx=2	[]xx=2	символы между знаком массива и знаком равно игнорируются
?test+d=1+2	test_d=1 2	test d=1 2	test d=1 2	плюс заменяется на подчеркивание, пробел
A	1	2	3	4
?test d=1+2	test_d=1 2	test d=1 2	test d=1 2	пробел заменяется на подчеркивание
?test=%	test=%	NULL	test=	jsp и asp игнорируют параметр
?test%x=1	test%x=1	NULL	testx=1	jsp игнорирует параметр, asp игнорирует знак процента



и вставляется в HTML разметку документа и в последствии выполняется в браузере пользователя.

В результате детального исследования HPP, учеными в сфере безопасности информации был предложен метод, позволяющий расширить возможности HPP. Он получил название HTTP Parameter Contamination (запутывание HTTP параметров). Специфика метода, лежащего в основе запутывания HTTP параметров, базируется на особенностях обработки отдельных символов параметров HTTP запроса. Для всестороннего анализа вышеизложенного метода необходимо представить сравнительную характеристику обработки символов для различных веб-технологий и веб-серверов, что предложено нами в таблице 2.

Таким образом, изучение данных таблицы 2 позволяют выявлять особенности генерирования непреднамеренных параметров, использование которых в результате проведения вредоносного воздействия может привести к проблемам безопасности веб-приложения, способствовать

беспрепятственному обходу межсетевых экранов без опасности.

Проектирование и поддержание приложения в защищенном состоянии являются неотъемлемыми этапами жизненного цикла приложения, при этом важно анализировать и учитывать особенности обработки параметров для каждой веб-технологии и веб-серверов с целью грамотного написания компонентов фильтрации, направленных на предупреждения деструктивного воздействия. Необходимо понимать, что межсетевые экраны безопасности не могут гарантировать полную безопасность веб-приложений и ни в коем случае не говорит о том, что не нужно разрабатывать механизмы обеспечения безопасности в самом приложении. Проведение атаки HTTP Parameter Pollution еще раз доказывает факт, что WAF лишь должна быть надстройкой над сложной и комплексной системой безопасности разрабатываемого приложения, а не ее заменой, в противном случае эффективности данного типа атаки увеличиваются.

#### Литература:

1. Clarke, J. Sql Injection Attack and defense/J. Clarke, Syngress, 2009. — 380 p.
2. Harper, A. Gray Hat Hacking. The Ethnical Hacker's Handbook/A. Harper, H. Harris, J. Ness, C. Eagle, J. Lenkey, T. Williams. — US: Mc Graw Hill, 2011. — 693 p.
3. Scambray J, Schema M. Hacking Exposed Web Applications/J. Scambray, M Schema/McGraw-Hill, 2002. — 558 p.
4. Stuttard D, Pinto M. The Web Applications Hackers Handbook/D. Stuttard, M. Pinto/WILEY. — 2008—400 p.
5. Zalewski, M. The Tangled Web. A Guide to Securing Modern Web Applications/M. Zalewski. No starch Press, 2012. — 477 p.

## Исследование формантных частот якутских гласных

Слепцов Иннокентий Алексеевич, аспирант

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова (г. Якутск)

Якутский язык — язык одного из восточных тюркских народов Российской Федерации (самоназванием саха). Якуты — коренное население республика Саха (Якутия) Общая численность якутов по данным всероссийской переписи населения 2010 г. составляло 478,1 тысяч человек.

В современном якутском языке имеется 20 гласных фонем — 8 кратких и соответствующих им 8 долгих гласных, а также 4 дифтонга: и, ү, ы, у, э, ө, о, а, ии, үү, ыы, уу, ээ, өө, аа, оо, из, үө, ыа, уо [1, с. 19].

Ударение в якутском языке падает в основном на последний слог слова. В ударяемом слоге гласные длительнее и интенсивнее, чем в безударных слогах. В отдельных случаях ударяемые гласные имеют тональный контраст по отношению к безударным гласным.

Гласные имеют различную длительность в зависимости от характера слога, а от длительности гласного обычно зависит и его качество [1, с. 58].

Особенно важно изучение якутских гласных с технической стороны для систем синтеза и распознавания языка, т. к. синтез речи является важным элементом речевой технологии, который обеспечивает получение информации в речевой форме от различных источников. Например, когда зрительный канал не работает, при осуществлении связи на расстоянии по телефону, при автоматизированных системах управления, при общении с банком знаний или искусственным интеллектом [2, с. 8].

Для нахождения формантных частот начали с якутских гласных «Үү», «ү», «өө» и «ө». «Үү», «ү», «өө» и «ө» — гласные звуки переднего ряда, лабиализованные. Степень подъема языка у «үү», «ү» по таблице Щербы — шестая, а у «өө», «ө» — третья снизу, но самый открытый вариант [1, с. 63].

Резонансные пики, наблюдающиеся в спектральной картине звуков речи, называются формантами. Ча-

стотное положение максимумов, т.е. формантные частоты, весьма близки к соответственным максимумам спектра звука.

Формантные частоты обозначаются символами F1, F2, F3 и т.д., в порядке их следования по шкале частот [3, с. 32].

Гласные произносятся относительно открытым речевым трактом. Основная акустическая особенность гласных — это местоположение первых трех формантных частот (F1-F3) [4, с. 182].

Из множество программ мы выбрали программу SpeechAnalyzer версии 3.0.1 фирмы SIL International, который является свободным и профессиональным инструментом. Он позволяет выполнить фонетический анализ записи голоса диктора, включая спектрограмму, спектральный анализ и т.д. Можно одновременно идентифицировать три форманты (F1-F3) к рассмотрению спектрограммы и спектра.

Нахождение формантных частот четырех фонем «ө», «өө», «ү» и «үү» якутского языка проводилось с помощью программы SpeechAnalyzer версии 3.0.1 фирмы SIL International. Фонемы были записаны на компьютере с микрофона на программе SoundForge в формате wav. Диктор мужчина средних лет, носитель якутского языка.

На рисунке 1 показаны форма сигнала по времени, спектрограмма и спектр гласной «ө». На спектрограмме

более темная область характеризует интенсивность частоты. Темные области соответствуют формантным частотам, которые отражают резонансы речевого тракта и появляются, как пики в спектре линейного кодирования с предсказанием [4, с. 182].

Из рисунка 1 видно гласной «ө» первая форманта приблизительно равна 470 Гц, вторая 1500 Гц, третья 2600 Гц и четвертая 3600 Гц.

На рисунке 2 видим форму сигнала по времени, спектрограмму и спектр долгой гласной «өө». Формантные частоты приблизительно равны F1—440 Гц, F2—1500 Гц, F3—2600 Гц и F4—3500 Гц.

На 3 и 4 рисунках форма сигнала по времени, спектрограмма и спектр гласных «ү» и «үү». Формантные частоты F1—170 Гц, F2—2200 Гц, F3—3100 Гц гласной «ү» и формантные частоты F1—260 Гц, F2—1900 Гц, F3—2300 Гц, F4—3300 Гц долгой гласной «үү», соответственно.

Оформив в виде таблицы 1 найденные формантные частоты фонем «ө», «өө», «ү» и «үү», путем сравнения формантных частот гласных, мы видим, что гласная «ө» и долгая гласная «өө» более близки друг другу, чем гласная «ү» и долгая гласная «үү». Данная разница частот показала изменение ударения между гласными «ү» и «үү».

Найдены формантные частоты гласных фонем якутского языка. Составлена таблица частот для использования в системах синтеза и распознавания языка.

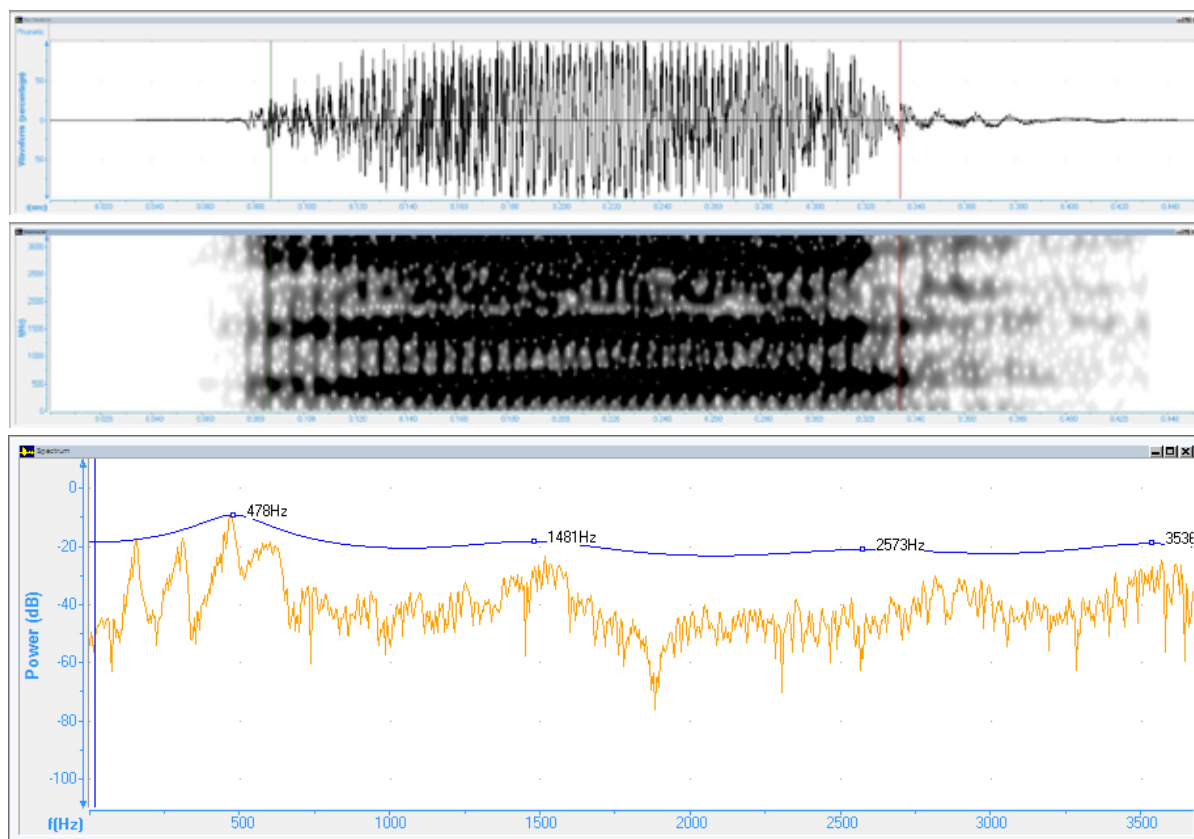


Рис. 1. Форма сигнала по времени, спектрограмма и спектр фонемы «ө» диктором мужского пола, носителем якутского языка

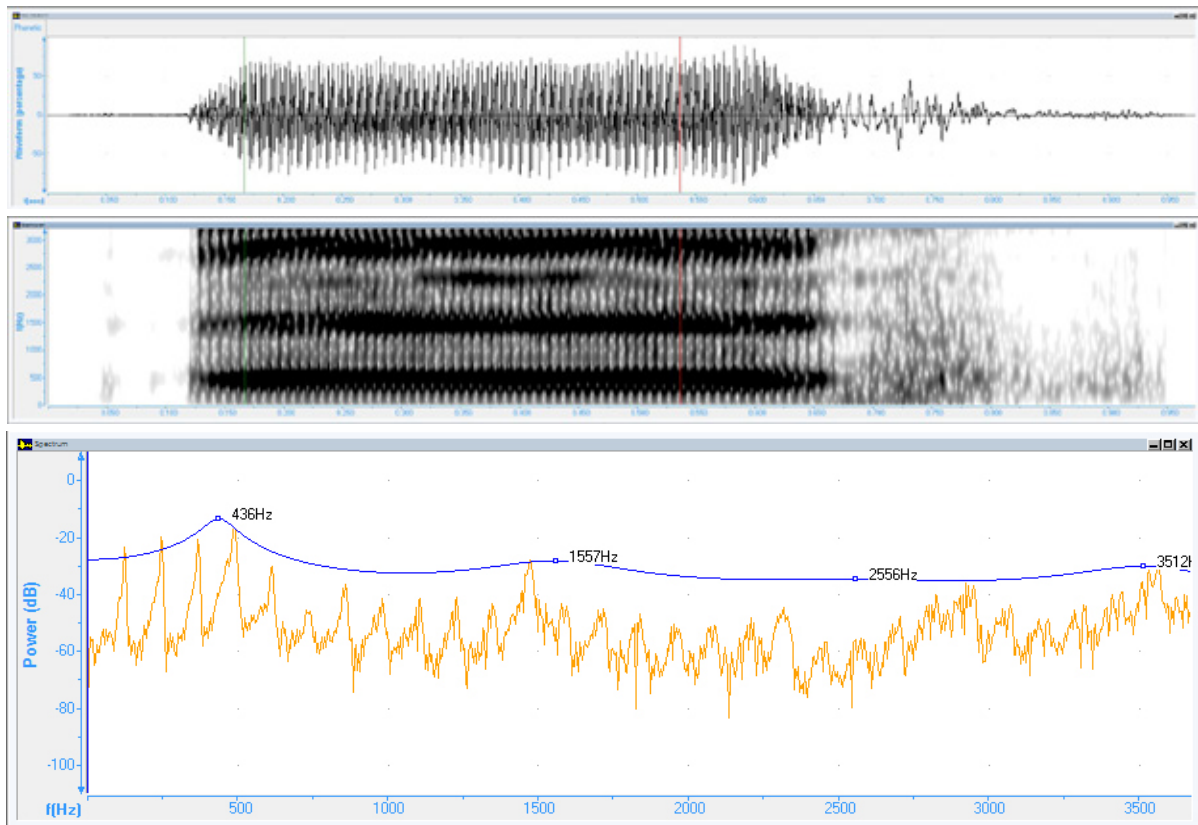


Рис. 2 Форма сигнала по времени, спектрограмма и спектр фонемы «ee» диктором мужского пола, носителем якутского языка

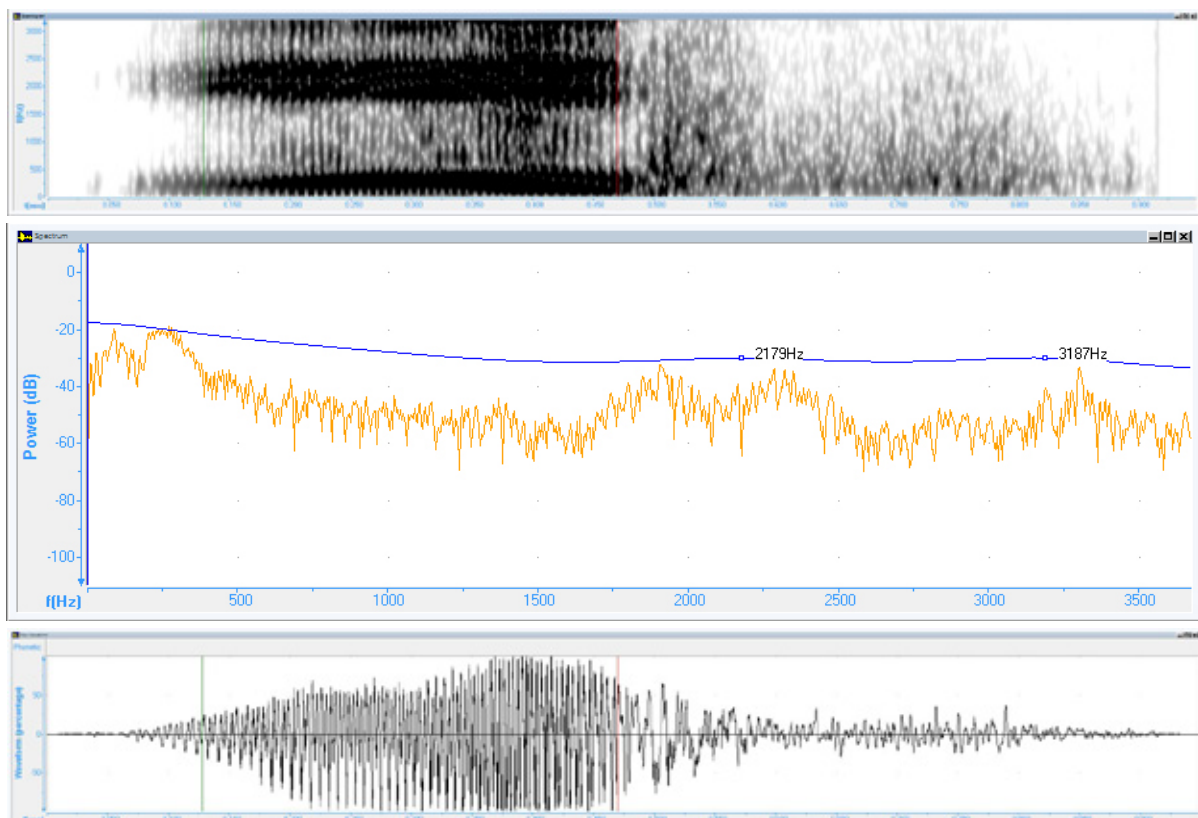


Рис. 3. Форма сигнала по времени, спектрограмма и спектр фонемы «yu» диктором мужского пола, носителем якутского языка

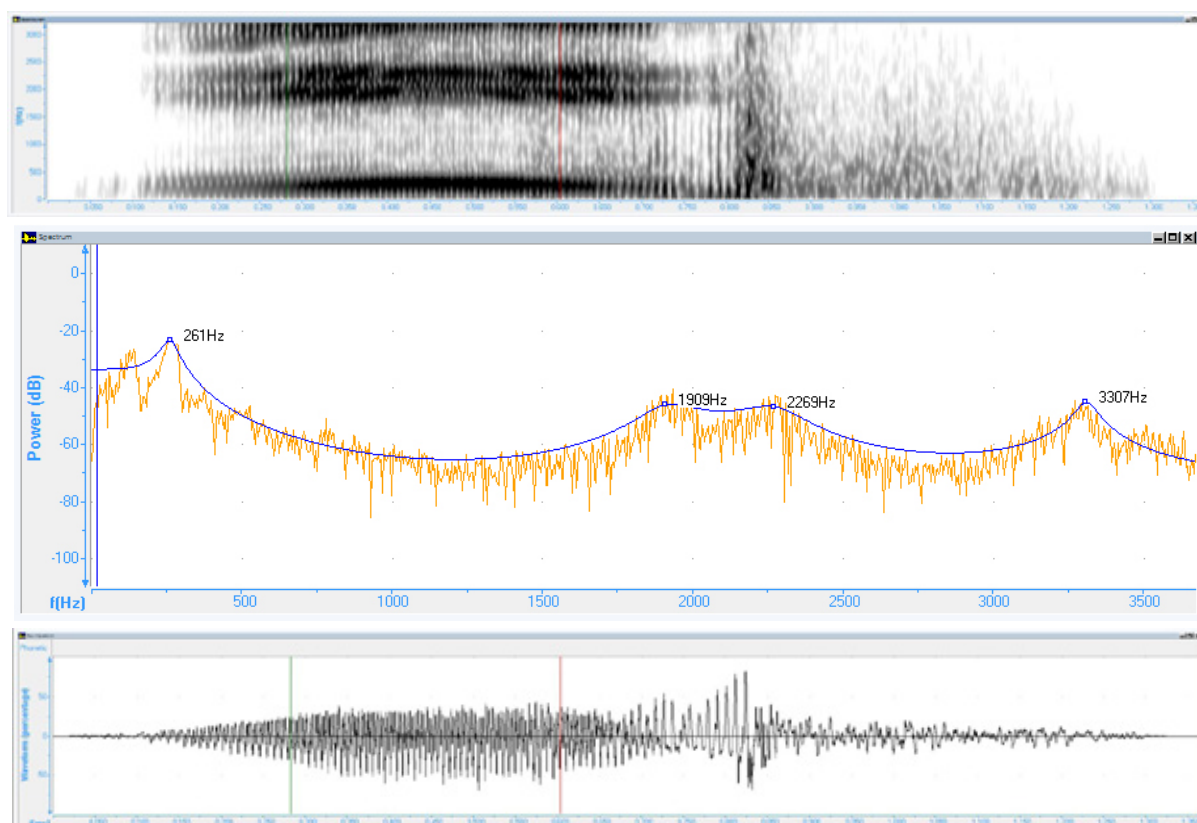


Рис. 4. Форма сигнала по времени, спектрограмма и спектр фонемы «yy» диктором мужского пола, носителем якутского языка

Таблица 1

Формантные частоты якутских гласных «ө», «өө», «ү» и «үү»

Фонемы	Формантные частоты (Гц)			
	F1	F2	F3	F4
ө	470	1500	2600	3600
өө	440	1500	2600	3500
ү	170	2200	3100	
үү	260	1900	2300	3300

#### Литература:

1. Дьячковский, Н.Д. Звуковой строй якутского языка: часть 1 вокализм. — Якутск: Якутское книжное издательство, 1971 г. — с. 192.
2. Сорокин, В.Н. Синтез речи. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1992. — с. 392.
3. Фант, Г. Акустическая теория речеобразования: Пер. с англ. Л.А. Варшавского, В.И. Медведева/Под ред. В.С. Григорьева. — М. Наука 1964 г. — с. 284.
4. Reetz, H., Jongman A. Phonetics: transcription, production, acoustics and perception. — 2009. — 309 p. — (Blackwell textbooks in linguistics).

## 2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

### Радиосигналы в спутниковых радионавигационных системах нового поколения

Бойков Дмитрий Валерьевич, аспирант

Тамбовский государственный технический университет

#### Введение

При создании третьего поколения спутников ГЛОНАСС-К разработчики используют сигналы с принципом кодового разделения (CDMA) [1]. Два закрытых сигнала предназначаются для спецпотребителей в диапазонах частот L1 (1575,42 МГц) и

L2 (1227,6 МГц), и один — открытый сигнал в диапазоне L1. Развитие глобальной спутниковой навигационной системы (ГНС) в настоящее время прочно ассоциируется с новым типом сигналов, так называемые меандровые или ВОС-сигналы (Binary Offset Carrier modulated signals).

Цель работы: рассмотреть основные свойства новых сигналов, перспективы их использования, принципы формирования кодовых последовательностей.

#### Сигналы ГЛОНАСС

В настоящее время в системе ГЛОНАСС все спутники используют одну и ту же псевдослучайную кодовую последовательность для передачи открытых сигналов, однако каждый спутник передаёт на разной частоте, используя 15-канальное разделение по частоте (FDMA). Сигнал в диапазоне L1 находится на центральной частоте 1602 МГц, а частота передачи спутников определяется по формуле  $(1602 + n \times 0,5625)$  МГц, где  $n$  это номер частотного канала ( $n = -7, -6, -5, \dots, 0, \dots, 6$ ) [2]. Сигнал в диапазоне L2 находится на центральной частоте 1246 МГц, а частота каждого канала определяется по формуле  $(1246 + n \times 0,4375)$  МГц.

Для навигационных космических аппаратов (НКФ), находящихся на взаимно антиподных орбитальных позициях, можно применять одинаковые несущие частоты, поэтому при 24 действующих НКА минимальное число несущих частот в каждом диапазоне равно 12 [3]. Открытый сигнал генерируется через сложение по модулю 2 трёх кодовых последовательностей: псевдослучайного дальномерного кода со скоростью 511 кбит/с, навигационного сообщения со скоростью 50 бит/с и 100 Гц манчестер-кода. Все эти последовательности генерируются одним тактовым генератором. Псевдослучайный код генерируется 9-шаговым сдвиговым регистром с периодом 1 мс [4].

Излучаемые сигналы имеют правую круговую поляризацию. Коэффициент эллиптичности по полю не хуже 0,7 в секторе излучения  $\pm 19^\circ$  относительно оси симметрии диаграммы направленности бортовой передающей антенны навигационного спутника (НС).

Корреляционные потери определяются как разность энергии сигнала, излучаемого передатчиком НС в отведенной полосе и энергии сигнала, принятой идеальным корреляционным приемником в той же полосе частот. Корреляционные потери имеют наибольшее значение в случае, когда несущая частота лежит на краях полосы частот [3]. В этом случае корреляционные потери определяются следующим:

— искажением формы сигнала в приемнике вследствие прохождения через фильтр 0.511 МГц — не более 0,2 дБ;

— не идеальностью модулятора передатчика НС — 0,6 дБ.

Сигнал в системе ГЛОНАСС формируется при помощи псевдослучайной последовательности. ПСП в сигналах первого поколения называются М — последовательностью имеют длину  $2^n - 1$  и строятся с помощью регистров сдвига. В обработке сигналов используют понятие автокорреляционная функция (АКФ). Она показывает связь сигнала с копией самого себя смещённого на величину  $\tau$ . В общем случае она определяется интегралом [1]

$$\psi(\tau) = \int f(t)f(t-\tau)dt.$$

В сигнале для гражданского применения используется последовательность с длиной кода 511. Для передачи применяется двоичная фазовая модуляция. Отношение максимального бокового пика к основному составляет  $24/511 = 4,7\%$ , что позволяет оценить вероятность нахождения ложного соответствия.

Сигналы различных спутников, если они передаются на одной частоте, создают помехи. Для оценки служит взаимно корреляционная функция (ВКФ), в общем случае она определяется интегралом, для непрерывных функций  $f(t)$  и  $g(t)$  [1]

$$\Omega(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(t)g(t+\tau)dt,$$

где:  $f^*$  — функция, комплексно сопряженная  $f$ .



При частотном разделении каналов ВКФ не столь критична.

### Меандровые радиосигналы (ВОС — сигналы)

Отличие меандровых шумоподобных сигналов (ВОС — сигналов) от традиционных шумоподобных сигналов заключается в использовании при формировании сигнала поднесущей частоты. При этом сигнал гармонического несущего колебания манипулируется по фазе результатом перемножения псевдослучайной последовательности и поднесущего колебания.

Математически ВОС — сигнал записывается следующим образом [5]

$$S_{\text{ВОС}}(t) = A \times d(t) \times \Pi(t) \times S_c(t) \times \cos(\omega_{\text{sc}} t + \theta),$$

где:  $A$  — амплитуда сигнала;  $d(t)$  — двоичные символы информации;  $\Pi(t)$  — псевдослучайная последовательность;  $S_c(t)$  — аппроксимация поднесущей частоты;  $\omega_{\text{sc}}$  — несущая частота сигнала;  $\theta$  — фаза несущего колебания.

Существует несколько вариантов аппроксимации гармонического колебания  $S_c(t)$  для использования в качестве поднесущей частоты.

1. Двухуровневая (бинарная) аппроксимация гармонического колебания, которое является синусной функцией по отношению к фазе элемента ПСП. Сигнал называется синусным (SinBOC — сигнал) функция  $S_c(t)$  имеет вид [6..8]

$$S_c(t) = \text{sign}[\sin(\omega_{\text{sc}} \cdot t)],$$

где  $\omega_{\text{sc}} = 2\pi f_{\text{sc}}$  — частота поднесущего колебания.

2. Двухуровневая (бинарная) аппроксимация гармонического колебания, которое является косинусной функцией по отношению к фазе элемента ПСП. Сигнал называется косинусным (CosBOC — сигнал) функция  $S_c(t)$  имеет вид [6..8];

$$S_c(t) = \text{sign}[\cos(\omega_{\text{sc}} \cdot t)],$$

где  $\omega_{\text{sc}} = 2\pi f_{\text{sc}}$  — частота поднесущего колебания.

3. Двухуровневая (бинарная) аппроксимация гармонического колебания, которое имеет некоторый сдвиг по фазе относительно фазы элемента ПСП.  $S_c(t)$  имеет вид [6..8];

$$S_c(t) = \text{sign}[\sin(\omega_{\text{sc}} \cdot t + \theta)],$$

где:  $\omega_{\text{sc}} = 2\pi f_{\text{sc}}$  — частота поднесущего колебания,  $\theta$  — сдвиг фазы поднесущей частоты относительно фазы ПСП.

4. Многоуровневая аппроксимация гармонического колебания.

Основные параметры ВОС — сигналов [1]:

$f_c = 1/\tau_c$  — частота следования символов в основной ПСП  $g(t)$ ;

$f_m = 1/2\tau_m$  — частота меандрового колебания  $r(t)$ .

Для обозначения сигналов применяют обозначение ВОС ( $f_m, f_c$ ).

Частоты  $f_m$  и  $f_c$  обычно кратны опорной синхрочастоте  $f_{\text{оп}}$  (для системы GPS  $f_{\text{оп}} = 1,023$  МГц), поэтому используют запись ВОС (2,1) для частоты кода 1,023 МГц и частоты меандра 2,046 МГц. На рис. 1 меандр  $r(t)$  накладывается на ПСП  $g(t)$  — получается результирующий сигнал  $d(t)$ .

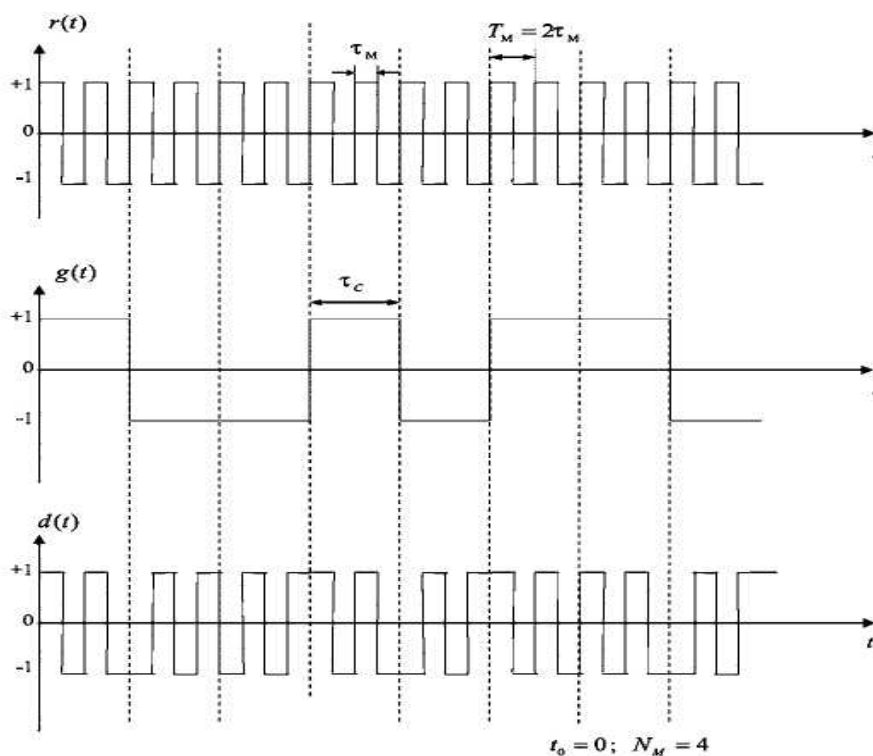


Рис. 1

Стремление достичь дальнейшего выигрыша в качестве функционирования ГСНС за счет использования ВОС — сигналов обуславливает исследования и разработку более сложных комбинаций. В частности применяется при формировании сигнала дополнительная модуляция второй поднесущей частотой (DuoBOC сигналы). Спектральные характеристики такого сигнала имеют разнесенный спектральный поддиапазон на величину второй поднесущей частоты. Такой сигнал можно записать в виде [5]

$$S_{\text{DuoBOC}}(t) = A \times d(t) \times \Pi(t) \times S_{c1}(t) \times S_{c2}(t) \times \cos(\omega_{sc} \cdot t + \varphi(t)),$$

где:  $A$  — амплитуда сигнала;  $d(t)$  — двоичные символы информации;  $\Pi(t)$  — псевдослучайная последовательность;  $S_{c1}(t)$  — аппроксимация первой поднесущей частоты;  $S_{c2}(t)$  — аппроксимация второй поднесущей частоты;  $\omega$  — несущая частота сигнала;  $\varphi(t)$  — фаза несущего колебания.

При рассмотрении DuoBOC сигналов необходимо рассматривать отдельно фазу первой и второй поднесущей частоты при этом появляется большее число комбинаций сигналов по сравнению с ВОС сигналами.

Одно из различий синусных и косинусных сигналов заключается в различном уровне боковых спектральных компонент и уменьшении их мощности, в зависимости от удаления от основных участков спектра. Для синусных сигналов наибольшее подавление боковых компонент спектра происходит для крайних участков спектра, а для косинусных наиболее сильно подавляются участки спектра, расположенные в центральной части. Это может быть использовано при совмещении сигнала с другими существующими. Когда одна из половин спектра расположена в диапазоне существующего, а другая половина спектра в другом диапазоне. Так сигнал DuoBOC (12,1,1) формируется на основе сигнала ВОС (1,1) с использованием дополнительного меандрового колебания с частотой

12,276 МГц [5]. На рис. 2 приводится спектр этого сигнала, а на рис. 3 — исходного сигнала ВОС (1,1).

Из сравнения видно, что дополнительная поднесущая позволяет разместить мощность сигнала в двух существенно различных частотных диапазонах. DuoBOC сигналы имеют спектральные характеристики в половине частотного диапазона, совместимые с ВОС — сигналами. Такие DuoBOC — сигналы позволяют обеспечить прием нового сигнала приемниками, которые первоначально предназначались только для приема ВОС — сигналов. Кроме того, остается возможность использовать дополнительные частотные диапазоны, что расширяет область использования системы с такими сигналами.

Способность сигнала обеспечивать высокую точность при измерении временной задержки в значительной степени определяется его корреляционной функцией. На рис. 4 приводится автокорреляционная функция сигнала DuoBOC (12,1,1), а на рис. 5 приводится автокорреляционная функция сигнала ВОС (1,1). Из анализа этих функций следует, что автокорреляционная функция в районе малых сдвигов имеет высокую крутизну, что обеспечивает высокую точность определения задержки сигнала. Также у автокорреляционных функций наблюдается значительное число пиков, вблизи от центрального пика, что может приводить к проблемам при поиске и слежении за сигналами. Преимуществом DuoBOC-сигналов является меньший уровень соседних с центральным пиков по сравнению с ВОС-сигналами [5].

### Заключение

В настоящее время перспективы развития ГЛОНАСС до конца не ясны. С одной стороны переход на кодовое разделение каналов и использования различных вариантов ВОС сигналов выглядит перспективно, но не стоит

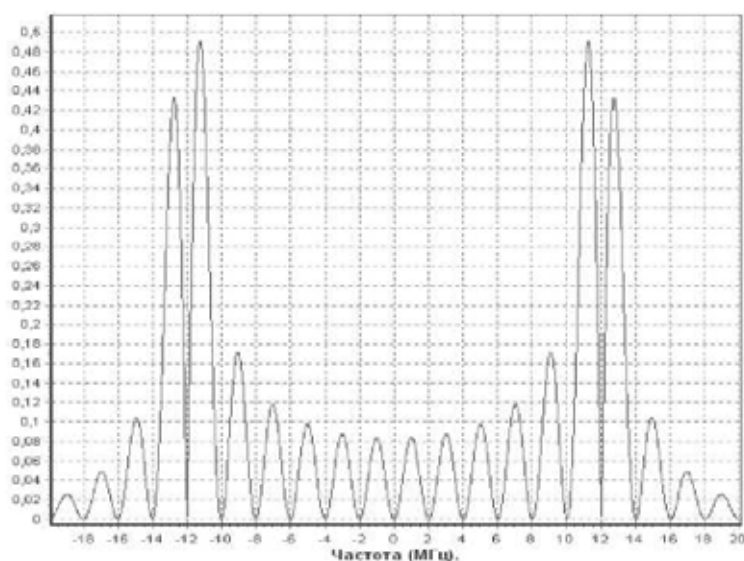


Рис. 2

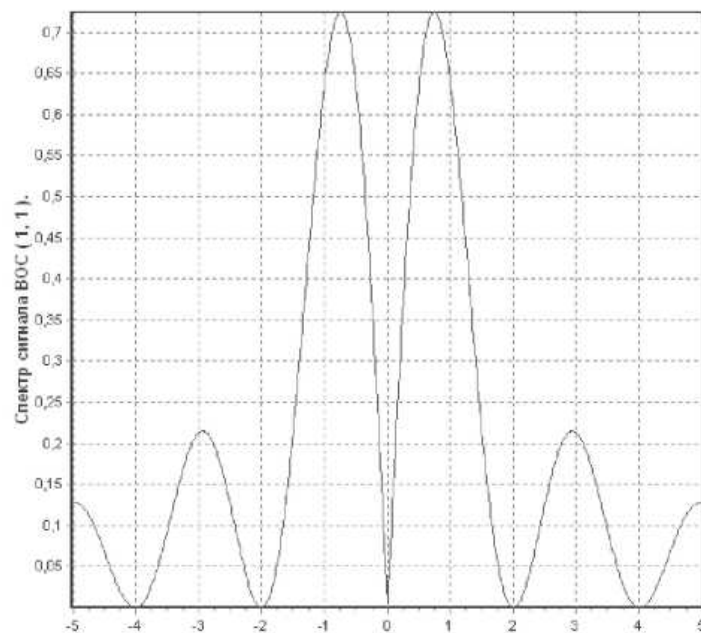


Рис. 3

забывать о военной составляющей навигационной системы и ее одной из основной компоненте — помехозащищенности. Одно из главных преимуществ частотного разделения перед кодовым — наличие потенциала помехоустойчивости. Реализовать этот потенциал можно за счет увеличения времени когерентного накопления сигнала с 1 мс (двухмерный поиск при кодовом разделении) до 1 с при частотном (одномерный поиск после литерного гетеродирования — при частотном разделении сигналов спутников) включением замкнутого следящего контура Костаса, инвариантного к любой фазовой манипуляции [9]. Петля позволяет практически неограниченное время

когерентное накопление полезного сигнала, после литерного гетеродирования и режекции гармонических внутриполосных помех. В случае кодового разделения использование петли Костаса невозможно.

Так же предложено использование  $F$  — кодов (фрактальное отображение ПСП) [9]. Фрактальное отображение разрушает лепестковую структуру спектра, придавая ему хаосоподобные свойства, максимально приближая к равномерному. При этом сохраняется его псевдослучайная структура, т.е. простота генерации (конечные алгоритмы) и демодуляции, которая приводит к восстановлению исходной ПСП. Для  $F$  — кода отсут-

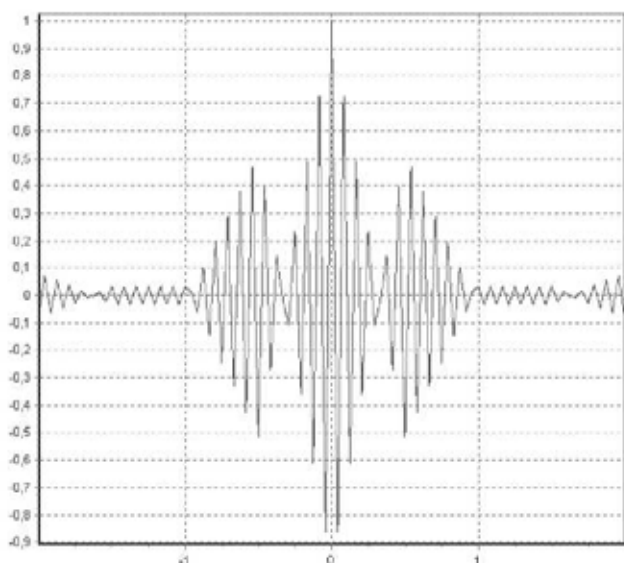


Рис. 4

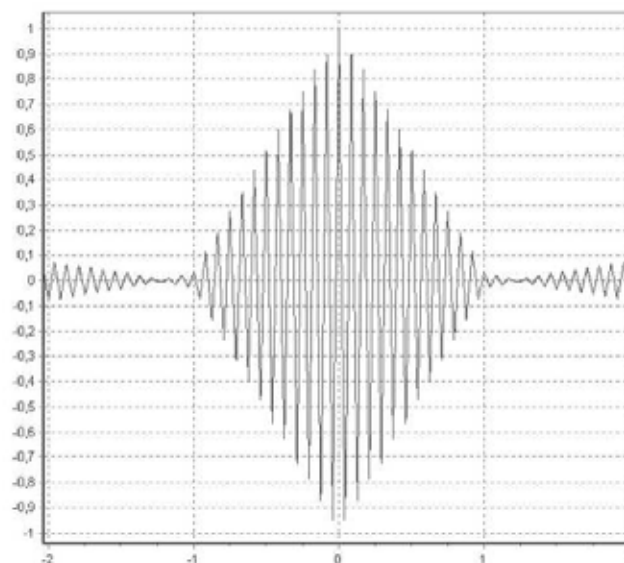


Рис. 5

ствуется понятие тактовой частоты. В нем только общее число символов на интервале эпохи исходной ПСП совпадает с ее базой. F-код создает импульсы как более ко-

роткие, чем чип ПСП, так и более длинные. Экспериментально доказано существенное увеличение базы F — кода по сравнению с исходной ПСП на величину  $\approx 11$  дБ.

#### Литература:

1. Шахгильдян, В. В., Бойков В. В. ГЛОНАСС перспективы использования новых CDMA сигналов // Электросвязь № 1, 2011 г. с. 13.
2. Ревнивых, С. А. Доклад Состояние и перспективы развития ГЛОНАСС // Мюнхенский Саммит по спутниковой навигации 2005 г.
3. Яценков, В. С. Основы спутниковой навигации // Горячая линия — Телеком 2005 г.
4. Интерфейсный контрольный документ навигационных радиосигналов L1 и L2 (редакция 5.1) // Москва 2008 г.
5. Вейцель, А. В. Новый класс меандровых шумоподобных радиосигналов для радионавигационных систем // Вестник МАИ. Т. 16. № 7.
6. Ярлыков, М. С. Меандровые шумоподобные сигналы (ВОС-сигналы) в новых спутниковых радионавигационных системах. // Радиотехника. 2007 г. № 8. С. 3.
7. Ярлыков, М. С. Характеристики меандровых сигналов (ВОС-сигналов) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения // Радиотехника. 2008 г. № 8. С. 61.
8. Ярлыков, М. С. Косинусные меандровые шумоподобные сигналы (CosВОС-сигналы) в спутниковых радионавигационных системах нового поколения. // Радиотехника. 2009 г. № 7. с. 20.
9. Дубинко, Ю. С., Селиверстов А. С. Взгляды ГНИНГИ на развитие СРНС ГЛОНАСС // Новости навигации № 4, 2010 г. с. 42.

## Применение вейвлет-анализа для очистки речевого сигнала от шума

Гапочкин Артём Владимирович, аспирант

Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

*В работе предложен метод очистки речевого сигнала от шума при помощи вейвлет-анализа. Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований, подтверждающих преимущество данного метода над другими.*

*Ключевые слова: вейвлет-анализ, очистка от шума, речевой сигнал.*

Для удаления шумов обычно используется хорошо известный из техники фильтрации прием — удаление высокочастотных составляющих из спектра сигнала [1]. С помощью вейвлет-преобразования эта задача решается ограничением уровня детализирующих коэффициентов. Кратковременные особенности сигнала, а к ним можно отнести и шумы в виде множества таких особенностей, создают детализирующие коэффициенты с высоким содержанием шумовых компонент, имеющих большие случайные выбросы значений сигнала. Поэтому уровень шума можно понизить, сделав нулевыми детализирующие коэффициенты меньше выбранного порога [2].

Основная модель для зашумленного сигнала имеет вид [3]:

$$s(n) = f(n) + e(n), \quad (1)$$

где  $s(n)$  — зашумленный сигнал;  $f(n)$  — полезный сигнал;  $e(n)$  — шум.

Цель удаления шума состоит в том, чтобы подавить шумовую часть  $e(n)$  речевого сигнала и восстановить  $f$ .

Процедура очистки от шума включает в себя три шага:

1. Выбор вейвлета и уровня декомпозиции  $N$ . Вейвлет-разложение сигнала до уровня  $N$ .

2. Детализация. Для каждого уровня от 1 до  $N$  выбирается определенный порог и применяется пороговая обработка детализирующих коэффициентов.

3. Производится вейвлет-восстановление, основанное на исходных коэффициентах аппроксимации на уровне  $N$ , модификация детализирующих коэффициентов на уровнях от 1 до  $N$ .

При вейвлет анализе сигнал раскладывается на аппроксимирующие коэффициенты, которые представляют сглаженный сигнал, и детализирующие коэффициенты, описывающие колебания. Следовательно, шумовая компонента больше отражается в детализирующих коэффициентах. Поэтому при очистке речевого сигнала от шума обрабатываются обычно детализирующие коэффициенты. Второе предположение заключается в том, что шумовая компонента представляет собой сигнал, меньший по модулю, чем основной. Поэтому простейший способ очистки

от шума состоит в том, чтобы сделать нулевыми значения коэффициентов, меньшие некоторого порогового значения. Эта процедура называется пороговой обработкой (трешолдингом) коэффициентов. Широкое распространение получили такие методы пороговой обработки, как жесткий трешолдинг и мягкий трешолдинг. [3]

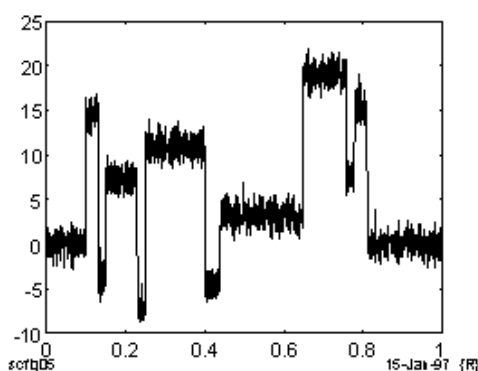
При жесткой пороговой обработке сохраняются неизменными все коэффициенты, большие или равные по абсолютной величине порога, а меньшие коэффициенты обращаются в нуль. При мягкой пороговой обработке наряду с обращением в нуль коэффициентов, по модулю меньших, чем порог, происходит уменьшение по модулю

остальных коэффициентов на величину самого порога. [5]

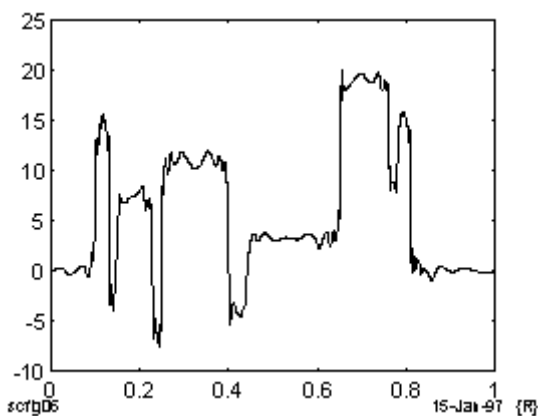
При решении задачи очистки речевого сигнала от шума необходимо: оценить спектральный состав шумовой компоненты, выбрать тип пороговой обработки (трешолдинга) и критерий расчета самого порога.

На Рис. 1 приведены результаты подавления шума в модельном ступенчатом речевом сигнале на основе вейвлет-анализа и метода Фурье. Видно, что с использованием вейвлет-преобразования достигается более глубокое подавление шума при сохранении структуры сигнала.

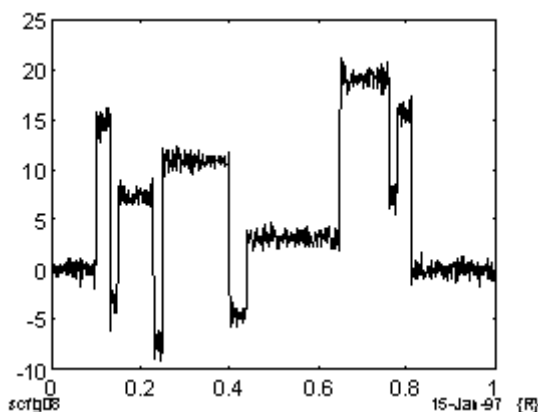
Из рис. 1 видно что, из-за присутствия в речевом сигнале скачков и меняющейся в больших пределах частоты



Зашумленный ступенчатый речевой сигнал.



Сигнал, очищенный при помощи вейвлет-анализа.



Сигнал, очищенный при помощи обрезания высоких гармоник Фурье.

Рис. 1. Пример очистки речевого сигнала



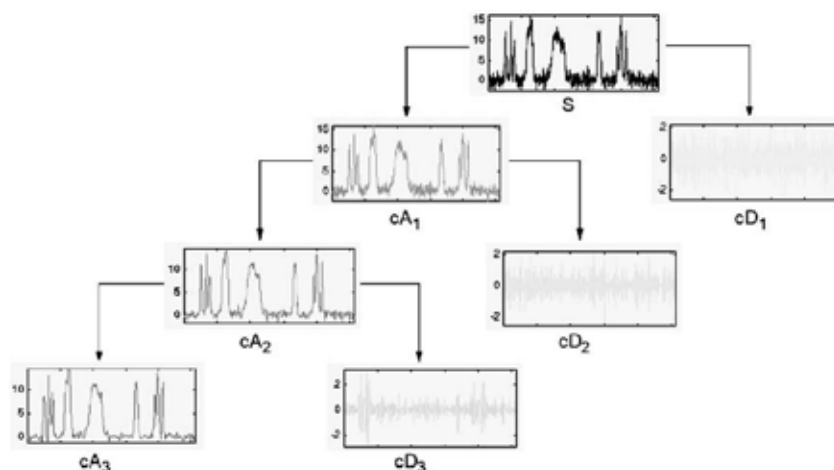


Рис. 2 Дерево последовательного разложения сигнала при фильтрации шума с помощью вейвлет-преобразования

сигнала, что означает наличие непрерывного частотного спектра, получение удовлетворительной фильтрации методом преобразований Фурье крайне затруднительно.

Идея нелинейного (порогового) удаления шума состоит в том [4], что ортогональное вейвлет-преобразование «сжимает» сигнал до небольшого числа относительно больших коэффициентов. С другой стороны, шум при любом ортогональном преобразовании сохраняет свою структуру и амплитуду. Поэтому пороговое обрезае коэффициентов вейвлет-преобразования не влияет на структуру сигнала, сильно понижая шум вейвлет-преобразование близко к «идеальному» проектору, сохра-

няющему те и только те коэффициенты, для которых сигнал превышает шум. На рисунке 2 показано последовательное разложение речевого сигнала при фильтрации шума с помощью вейвлет-анализа.

В данной статье рассмотрен метод очистки речевого сигнала при помощи вейвлет-анализа. Использование новых методов предобработки речевых сигналов на основе вейвлет-анализа существенно повышает их точность и снижает искажений при дальнейшей обработке. Так же показано преимущество применения вейвлет — анализа для очистки от шума перед преобразованием Фурье.

#### Литература:

1. Davis, G. M. Noise reduction in speech applications/G. M. Davis. — Washington: CRC Press, 2002. — 432 p.
2. Fundamentals of Wavelets: theory, algorithms, and applications/C. Jaideva, C. Goswami, K. Andrew et al. — Indianapolis: Wiley-Intersci. Publ., 1999. — 306 p.
3. Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab/Н. К. Смоленцев. — М.: ДМК Пресс, 2005. — 304 с.
4. Астафьева, Н. М. Вейвлет — анализ. Основы теории и применения. Успехи физических наук, т. 166, вып. 11, ноябрь 1996 г.
5. Л. Левкович-Маслюк, А. Перебрин. Вейвлет-анализ и его приложения. Москва, 1997.

## Introduction to automatic number plate recognition systems

Каюпова Алия Нурлановна, магистрант

Международный университет информационных технологий (г. Алма-Ата, Казахстан)

Kayupova Aliya

International Information Technologies University

Nowadays, the automatic number plate recognition (ANPR) system is a key aspect in traffic congestion. This will help minimizing the different kind of violations in the road. Advanced systems for tracking and fixing stolen, un-

authorized vehicles are based on automated number plate recognition. This paper's main objectives is to review other methods and develop at the same token evaluate our proposed approach. A short review is performed on the various

methods of number plate recognition systems. Further explanations of the proposed algorithm is illustrated in graphical forms to show how algorithm works. The paper is going to be concluded with test and evaluation results.

### Introduction

In the new global economy, traffic congestion has become a central issue for the most of the developing countries. The number of cars are increasing rapidly, respectively, the number of violations are increasing, too. Speeding, stealing the cars and other wide spectrum of violations in the road are general things in our daily life. Shortage of parking places are lead to entering of unauthorized cars to the private areas and spending a lot of time to find free places in the parking lot.

Automated number plate recognition system is a key aspect in resolving all the problems listed before. Adding other features to the system we can identify and track the vehicle, fix the time and coordinates of appearance and disappearance of the cars.

Automated number plate recognition system consists of three main parts like number plate localization, number plate segmentation and optical character recognition [1].

### Research Objectives

The following list gives the objectives of this research paper:

1. To review wide spectrum of methods and approaches for number plate localization, number plate segmentation as well as optical character recognition.
2. To solve and develop the automated number plate recognition system.
3. To evaluate, test developed system and presents the evaluation results.

### Literature Review

There are exist various solutions of relevant problems. The main issues in number plate recognition are climate conditions, environmental interference, and accuracy of number plate localization. One of the methods of recognizing the number plate is utilizing the color characteristics and probability distribution of the license plate between the two lights [1]. Another popular method of number plate recognition algorithm is template matching [2]. The License Plate Detection algorithm based on template matching was designed and written for managing the parking lot system by identifying the unregistered cars from off-campus. At the same time vertical edges-based car license plate detection [3] are popular, too. However, others prefer to find the location number plate using horizontal and vertical projections of image [4]. The Genetic Algorithm [5] and Hough transform [6] can be applied to detect the license plate region. However they are very complex and requires too much computation time.

### Proposed approach

The whole problem consists of three parts:

1. Plate area detection
2. Segmentation and extraction of characters from number plate
3. Optical character recognition of extracted symbols

#### Plate area detection

The image with number plate will be given as an input to the program and the number plate must be identified then cropped as output image to the next stage. In order to determine the number plate from whole image, the following sequence of actions must be performed to image.

1. Gray scale image — in this stage we need to read the image and convert it to gray scale format. Such conversion will not lead to loss of important data, at the same token it will be more convenient to work with one channel in preference to three (red, green and blue).
2. Blur — the noise is a main issue in our problem. In order to reduce them it is better blur the image. There are exists different types of smoothing such as homogeneous, Gaussian, median as well as bilateral [7]. The following cumulative error distribution graph shows the comparison among each of them.

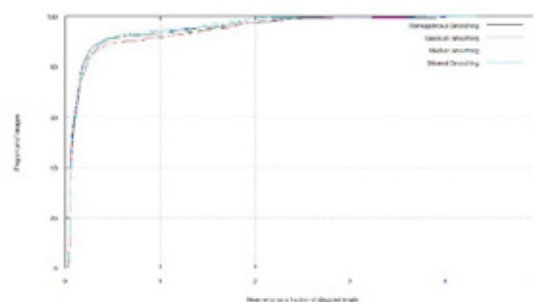


Figure 1: Cumulative error distribution for smoothing

According to the figure above, we can say that the homogeneous smoothing is the best one in comparison to others.

1. Vertical edge detection — the number plate contains the characters. As we know, the characters contain mostly vertical edges in comparison to horizontal. That is why, one of the best approaches is to find vertical edges that are too close to each other [8]. The edge detection is basic and fundamental operations in computer vision field. There are exists different kind of edge detectors like Prewitt, Sobel, Canny and etc. Each of them are used in different cases and problems. In our problem we use Prewitt, Sobel and modified version of Sobel [9]. However, after investigation and testing we came to conclusion to use the modified version of Sobel, because it correctly identifies vertical edges and reduce the most of horizontal edges that impede to find the number plate. Vertical edge detection can be implemented using convolution operation with specific matrix. For Prewitt and Sobel, the following matrices will be used.

$$\mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} * \mathbf{A}$$

Figure 2: Prewitt edge detector for vertical and horizontal edges

$$\mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * \mathbf{A}$$

Figure 3: Sobel edge detector for vertical and horizontal edges

$$|\nabla L| = \sqrt{L_x^2 + L_y^2} \quad \theta = \text{atan2}(L_y, L_x)$$

Figure 4: Gradient magnitude and direction

Where,  $G_x$ ,  $G_y$  derivative of image in X and Y directions respectively,  $A$  — an input image. However, in order to use modified version of Sobel edge detection the gradient magnitude and gradient direction must be used. They are identified by the following formula:

Using the value of  $\theta$  it is possible to find only vertical edges. If the value of  $\theta$  will be between 45 and 135 then we will get only vertical edges. The Figure 5 illustrate the result and difference of each edge detector.

1. Binary image contains only two colors such as black and white. There are wide spectrum of methods for threshold like Otsu, Niblack, Souvola, Wolf, Feng and etc. [10]. Each of them used in special cases for different purposes. It is more

convenient to work with binary image. After finding vertical edges we will apply Otsu threshold to our current image.

2. Close morphology used mostly to combine close elements together. Such as our goal is to find the area of number plate, we do not need much information about characters. That is why we apply close morphology, where all letters and digits combined together. The Figure 6 illustrates the result of morphology operation.

3. Find contours. After applying the close morphology, we will find those contours that look like number plate, where the area and aspect ratio of contour must be taken into account. At the same time, the contours must be located horizontally like in the Figure 6.



Figure 5: The difference among vertical edge detectors

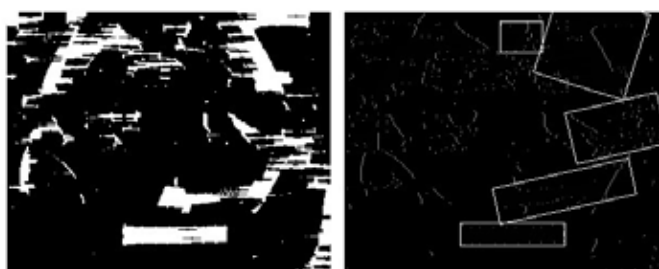


Figure 6: Image after morphology and finding contours

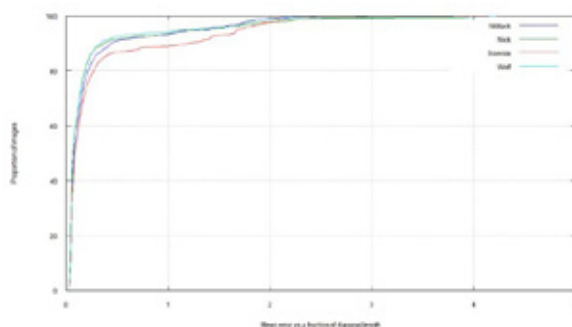


Figure 7: Threshold methods for identifying the texture in number plate



Figure 8: The character that divided to small (7 x 7) subparts

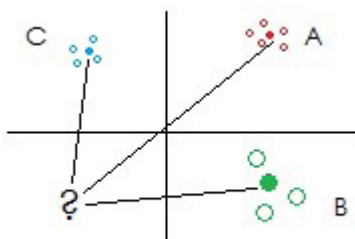


Figure 9: 1NN for optical character recognition



Figure 10: The result of whole algorithm

### Segmentation and extraction of characters from number plate

From number plate characters must be extracted. There are two basis algorithms for segmentation, where first one is based on projection of image into X axis, however, the second one based on finding of contours that look like character. According to investigation and testing, we came to conclusion that second algorithms works better than first one. The Figure 7 shows the result of this algorithm.

#### Optical character recognition (OCR)

Extracted character must be recognized. For recognition, modified version of 1NN algorithm was used. The character was divided to small 49 subparts like in the Figure 8. For each subpart the number of white pixels should be counted. The feature vector that contains 49 elements will identify each character. In the Figure 10 feature vectors for A, B and C classes were illustrated. For each class average element based on feature vectors should be calculated, then for un-

known element the distance to all average elements of each class must be calculated. Unknown element will be joined to those neighbor class that are closest to that element.

### Conclusion and Future Work

The main parts of number plate recognition system was successfully implemented. Our proposed solution works for general cases, where there is no limit for the distance from camera to the vehicle and climate conditions. However, for specific problems, when the distance from camera to the vehicle will be constant the performance of our system will increase.

For the future work, we need to improve the segmentation part and gather more data for training. As well as optical character recognition can be improved using other popular algorithms like Artificial Neural Network and Markov chain.

### References:

1. Kuo-Ming, H., Ching-Tang, H. (2010). A Real-Time Mobile Vehicle License Plate Detection and Recognition. Retrieved from Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 13, No. 4, pp. 433442 (2010)
2. Benjapa, R., Kittawee, K., Paruhut P., Thaweesak Y. (2012). License Plate Detection Based on Template Matching Algorithm. Retrieved from International Conference on Computer and Communication Technologies (ICCCCT'2012) May 26–27, 2012 Phuket
3. Beverly, S., Will, H., Peter, L., Patrico, R. Automatic Number Plate Recognition. Retrieved from CS 175 Fall '12.
4. Ondrej, M. (2007), Algorithmic and Mathematical Principles of Automatic Number Plate Recognition Systems. Retrieved from B. Sc. Thesis, Bruno university of Technology.

5. Yoshimori, S., Mitsukura, Y., Fukumi, M., and N. Akamatsu. (2003) «License plate detection using hereditary threshold determine method,» Retrived from Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 2773, V. Palade, R. J. Howlett, and L. C. Jain, Eds. New York: Springer-Verlag, pp. 585–593. [6] Duan, T., Hong Du, T., Phuoc, T., Hoang, N. (2005). «Building an automatic vehicle license plate recognition system,» Retrived from Proc. Int. Conf. Comput. Sci. RIVF, pp. 59–63
6. Bradski, G., Kaehler, A. (2008). Learning OpenCV. Retrieved from O' Relly Media Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 9547.
7. Baggio, D., Emami, S., Escriva, D., Ievgen, K., Mahmood, N., Saragih, J. Shilkrot, R. (2012) «Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects». Retrieved from Packt Publishing.
8. Wenjing, J., Xiangjian, H., Huaifeng, Z., Qiang, W. (2007). «Combining Edge and Colour Information for Number Plate Detection» Retrieved from Proceeding of Image and Vision Computing, pp. 227–232.
9. Khurram, K., Imran, S., Claudie, F., Nicole, V. «Comparison of Niblack inspired Binarization methods for ancient documents» Retrieved from <http://www.ppgia.pucpr.br/~facon/Binarizacao/NiblackComparison.pdf>

## Широкополосная приемная система станции РЭБ

Подстригаев Алексей Сергеевич, аспирант;  
Беззуб Александр Иванович, доцент  
Брянский государственный технический университет

*В статье приводится обзор опубликованных в открытой печати структурных схем широкополосной приемной системы станции радиоэлектронной борьбы. Предлагается новое построение такой системы, основанное на сочетании ряда существующих технических решений.*

**Ключевые слова:** широкополосная приемная система, станция РЭБ, станция радиотехнической разведки, станция помех, многоканальная приемная система.

В настоящее время для обеспечения возможности приема радиолокационных сигналов в широкой полосе частот (единицы — десятки ГГц при относительной полосе пропускания 10–80% и более) приемные системы станций радиотехнической разведки и радиоэлектронных помех (далее — станции радиоэлектронной борьбы; станции РЭБ) строятся по сканирующей, многоканальной либо матричной схеме [1].

Сканирующий приемник выполняет поиск и определение частоты путем изменения частоты гетеродина (синтезатора частот) и детектирования принятого сигнала в диапазоне ПЧ (рис. 1). Совместно с гетеродином могут перестраиваться и частотно-зависимые цепи (фильтры и усилители ВЧ) [2]. При использовании сканирующего приемника возможен пропуск цели. Вероятность пропуска уменьшается с увеличением скорости перестройки частоты сканирования, однако при этом ухудшается разрешающая способность по частоте и снижается чувствительность. В общем случае сканирующий приемник может работать в различных диапазонах длин волн, в том числе и с пропуском отдельных участков. Частным случаем сканирующего приемника является панорамный приемник, выполняющий обзор во всем рабочем диапазоне.

Многоканальный приемник (рис. 2) позволяет уменьшить время анализа за счет разбиения диапазона ПЧ и детектирования сигналов в каждом поддиапазоне отдельно [1, 3]. Соответственно уменьшается вероятность

пропуска цели. Недостатками приемника являются необходимость обеспечения высокой избирательности канальных фильтров, уменьшающей неоднозначность изменений при попадании в тракт мощных сигналов (особенно в смежных областях каналов), а также необходимое для обеспечения хорошей точности усложнение аппаратуры, влекущее за собой увеличение массогабаритных показателей.

Время разведки многоканального приемника составляет не менее [1]

$$T \approx \frac{2 \dots 3}{\Delta f},$$

что приблизительно соответствует времени установления переходных процессов в фильтрах приемника с полосой пропускания  $\Delta f$ .

В матричном приемнике (рис. 3) входной сигнал, попадая в первую ступень, разделяется по частоте на несколько каналов и преобразуется в единый для всех каналов первой ступени диапазон промежуточных частот (ПЧ). Далее сигнал ПЧ поступает на следующую ступень, где снова разделяется по частоте и переносится во второй диапазон ПЧ (единый для всех каналов второй ступени) и так далее до последней ступени. Каждый частотный канал во всех ступенях снабжается индикатором, указывающим номер сработавшего канала. По набору сработавших индикаторов можно определить частоту принятого



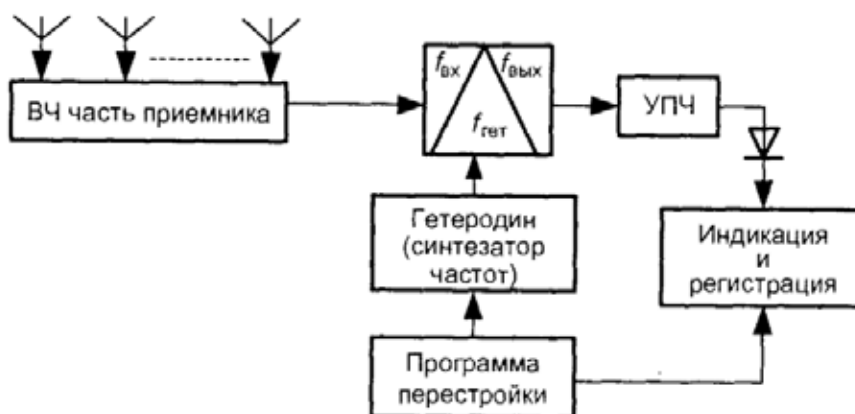


Рис. 1. Структурная схема сканирующего приемника [1]

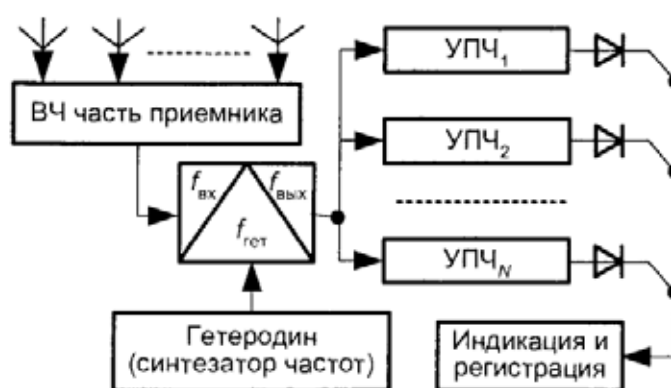


Рис. 2. Структурная схема многоканального приемника [1]

сигнала. Недостатком матричного приемника можно считать более жесткие требования к избирательным свойствам фильтров и их взаимной развязке, поскольку неоднозначность определения частоты за счет влияния каналов друг на друга по сравнению с предыдущей схемой возрастает.

На рис. 4 сигнал находится в полосе канала  $K$ , но, учитывая неидеальность крутизны канальных фильтров, тот же сигнал попадает и в канал  $(K+1)$ . В результате этого срабатывают индикаторы (детекторы) в обоих каналах, и сигналу ПЧ при попытке определения истинного значения частоты присваиваются два значения. Второе, ложное, значение показано пунктирной линией в канале  $(K+1)$ . Такая ситуация возникает уже в первой ступени. С увеличением числа ступеней  $N$  количество возможных ложных значений частоты возрастает и равно  $2^N$ .

В основе предлагаемого в данной работе построения лежит классическая матричная схема, в которой устраняется неоднозначность определения частоты, возникающая в смежных областях соседних каналов, а также упрощается конструкция, снижаются массогабаритные характеристики и повышаются технико-экономические показатели за счет использования только первой ступени с последующей цифровой обработкой сигнала ПЧ и следующих основных технических решений:

- работа каждого гетеродина на два смесителя (количество гетеродинов уменьшается в два раза по сравнению с типовой схемой включения, в результате чего конструкция упрощается и удешевляется; такое построение затронуто в [4]);

- применение смесителей, работающих на частоте  $N$ -ой гармоники сигнала гетеродина (необходимые частоты гетеродинов в  $N$  раз меньше, чем в обычных схемах, и не попадают в диапазон входных сигналов, что позволяет уменьшить требования к экранированию в преобразовательном узле каждого канала и получить более высокую чувствительность);

- диапазон промежуточных частот (ПЧ) от 2 до 3 ГГц (диапазон выбран относительно высоким, что позволяет детально обрабатывать принятый сигнал; сигнал при этом можно считать узкополосным и реализация СВЧ-структур в этом случае упрощается; в то же время диапазон ПЧ ограничен сверху, т.к. обработка сигнала с частотой свыше 3 ГГц затруднена);

- цифровая обработка сигнала ПЧ;

- разбиение пополам диапазона ПЧ (в 2 раза увеличивается количество каналов, что позволяет подавать сигнал ПЧ в полосе шириной 500 МГц на устройство цифровой обработки; при этом количество ВЧ-каналов не увеличивается);

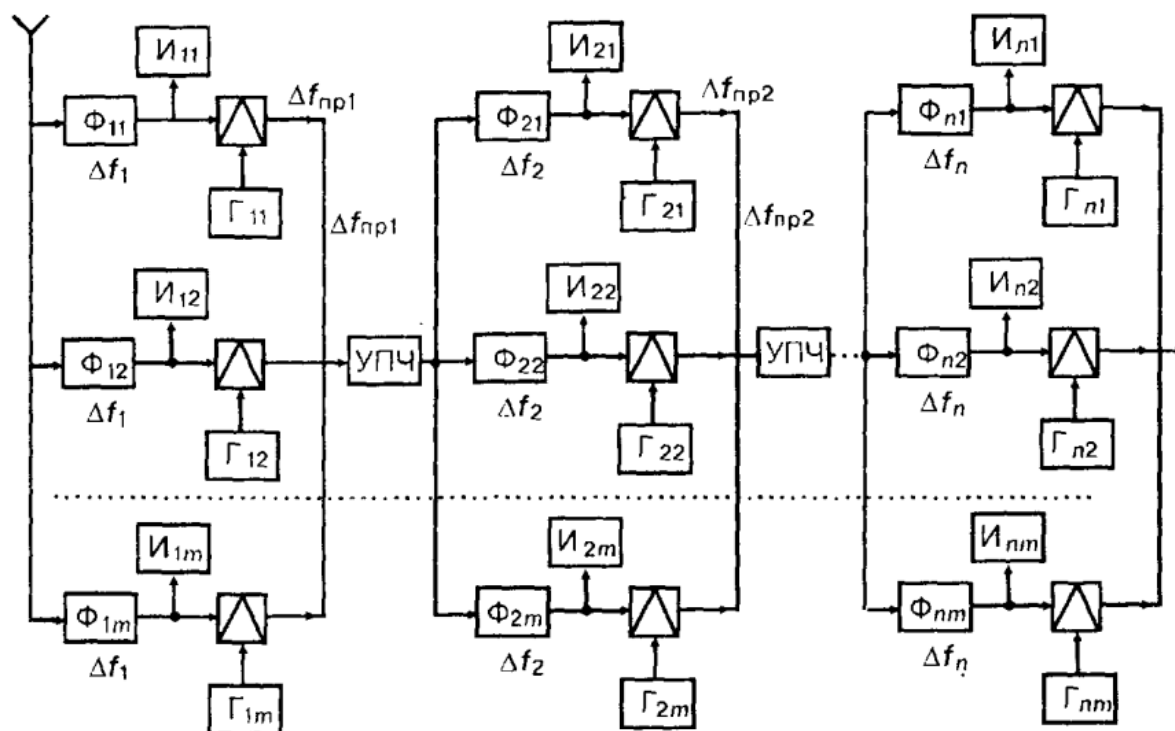


Рис. 3. Структурная схема матричного приемника [1]

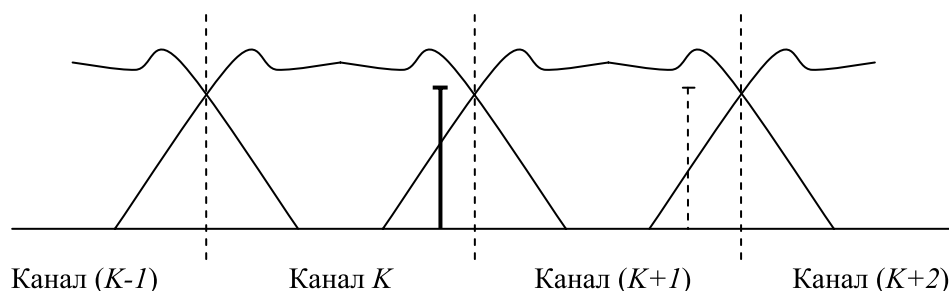


Рис. 4. Попадание сильного сигнала в смежную область соседних каналов

— раздельное сложение сигналов четных и нечетных каналов ПЧ, исключающее неоднозначность определения частоты при попадании входного сигнала в смежные области соседних каналов;

— наличие в каждом канале ПЧ цифровых компараторов, открываемых при превышении сигналом заданного порога (увеличивает чувствительность в режиме поиска сигнала);

— программное управление порогом срабатывания компаратора, сообщающего о наличии сигнала в канале (обеспечивает возможность использования различных алгоритмов без изменения схемной части, позволяя сделать систему адаптивной);

— наличие линии задержки, позволяющей принять и обработать передний фронт сигнала, либо короткий (единицы — десятки наносекунд) импульс, теряемый во время срабатывания цифрового компаратора.

В традиционной матричной структуре точность опре-

деления частоты составляет половину полосы пропускания канала последней ступени. В предлагаемой схеме точность определяется характеристиками АЦП и устройства цифровой обработки в целом, а, значит, учитывая современный уровень развития техники и технологий, могут быть получены достаточно высокие показатели при малых массогабаритных характеристиках. Так уже при воспроизведении сигнала в составе устройства DRFM (Digital Radio Frequency Memory) в диапазоне частот от 7 до 18 ГГц достигается точность не хуже 50 Гц при приеме сигнала длительностью 1 мс [4]. Данные о точности определения частоты не приводятся, поскольку являются менее информативными для устройств DRFM, поэтому можно ориентироваться примерно на те же показатели.

Рассмотренные технические решения позволяют упростить схемно-конструктивное построение приемной системы: количество каналов ВЧ уменьшается в 2 раза; количество гетеродинов уменьшается в 4 раза (по срав-

нению с матричной одноступенчатой схемой); снижаются требования к экранированию. Кроме того, одновременно обеспечиваются следующие возможности: работа в ши-

рокой полосе частот, прием коротких импульсов, отсутствие неоднозначности определения частоты в смежных областях соседних каналов, отсутствие пропуска сигнала.

#### Литература:

1. Куприянов, А. И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы: Учеб. пособие / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. — М.: Вузовская книга, 2007. — 356 с.
2. Вакин, С. А., Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки / С. А. Вакин, Л. Н. Шустов. — М.: «Советское радио», 1968. — 448 с.
3. Радзиевский, В. Г. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. 2-е изд., испр. и доп. / В. Г. Радзиевский, А. А. Сирота. — М.: «Радиотехника», 2004. — 432 с.
4. Добыкин, В. Д. Радиоэлектронная борьба. Цифровое запоминание и воспроизведение радиосигналов и электромагнитных волн / В. Д. Добыкин, А. И. Куприянов, В. Г. Пономарев, Л. Н. Шустов; Под общ. ред. А. И. Куприянова. — М.: Вузовская книга, 2009. — 360 с.

## Исследование диапазона отклонений PS-NEXT в кабелях СКС

Радченко Владимир Валерьевич, аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича

*В ходе данного исследования выполнено исследование диапазона отклонений одного из ключевых характеристик симметричного кабеля СКС — PS-NEXT. Для этого собрано достаточное количество статистических данных, которые впоследствии обработаны методами математического анализа. Измерения выполнялись для одного из наиболее распространённых типов кабелей СКС — категории 7 S/UTP.*

**Ключевые слова:** СКС; категория 7; переходная помеха.

Известно, что при измерении вторичных параметров отдельных линий СКС, даже одни и те же пары соседних кабелей имеют некоторый разброс характеристик. Это обусловлено совокупностью таких факторов как: неидеальность монтажа, материалов составляющих кабель и конструктивными погрешностями. Современные профильные стандарты имеют аналитические уравнения призванные ограничить диапазон допустимых значений вторичных параметров кабеля передачи данных [1]. При их нормировании брался допуск на разброс тестируемой характеристики. Однако, значительный запас одной из важнейших характеристик кабеля — PS-NEXT вызвал сомнения в корректности существующего подхода (рис. 1), что привело к необходимости данных исследований.

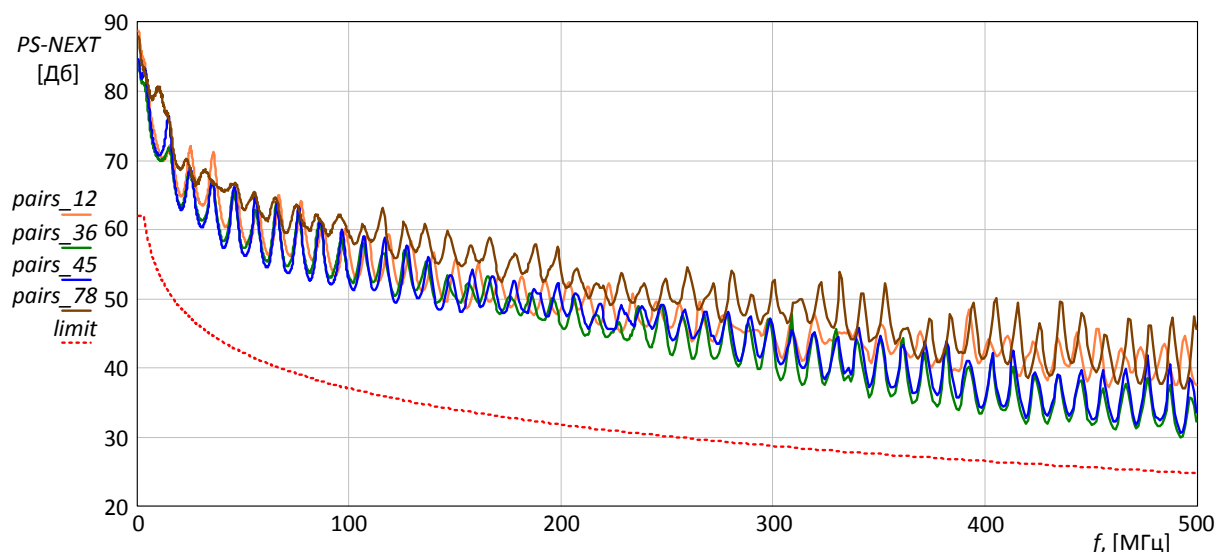


Рис. 1 Результаты тестирования PS-NEXT для 4 пар кабеля категории 6a и функция предельного значения согласно ISO/IEC 11801 ed. 2 для данной категории



Применительно к данному исследованию функция распределения для дискретных величин PS-NEXT имеет вид:

$$F(PSNEXT) = \sum_{PSNEXT_i < PSNEXT} P(PSNEXT_i) \quad (1)$$

При известном математическом ожидании и СКО не составляет труда вычислить функцию нормального распределения:

$$F_{norm}(PSNEXT) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \int_0^{PSNEXT} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\delta^2}\right) dt \quad (2)$$

Из составленных статистических рядов в таблице 1 было вычислено математическое ожидание  $\mu$  [дБ] и СКО —  $\delta$  [дБ], что позволило найти функцию распределения (2).

Таблица 2

Математическое ожидание и СКО для PS-NEXT

F [МГц]	100	200	300	400	500	600
$\mu$ [дБ]	53.54	47.88	43.03	38.1	34.38	31.28
$\delta$ [дБ]	2.08	1.58	1.35	1.33	1.14	1.05

Результаты вычислений  $F(PSNEXT)$  и  $F_{norm}(PSNEXT)$  представлены на графиках рис. 1.

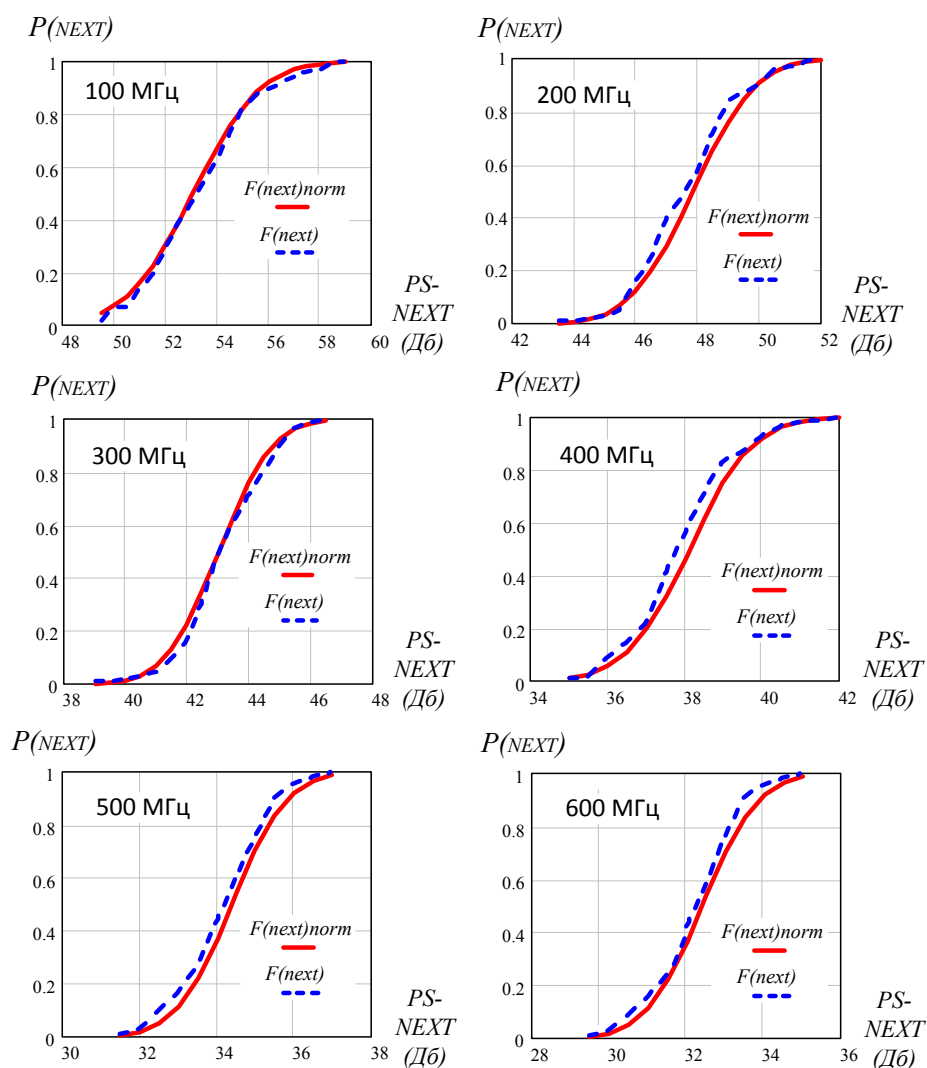


Рис. 2. Графики распределения результатов тестов для различных частот линии СКС категории 7



$F(PSNEXT)$  — функция распределения PS-NEXT на частотах: 100, 200, 300, 400, 500 МГц.

$F_{norm}(PSNEXT)$  — функция нормального распределения для PS-NEXT на частотах: 100, 200, 300, 400, 500 МГц.

Как видно из построенных графиков на рис. 2 все данные полученные на частотах от 100 до 600 МГц имеют распределение близкое к нормальному. Это позволяет воспользоваться правилом «3 сигм». И сделать следующие выводы:

Не менее 95,4 % результатов измерений для 100 МГц лежит в диапазоне:  $53 \pm 4,17$  [дБ]; для 200 МГц в диапазоне:  $47,8 \pm 2,71$  [дБ]; для 300 МГц в диапазоне:  $43 \pm 2,7$  [дБ]; для 400 МГц в диапазоне:  $38,1 \pm 2,67$  [дБ]; для 500 МГц в диапазоне:  $34,3 \pm 2,28$  [дБ]; для 600 МГц в диапазоне:  $36,2 \pm 2,1$  [дБ]. На основании этих выводов я сделал допущение о величине отклонения результатов измерений PS-NEXT — 6 % относительно  $\mu$ . Данный результат будет полезен при формировании новых методов оценки предельной пропускной способности кабелей СКС.

В дополнение к полученным результатам, был произведён ряд произвольных измерений в другой СКС этой же пары в кабеле, с теми же условиями, что описаны в начале настоящего раздела. Во всех 80 тестах погрешность не превышала принятых 6 % от математического ожидания полученного в таблице 2, что ещё раз подтвердило правильность выполненных вычислений.

#### Литература:

1. ISO/IEC 11801 Information technology — Generic cabling for customer premise. — International standard. Second edition. // 2011 — стр. 136.

### 3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

#### Архитектура универсальных средств автоматизации научных установок

Лопаткин Роман Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент;

Игнатенко Сергей Николаевич, младший научный сотрудник;

Иващенко Виталий Анатольевич, младший научный сотрудник

Институт прикладной физики Национальной академии наук Украины (г. Сумы)

*Рассматривается проблема компьютеризации и автоматизации нестандартного научного оборудования с точки зрения затрат времени и средств на разработку технических и программных решений. Предложена архитектура универсальной гибкой измерительной системы, которая позволяет быстро разрабатывать системы управления, контроля, сбора и анализа данных, программировать логику отдельных модулей, а так же разрабатывать интерфейсы конечного пользователя.*

В связи с мировым трендом внедрения интерактивных и телекоммуникационных технологий в научных исследованиях и учитывая острую потребность отечественной науки в новейших приборах, проблема модернизации нестандартных приборов является чрезвычайно актуальной. Однако каждый разработчик сталкивается с проблемой разработки новых и модификации существующих научных приборов и устройств обусловленной, как минимум тремя факторами.

1. Каждая установка компьютеризируется штучно. Это приводит к тому, что на выходе получается достаточно жесткая система, которая практически не расширяется и не модифицируется. Процесс разработки проходит длительное время и требует больших капитальных вложений. А благодаря тому, что среди исполнителей работ не задекларировано единого подхода, то каждый специалист по электронике решает задачу по своему усмотрению.

2. Программное обеспечение, которое разрабатывается штучно под каждую задачу, жестко привязано как к аппаратной части установки, так и к самому программисту. Привязанность к программисту порождает ряд трудностей при эксплуатации установки: во-первых, компьютеризированная установка требует постоянного выделенного программиста, которым разрабатывает программный код и дальнейшая модификация его другими специалистами достаточно проблематична, во-вторых, среди программистов не задекларированы единого подхода к решению таких задач.

3. Обычно работы по модификации устаревшего оборудования выполняются специалистами с большим стажем, но уже устоявшимся багажом знаний и навыков. Это приводит к тому, что используются устаревшие интерфейсные решения, требующие разработки искусственных драйверов и не направлены на коллективное использование.

Системы, решающие подобные задачи, но с минимизацией перечисленных выше проблем, разрабатываются достаточно давно и очень известными фирмами [1]. Но если рассматривать, например, различные системы автоматизации фирмы Siemens, то станет понятно, что они направлены более на энергетику и автоматизацию производственных линий.

Система сбора RealLab [2] данных построена по модульному принципу. Модули соединяются между собой с помощью промышленного интерфейса RS-485. Представляют собой микроконтроллер с аналоговым коммутатором на 16 входов, усилителем, АЦП, ЦАП, 3-цифровых выходов. В зависимости от серии могут иметь те или иные системы защиты. Программное обеспечение как и протоколы и описания регистров являются открытыми. К недостаткам RealLab можно отнести использование низкоскоростного интерфейса связи, что в свою очередь приводит к малой скорости обработки сигнала, а так же имеется малый функциональный «ассортимент» модулей.

Система L-Card [3] состоит из разнообразных по функционалу модулей и крейтов. С помощью конфигуратора позволяет из модулей в крейте создавать блоки обработки сигналов. Взаимодействие с ПК осуществляется посредством USB и FastEthernet. Недостатки системы; параллельная шина между модулями — малое расстояние между ними, необходимость применения специальных кабелей для соединения, платное ПО, невозможность модификации ПО. ПО — коммерческое, что существенно сужает применимость системы.

Система сбора данных AFStm [4] предназначена для автоматизации учебных демонстрационных экспериментов. Система позволяет подключать все датчики к ПК и производить сбор и передачу экспериментальных данных. Дальнейшая обработка данных выполняется с помощью программного обеспечения, разработанного

на базе передовой среды графического программирования LabVIEW™. Ориентирована на проведение школьного эксперимента. Недостатки: подключение по USB — малое расстояние от ПК до экспериментальной установки, ПО разработанное на платной основе, малая точность измерения сигналов и функциональность.

### Формулировка задачи

В рамках нашего научного исследования разрабатываются специализированные современные компьютерные универсальные средства автоматизации и компьютеризации нестандартного оборудования для проведения научных экспериментов. Речь идет о гибкой компьютерной измерительной системе (далее КИС) для автоматизации и компьютеризации уникальных научных установок, в основу которой положен программно-аппаратный комплекс для регистрации и обработки физических величин (далее ПАК). Наличие КИС позволит с минимальными затратами времени и денег модернизировать существующее оборудование до современного уровня.

### Основная часть

В основу ПАК положен, прежде всего, принцип модульности. Модульный подход позволит быстро адаптировать ПАК под существующее оборудование и разработать новые компьютеризированные научные установки, а применение принятых стандартов передачи данных позволит

построить интерактивные приборы и установки с удаленным доступом к ним пользователей.

Нами предлагается трехуровневая система, архитектуру которой представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка, нижний периферийный уровень отвечает за взаимодействие системы непосредственно с физическим оборудованием. На этом уровне располагаются датчики физических величин, как штучные, так и промышленных стандартов, через которые система получает поток данных. А также, наравне с датчиками на этом уровне имеем устройства обратной связи, посредством которых осуществляется обратная связь для управления и контроля. Будем называть их всех периферийными модулями (ПМ).

Второй уровень — логический. Здесь расположены модули низкоуровневой (НУЛМ) и высокоуровневой (ВУЛМ) логики. НУЛМ и ВУЛМ устройства обладают заранее запрограммированной логикой и занимаются сбором и обработкой данных с ПМ, а также дальнейшей пересылкой данных на более высокий иерархический управленческий уровень. Для этого НУЛМ и ВУЛМ имеют Ethernet контроллер для организации распределенной сети обмена данными между собой и управляющими модулями (УМ).

Третий и самый верхний — логический уровень, на котором расположены персональные компьютеры пользователей и УМ. В роли УМ может выступать любой компьютер хорошо защищенный от сбоев, но с появлением компактных компьютерных устройств имеет смысл обратить на них большее внимание. Например, всем известный



Рис. 1. Трехуровневая архитектура КИС



Рис. 2. Схема периферийного модуля

Raspberry Pi [5] имеет достаточную производительность и необходимые интерфейсы связи для управления сетью ВУЛМ и НУЛМ.

Как показано на рисунке 2, ПФ имеет блок питания, АЦП, аналоговые и/или цифровые входы-выходы и контроллер скоростной шины.

НУЛМ (см. рисунок 3) представляют собой контроллерные устройства с внешними аналоговыми или цифровыми каналами для АЦП и ЦАП. С другой стороны, они имеют Ethernet контроллер для коммутации с модулями управления. НУЛМ обладают элементарной логикой для обработки данных, поступающих с периферии. Например, если НУЛМ имеет на периферии аналоговые входы для измерения силы тока и напряжения, то он может согласно своей логике обрабатывать поток данных и пересчитывать в значение потребляемой мощности. Мгновенное значение этой потребляемой мощности он может отправить по запросу от другого модуля, а может усреднять её значение за длительный промежуток времени и накапливать небольшой стек значений, после чего отсылать данные на накопитель. Таким образом, НУЛМ может взять на себя достаточную большую нагрузку по получению и первичной обработке экспериментальных данных.

ВУЛМ хоть и находится с НУЛМ на одном уровне иерархии, тем не менее является более сложной системой (см. рисунок 4). ВУЛМ объединяет несколько ПМ (количество зависит от шины данных) в единую сеть на скоростной шине типа CAN или RS-485. ВУЛМ обладает запрограммированной логикой по работе со всеми ПМ, собирает и обрабатывает данные и затем через Ethernet контроллер обменивается сообщениями с УМ. Фактически он инкапсулирует логику работы всех подключенных к нему ПМ, а устройства управления «видят»

их как одно целое устройство.

Использование программируемой логики позволяет ускорить процесс обработки данных, создавать устройства с обратной связью и малым временем реагирования, уменьшить нагрузку на интерфейс связи и распараллелить обработку данных. Программируемая внутренняя логика представляет собой интерпретатор байт-кода расширенного библиотекой скомпилированных функций, для ускорения обработки данных. Каждый ВУЛМ и НУЛМ имеет индивидуальную библиотеку скомпилированных функций, которая может быть получена по запросу с УМ или ПК для возможности написания управляющей программы. Данный подход не требует дополнительной документации для описания возможностей устройств, устраняет ошибку вызова отсутствующей функции.

Применение открытого протокола передачи данных позволит сторонним специалистам без проблем разрабатывать свои программные и аппаратные модули (с программируемой логикой) и создавать клиентский софт под разные платформы. Опираясь на проверенные технологии обмена данными (Ethernet, WiFi и т.д.), возможность доступа многих пользователей к ресурсам установки и обработка данных real-time.

Также ПАК может быть полезным для применения более дорогостоящего оборудования с возможностью коллективного использования, где получение информации, а также управления экспериментом, может быть осуществлено через Интернет, что позволяет создавать центры коллективного пользования.

### Выводы и перспективы дальнейших исследований

На основе проделанной работы можно сформулировать следующие выводы:

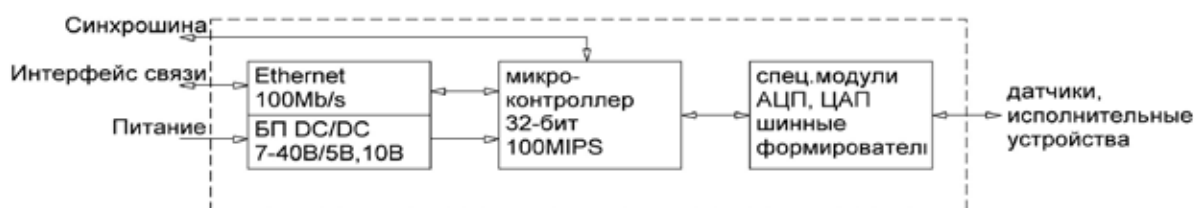


Рис. 3. Блок-схема низкоуровневого логического модуля



Рис. 4. Блок-схема высокоуровневого логического модуля

1. Предложенная трехуровневая архитектура универсальной измерительной системы позволяет быстро решать проблемы компьютеризации нестандартного научного оборудования.

2. Основываясь на проверенные технологии обмена данными (протоколы Ethernet и WiFi, шины CAN и 485) между модулями КИС разработан протокол передачи сообщений, логики работы модулей, получения и хранения данных.

3. Разработанный механизм конструирования логики высокоуровневых модулей позволяет распределить нагрузку по обработке данных и принятию решений по системе.

Дальнейшие исследования будут посвящены разработке составных компонентов КИС, таких как: широкого спектра НУ и ВУ модулей, разработке интерфейсов конструктора логики, обработки и визуализации данных, подсистем управления и обратной связи.

#### Литература:

1. Система автоматизации компрессоров Siemens [Электронный ресурс]/Siemens — Режим доступа: URL: <http://www.energy.siemens.com/ru/ru/compression-expansion/compressor-automation.htm> — 01.03.2014 — Заголовок с экрана.
2. Распределенная система сбора данных и управления серии NL и NL-Ex [Электронный ресурс]/RealLab — Режим доступа: URL: <http://www.reallab.ru/> — 01.03.2014 — Заголовок с экрана.
3. Индустриальные системы сбора и обработки данных [Электронный ресурс]/L-Card — Режим доступа: URL: <http://www.lcard.ru/products/ltr> — 01.03.2014 — Заголовок с экрана.
4. Система сбора данных AFS™ [Электронный ресурс]/Ros-group — Режим доступа: URL: <http://www.ros-group.ru/products/product/2918/3566>—01.03.2014 — Заголовок с экрана.
5. RaspberryPI [Электронный ресурс]/RaspberryPI — Режим доступа: URL: <http://www.raspberrypi.org/> — 01.03.2014 — Заголовок с экрана.



## 4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### Одночастотные сети в цифровом стандарте DVB-T2

Аверченко Артем Павлович, аспирант;

Женатов Бекин Десимбаевич, кандидат технических наук, начальник НИЧ;

Бессонов Виктор Андреевич, младший научный сотрудник

Омский государственный технический университет

Россия, переходит к цифровому телевизионному вещанию. Изначально была признана целесообразность внедрения в Российской Федерации европейской системы цифрового телевизионного вещания DVB (Digital Video Broadcasting). В 2011 года вышла новая версия стандарта DVB-T2 ETSI EN 302755 — второе поколение европейского стандарта эфирного цифрового вещания DVB-T. 7 июля 2011 г. в Москве на заседании Правительственной комиссии по телерадиовещанию была признана Перспективность внедрения DVB-T2 в России.

Стандарт DVB-T2 способен транслировать самые разные по природе и структуре информационные потоки. Общая схема обработки сигналов в системе DVB-T2 представлена на рисунке 1.

В DVB-T2 для организации одночастотных сетей (Single Frequency Network — SFN) введен новый режим MISO (multiple input single output — много входов — один выход), который позволяет достичь до 60% выигрыша в полосе пропускания. При эксплуатации одночастотных сетей даже при сложении синхронизированных сигналов, результирующий спектр COFDM подвержен искажениям (в форме «провалов» огибающей несущих COFDM). Как результат, для компенсации этих искажений, то есть для поддержания требуемого отношения сигнал/шум, необходима более высокая мощность пе-

редатчиков. Режим MISO позволяет избежать этих недостатков. Передатчики в одночастотной сети в режиме MISO излучают в точности один и тот же сигнал. Благодаря этому при сложении сигналов с разных передатчиков отсутствуют значительные «провалы» огибающей, и к тому же, не требуется увеличение мощности передатчиков. [1, с. 110]

В данном случае используется несколько передатчиков, покрывающие смежные области, работающие на одной частоте и передающие одинаковые программы. При этом используется всего один канал без взаимного влияния передатчиков друг на друга, что в свою очередь приводит к значительной экономии частотного ресурса. SFN — сеть при использовании аналогового вещания реализовать фактически невозможно. Уменьшить интерференцию в аналоговых системах можно используя технологию смещения несущей частоты, однако даже это не избавляет от появления областей существенного влияния соседних каналов, в которых качество сигнала значительно ухудшается даже в случае чрезвычайно хорошо запланированных зон покрытия и применения направленных антенных систем.

При построении цифровой SFN особые требования предъявляются к точности/стабильности частоты. В сетях SFN все передатчики должны быть синхронизи-

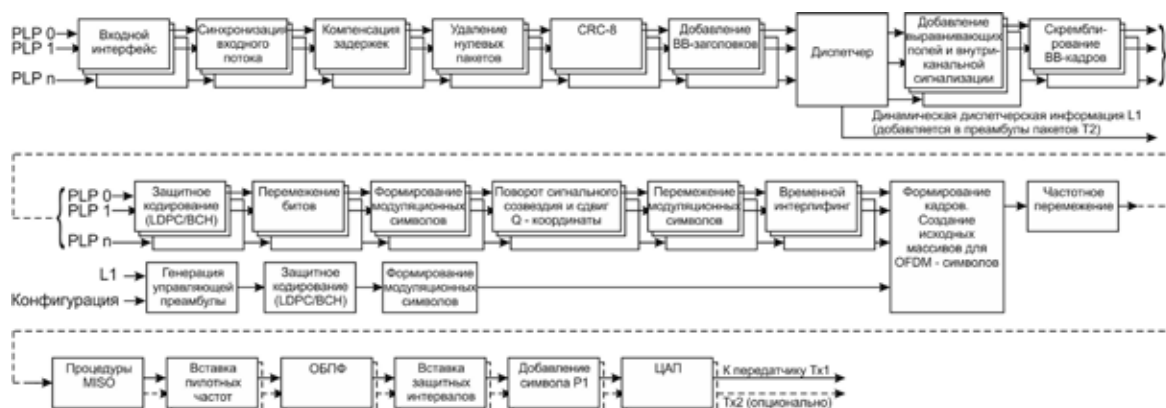


Рис. 1. Схема передающей стороны в системе DVB-T2

рованы на одной частоте, что обычно обеспечивается сигналом спутниковой навигационной системы GPS. Сигнал, излучаемый спутниками GPS, может быть получен почти всюду в мире и содержит очень точную информацию времени. Точность/стабильность частоты при этом будет иметь величину порядка  $\pm 0,5$  Гц.

Каждый передатчик SFN должен передать тот же самый транспортный поток (TS — цифровой поток данных, содержащий программы) и излучать его синхронно с другими передатчиками. Внутри транспортного потока (при генерации в мультиплексоре) цифровой поток данных разделяют на «мегаструктуры», и в них добавляются данные MIP (пакет инициализации мегаструктуры) для того, чтобы синхронизировать излучение каждого передатчика в сети. Синхронизация достигается благодаря сигналу частотой 1 Гц (1 pps — 1 импульс в секунду), принимаемого приемниками GPS. Что позволяет сигналы всех передатчиков излучать синхронно на одной частоте и иметь одинаковые биты данных.

Для одночастотной сети вещания главным достоинством цифровой модуляции COFDM является успешная борьба с эхосигналами, которые могут возникать из-за отражений от окружающих предметов или при работе нескольких передатчиков на одном и том же радиочастотном канале.

С целью уменьшения взаимного влияния передатчиков в одночастотных сетях вводят защитный интервал. Стандартом DVB-T2 предусмотрено семь возможных вариантов значений защитных интервалов, равных 1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128 длительности активной части символа. Соответствующие абсолютные значения приведены в таблице 46 [1, с. 84] для различных режимов 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k. Выбор величины защитного интервала определяется территориальным разном передатчиков в одночастотной сети. Помехоустойчивое кодирование и защитные интервалы снижают информационную скорость передачи, и это следует учитывать при выборе параметров системы.

В DVB-T2 в три раза увеличилось число поднесущих, по сравнению с DVB-T, что позволяет продлить защитный интервал до 532 мкс (вместо 224 мкс, в DVB-T). А как следствие происходит увеличение и максимального расстояния между соседними передатчиками в одночастотной сети, которое приблизительно равняется 160 км против 67 в первом стандарте. Также отсутствуют за-

держки в распространении сигнала в сети передатчиков из-за привязки к сигналу в 1 PPS. Вся система может синхронизироваться по глобальному времени (GMT), и задержка может быть больше.

Дополнительная стадия обработки, известная как обработка MISO, позволяет начальным коэффициентам в частотной области быть обработанными модифицированным кодированием Alamouti, которое делит сигнал T2 между двумя группами передатчиков на одной частоте таким образом, что эти две группы не интерферируют друг с другом. Все символы сигнала DVB-T2 могут быть подвергнуты MISO обработке на уровне ячеек. Измененное кодирование Alamouti используется для того, чтобы произвести два набора ячеек данных, за исключением того, что кодирование не поддерживает символ преамбулы P1 и для сигнала произведена соответствующая обработка пилотов. Этот алгоритм обработки сигнала значительно улучшает перекрытие диапазона частот в одночастотных сетях небольшого размера.

В системе DVB-T2 усложнена система перемежения, в неё вводится перемежение по времени, что позволяет увеличить устойчивость сигнала к импульсным помехам, которые характерны для городской местности. Информация перемежается не только внутри одного символа модуляции, но и внутри одного суперкадра. Такая схема перемежения также улучшает работу устройств в одночастотной сети.

В стандарте DVB-T2 появились два режима работы: System A и System B. System A не предусматривает работу сети в SFN-режиме. System B — более сложный режим работы DVB-T2 передатчика, реализация которого требует использования более сложных технологий и устройств (multi-PLP потоков, T2-Gateway). Именно этот режим и предусматривает создание SFN-сетей. При этом для организации SFN-сетей не требуется такое специализированное устройство, как SFN-адаптер, необходимый для построения SVN-сетей на базе модуляторов первого поколения. Его функции включает в себя DVB-T2 Gateway — устройство, на вход которого подаётся MPEG TS, а на выходном интерфейсе T2 Modulator Interface (T2-MI) формируется выходной multi-PLP поток. T2-MI — это интерфейс, предназначенный для передачи информации от T2 Gateway к модуляторам, представлен на рисунке 2.

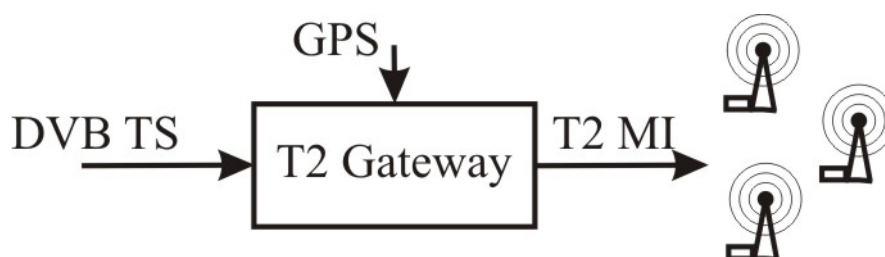


Рис. 2

T2-MI специально разработанный интерфейс для того, чтобы модулятор мог работать с технологией multi-PLP. T2-MI-пакеты содержат в себе транспортные потоки и всю необходимую информацию для синхронной работы модуляторов. В определённых местах T2-MI-пакетов содержится вся необходимая информация для передатчиков по режимам работы передатчиков и их параметрам. Параметры работы передатчиков могут быть указаны для каждого передатчика в отдельности. Генерация потока T2-MI происходит следующим образом: каждый раз, когда расположение ВВ-кадра (BaseBand Frame) определено, он может быть вставлен в T2-MI-пакет с соответствующей информацией в заголовке и немедленно отправлен через T2-MI-интерфейс. ВВ-кадр — это основная единица

в логической кадровой структуре DVB-T2. В ВВ-кадре может содержаться любое наполнение и/или внутренняя сигнализация.

При создании одночастотной сети на базе DVB-T2 максимально допустимое расстояние между соседними передатчиками возросло с 67 до 160 км. Все передатчики должны быть синхронизированы приемниками GPS. Требования к стабильности частоты сигнала передатчиков:  $\pm 0,5$  Гц. Благодаря системе MISO улучшаются условия приёма в зонах с одинаковыми расстояниями до соседних передатчиков, что обуславливает возникновение селективных по частоте замираний. Таким образом, используя вышеперечисленные особенности, можно создавать более эффективные одночастотные-сети и использовать их более гибко.

#### Литература:

1. ETSI EN 302755 V1.2.1 (2011–02) Цифровые системы (DVB-T2) для телевидения радиовещания и передачи данных.
2. W. Zirwas «Single Frequency Network Concepts for cellular OFDM Radio Systems»
3. DVB Fact Sheet — DVB-T2—2nd Generation Terrestrial Broadcasting, April 2009

## Влияние работы бытовых электроприборов на качество электроэнергии

Ашуев Роман Михайлович, магистрант

Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

В связи с ростом цен на электроэнергию в настоящее время большое внимание уделяется электроснабжению коммунально-бытовых электроприемников. Особенностью электроснабжения этих потребителей является увеличение количества и потребляемой мощности ранее не применявшихся электрических приемников, таких как: ванны джакузи, бассейны с подогревом воды, нагревательные и охлаждающие устройства и т.д. Поэтому актуальным является рассмотрение влияния работы бытовых электроприборов на качество электроэнергии.

Взаимодействие между электрическими приборами, аппаратами, электрооборудованием и электромагнитной средой и взаимодействие этих технических средств характеризуется *электромагнитной совместимостью* (ЭМС) [1]. Под ЭМС понимают способность электротехнических средств или их элементов нормально функционировать в данной *электромагнитной среде*, не внося недопустимых электромагнитных помех в эту среду и не испытывая таковых с ее стороны. Если ЭМС не обеспечена, то отдельные элементы электротехнических средств или приборов не обладают заданной *помехоустойчивостью* к внутренним (между элементами) и внешним (по отношению к прибору) помехам. При этом создаются условия для:

— функциональных нарушений, связанных с отказами, сокращениями срока службы и выходом из строя оборудо-

вания, ложными срабатываниями защиты и т. п.;

— повреждений средств защиты и безопасности людей;

— ухудшения качества электроэнергии;

— ухудшения электромагнитной обстановки в окружающем пространстве;

— поражения обслуживающего персонала.

Наиболее массовым явлением является изменение амплитуды напряжения, происходящего в электросетях пользователей, включая оборудование и электропроводку внутри здания. Внутренние перенапряжения в электрических сетях возникают в результате коммутаций, как нормальных (включение и отключение линии), так и послеаварийных. Неисправности в системе питания могут быть вызваны причинами: ударами молнии, действием ветра, вмешательством животных или птиц, вмешательством человека (дорожно-транспортные происшествия, повреждение кабельных линий при рытье траншей), отказом электрооборудования.

Перенапряжения могут быть связаны с повреждением, например, в результате отсоединения общего нулевого провода в сетях 380/220 В с глухозаземленной нейтралью питающего трансформатора. При этом соседние фазы оказываются под напряжением, значительно превосходящим  $U_{фном} = 220$  В. При нарушении нулевого провода возникает несимметричная трехфазная система электри-

Таблица 1

Распределение бытовых электроприемников различных групп, питаемых от трансформаторной подстанции

Группа ЭП	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Доля в нагрузке, %	25	16	20	5	8	5	5	8	8

ческих нагрузок относительно источника питания, сопротивления которой зависят от величины однофазной нагрузки квартир.

Причинами пониженного напряжения может быть одновременное подключение нескольких мощных электроприборов в холодные зимние или жаркие летние месяцы.

Анализ показал, что степень влияния изменений амплитуды напряжения на различные показатели существенно отличается и зависит от вида электроприемников [2]. Бытовые электрические приемники по их назначению и влиянию на электрические сети и окружающее пространство можно разделить на следующие группы:

1. Пассивные потребители активной мощности (лампы накаливания, нагревательные элементы утюгов, плит, обогревателей);

2. Электроприемники с трехфазными асинхронными двигателями (приводы станков и механизмов — в гараже и мастерских, лифтов — в многоэтажных домах, насосов — в системе водоснабжения и отопления);

3. Электроприемники с однофазными асинхронными двигателями (приводы компрессоров холодильников, стиральных машин, кухонного комбайна, вентиляторов, кондиционеров);

4. Электроприемники с коллекторными двигателями (приводы пылесосов, электродрелей, электромиксеров, электробритв);

5. Сварочные аппараты переменного и постоянного тока для ремонтных работ в гараже, мастерских;

6. Выпрямительные устройства для зарядки аккумуляторов в гаражах и аккумуляторов радиоэлектронной аппаратуры;

7. Радиоэлектронная аппаратура (радиоприемники, телевизоры, телефонно-телеграфная связь, компьютерная техника);

8. Высокочастотные установки (печи СВЧ, жарочные шкафы);

9. Лампы разрядные.

Электроприемники этих групп могут находиться в одном коттедже (квартире), многоквартирном жилом доме и тем более в одном жилом квартале, питаемом от одной трансформаторной подстанции, нагрузкой которой являются аналогичные электроприборы магазинов, вычислительных центров, производственных объектов малых предприятий, расположенных в многоквартирных домах или рядом с ними. Воздействие каждого отдельного бытового электроприбора на работу электросети незначительно. Однако в совокупности электроприемники, подключенные к трансформаторной подстанции, оказывают на работу электрической сети существенное влияние.

В табл. приведено распределение бытовых электроприемников различных групп, подключаемых к трансформаторной подстанции (в процентах от общей нагрузки), полученное на основе анализа нагрузки городских трансформаторных подстанций.

Анализ показал, что группы электроприемников 2, 3, 4 (электроприемники с различными электродвигателями) характеризуются активно-индуктивной нагрузкой с частыми пусками, реверсами и отключениями, что является причиной загрузки сети реактивной мощностью и появлением колебаний напряжения, все это влияет на качество электроэнергии потребителей, особенно на работу осветительных и радиоэлектронных приборов. При работе бытовые электроприборы отрицательно воздействуют на электрическую сеть, окружающее пространство и другие электроприборы — загружают сеть реактивной мощностью, создают различные изменения напряжения, отличающиеся от номинального напряжения и пр. Следовательно, работа большинства бытовых электроприборов влияет на качество электроэнергии сети. Поэтому они должны иметь электромагнитную совместимость со смежными электрическими приемниками, включаемыми в общую электрическую сеть.

#### Литература:

1. ГОСТ 13109—97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]: [межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 21 ноября 1997 г. (протокол № 12—97): введен с 1 янв. 1999 г.]. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 2000. — 42 с.
2. Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений/Т. В. Анчарова. — М.: Форум, 2012. — 504 с.

## Выбор емкости конденсатора звена постоянного тока двухзвенного преобразователя частоты с инвертором напряжения

Гельвер Фёдор Андреевич, кандидат технических наук, доцент;

Белоусова Надежда Владиславовна, кандидат технических наук, доцент;

Самосейко Вениамин Францевич, доктор технических наук, профессор;

Саушев Александр Васильевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова (г. Санкт-Петербург)

*В статье рассмотрены вопросы выбора емкости накопительного конденсатора звена постоянного тока двухзвенного электрического преобразователя частоты с инвертором напряжения. Предложена методика выбора накопительного конденсатора, исходя из допустимого уровня пульсации и перенапряжения в звене постоянного тока.*

**Ключевые слова:** двухзвенный преобразователь частоты, накопительный конденсатор, инвертор напряжения, пульсации напряжения, перенапряжение, ключевой режим работы, алгоритм работы, коммутация.

Неотъемлемой частью двухзвенного электрического преобразователя с инвертором напряжения является звено постоянного тока, состоящее, в общем случае, из накопительного конденсатора — фильтра, который задает режимы работы инвертора — инвертора напряжения и блока торможения, осуществляющего гашение энергии торможения и предотвращающего повышение напряжения в звене постоянного тока выше допустимого значения.

В общем случае двухзвенный электрический преобразователь частоты (рис. 1) состоит из выпрямителя, фильтра — промежуточного накопителя энергии, блока гашения энергии и инвертора. Каждый из этих составных элементов, в свою очередь, может быть реализован с использованием различных элементов силовой электроники и отличаться схемотехнически. Инвертор напряжения преобразователя частоты, как правило, реализуют либо на транзисторах, либо на полностью управляемых тиристорах, работающих в ключевом режиме [1, с. 8]. Для устранения перенапряжений на элементах схемы при коммутации силовых ключей их шунтируют антипараллельными диодами, обеспечивающими путь для протекания тока на интервалах времени, на которых знаки выходного тока и мгновенно формируемого напряжения противоположны.

Основным назначением конденсатора, установленного в звене постоянного тока, является устранение перенапряжений, вызванных коммутацией силовых ключей инвертора и сглаживание пульсаций напряжения, вызванных работой выпрямителя. Следует отметить, что напряжение в звене постоянного тока под нагрузкой преобразователя имеет форму периодически изменяющегося однополярного сигнала, модулированного в общем случае низкочастотной и высокочастотной составляющими. Число пульсаций напряжения в звене постоянного тока электрического преобразователя на периоде сетевого напряжения  $m = n \cdot k$ , где  $n$  — число фаз питающего выпрямитель напряжения;  $k=1$  — для однополупериодного, а  $k=2$  — для двухполупериодного выпрямителя.

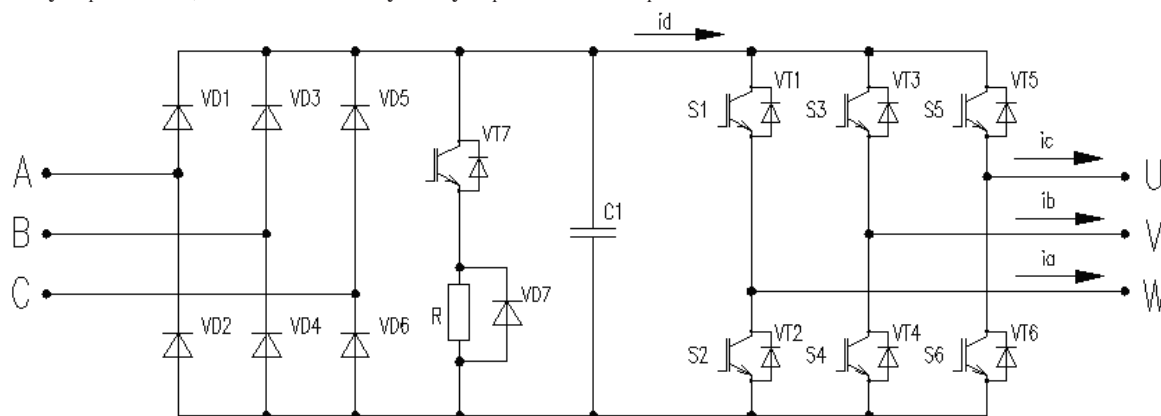


Рис. 1. Схема силовой части двухзвенного преобразователя частоты с инвертором напряжения

Таким образом, частота низкочастотной составляющей напряжения определяется типом выпрямителя согласно выражению  $f_n = m \cdot f_c$ , где  $f_c$  — частота напряжения питающей сети.

Частота высокочастотной составляющей напряжения определяется частотой коммутации и алгоритмом работы силовых ключей инвертора. Уровень пульсации напряжения в звене постоянного тока определяется типом выпрямителя,



частотой коммутации и алгоритмом работы силовых ключей инвертора, характером нагрузки электрического преобразователя и величиной емкости самого конденсатора, установленного в звене постоянного тока.

На основании выше изложенного, можно заключить, что конденсатор, установленный в звене постоянного тока, необходим для снижения:

- перенапряжений, вызванных коммутацией силовых ключей инвертора при работе на активно-индуктивную или индуктивную нагрузку, которые могут привести к отказу силовых модулей из-за превышения допустимого уровня напряжения (пробой по напряжению);
- низкочастотных пульсаций напряжения, что повышает качество формируемого напряжения на выходе инвертора, так как при синтезе алгоритма управления силовыми ключами, как правило, не учитывают пульсации напряжения в звене постоянного тока.

Ниже приводится методика расчета накопительного конденсатора, установленного в звене постоянного тока.

#### **Расчет емкости конденсатора для уменьшения низкочастотной составляющей пульсации напряжения в звене постоянного тока**

Рассмотрим работу выпрямителя с емкостным фильтром при работе на нагрузку. Если величина емкости конденсатора звена постоянного тока равна нулю, то напряжение этого звена будет меняться от некоторого минимального значения (определяемого типом выпрямителя) до амплитуды сетевого напряжения [3, с. 145]. Если положить, что выпрямитель питается от сети бесконечной мощности, то величина напряжения определится выражением

$$e_d = u_d = U_{\max} \cdot \cos\left(\lambda \cdot \frac{\omega \cdot t}{\lambda} - \frac{\lambda}{2}\right) \cdot (\text{sign}(U_{\max} \cdot \cos\left(\lambda \cdot \frac{\omega \cdot t}{\lambda} - \frac{\lambda}{2}\right)) + 1)/2,$$

где  $U_{\max} = \sqrt{2} \times U_{\phi}$  и  $U_{\max} = \sqrt{6} \times U_{\phi}$  — для одно и двухполупериодных выпрямителей соответственно;  $U_{\phi}$  — действующее значение фазного напряжения сети;  $\lambda = 2\pi/m$  — угол повторяемости процессов в звене постоянного тока;  $\text{frac}$  — дробная часть числа;  $\text{sign}$  — знаковая функция;  $\omega$  — угловая частота сети.

При установке конденсатора в звено постоянного тока пульсации напряжения будут тем меньше, чем больше емкость конденсатора. На интервалах времени, когда напряжение на конденсаторе выше уровня выпрямленного напряжения, диоды выпрямителя оказываются запертыми обратным приложенным напряжением конденсатора и идет процесс разряда конденсатора на нагрузку. Временные диаграммы выпрямленных ЭДС и тока представлены на рис. 2. Если положить, что преобразователь питается от сети бесконечной мощности, а ток потребляемый инвертором постоянный, то напряжение на конденсаторе будет уменьшаться по линейному закону согласно выражению:

$$u_c = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t (-I_H) dt + U_{\max} = U_{\max} - \frac{I_H}{C} \cdot t.$$

На интервалах времени, когда выпрямленное напряжение сети оказывается равным напряжению на конденсаторе ( $u_c = e_d$ ), имеет место процесс заряда емкости конденсатора от ЭДС выпрямителя и его работа на нагрузку. Угол заряда конденсатора  $\lambda_2$  определится как решение уравнения

$$U_{\max} - \frac{I_H}{\omega \cdot C} \cdot (\lambda + \lambda_2) = U_{\max} \cdot \cos(\lambda_2).$$

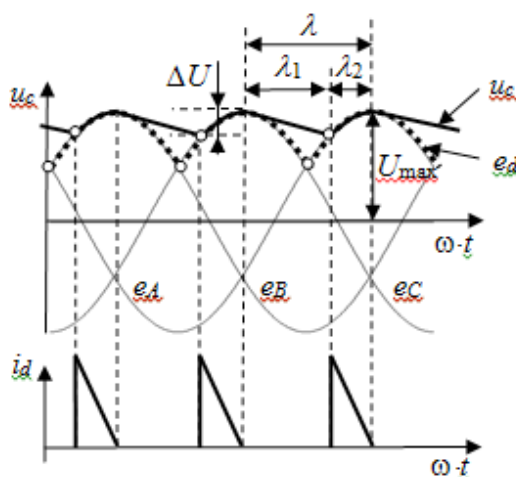


Рис. 2. Временные диаграммы выпрямленных ЭДС и тока

Приближенное решение данного уравнения определяет значение угла

$$\lambda_2 = b \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot \lambda}{b}} \right), \text{ где } b = \frac{I_n}{\omega \cdot C \cdot U_{\max}}.$$

Пульсации напряжения в звене постоянного тока

$$\Delta U = U_{\max} \cdot (1 - \cos(\lambda_2)) \approx U_{\max} \cdot \lambda_2^2 / 2.$$

Максимальная величина пульсаций напряжения будет при отсутствии конденсатора ( $\lambda_2 = \lambda$ ):

$$\Delta U_{\max} = U_{\max} \cdot (1 - \cos(\lambda))^{k-1}$$

Если задать  $\Delta U < \Delta U_{\max}$ , то из выражения для пульсаций напряжения можно найти требуемую емкость конденсатора

$$C = \frac{\lambda \cdot I_n}{\omega \cdot \Delta U} \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta U}{\lambda \cdot U_{\max}}} \right).$$

Приведенная методика расчета емкости конденсатора для уменьшения низкочастотных пульсаций напряжения в звене постоянного тока позволяет, задавшись уровнем пульсаций напряжения и током нагрузки, определить величину требуемой емкости. Практически, при применении данной методики для мощных электрических преобразователей, величина емкости накопительного конденсатора получается весьма большой, что отражается на массогабаритных характеристиках всего электрического преобразователя. Качество напряжения звена постоянного тока отражается на качестве формируемого выходного напряжения и как следствие тока нагрузки. Поэтому для мощных электрических преобразователей с целью повышения качества напряжения применяют 12-, 18-, 24- — импульсные схемы выпрямления питающего напряжения.

#### **Расчет емкости конденсатора для уменьшения высокочастотных перенапряжений в звене постоянного тока**

Анализируя работу ключей инвертора на активно-индуктивную нагрузку можно сделать вывод, что перенапряжения в звене постоянного тока вызваны процессом заряда емкости конденсатора со стороны нагрузки в те моменты времени, когда ток, протекающий по нагрузке, протекает через оба обратных диода инвертора. Время, в течение которого ток протекает через оба обратных диода зависит от алгоритма работы ключей инвертора. Задавшись этим алгоритмом и зная величину выходного тока и характер нагрузки инвертора, можно определить величину коммутационных перенапряжений в функции емкости накопительного конденсатора звена постоянного тока. Это можно сделать согласно второму закону коммутации [3, с. 30], представив его разностными уравнениями  $\Delta U_c = I_n \cdot \Delta t / C$ , или, выразив величину емкости накопительного конденсатора для обеспечения допустимого выброса напряжения в звене постоянного тока  $C = I_n \cdot \Delta t / \Delta U_c$ , где  $I_n$  — ток нагрузки, протекающий в момент времени, когда работают два диода,  $\Delta t$  — время, когда ток протекает через обратные диоды,  $C$  — емкость конденсатора,  $\Delta U_c$  — уровень пульсации напряжения на конденсаторе.

Рассмотрим более подробно процессы, происходящие в трехфазном инверторе. На основании рис. 1, ток звена постоянного тока  $id$  можно представить в виде

$$id = ia \cdot (\overline{hiv(ia)} \cdot S1 + \overline{hiv(ia)} \cdot S2) + ib \cdot (\overline{hiv(ib)} \cdot S3 + \overline{hiv(ib)} \cdot S4) + ic \cdot (\overline{hiv(ic)} \cdot S5 + \overline{hiv(ic)} \cdot S6),$$

где  $id, ia, ib, ic$  — токи на соответствующих участках цепи,  $hiv(x)$  — функция Хевисайда,  $S1 \div S6$  — булевы функции управления транзисторами инвертора ( $Si=1$  — если приходит команда на включение  $i$  транзистора и  $Si=0$  — если команда на включение  $i$  транзистора не приходит).

Таким образом, задавшись максимальным значением тока на выходе инвертора, значением коэффициента мощности нагрузки и алгоритмом управления ключами, а также используя приведенную зависимость можно определить мгновенное значение тока звена постоянного тока. При этом, если величина тока положительная, следовательно, нагрузка через транзисторы инвертора потребляет энергию со звена постоянного тока. Если же величина тока отрицательная, то нагрузка через диоды инвертора отдает накопленную энергию в звено постоянного тока в виде изменения направления тока  $id$  и заряда накопительного конденсатора звена постоянного тока.

Приведенная методика позволяет оценить емкость накопительного конденсатора звена постоянного тока двухзвенного преобразователя частоты, с инвертором напряжения, исходя из требуемого уровня пульсации напряжения и импульсных коммутационных перенапряжений в звене постоянного тока при заданных величине выходного тока, характере нагрузки инвертора и алгоритме его управления.

*Литература:*

1. Пронин, М.В., Воронцов А.Г. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи. — СПб.: Электросила, — 2003. — 172 с.
2. Самосейко, В.Ф. Теоретические основы управления электроприводом: Учебное пособие. — СПб.: Элмор, — 2007. — 464 с.
3. Демирчан, П.А., Бутырин П.А. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. — М.: Высшая школа, — 1988. — 335 с.

## Дифференциальная защита преобразовательной установки на герконах

Клецель Марк Яковлевич, доктор технических наук, профессор  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Барукин Александр Сергеевич, магистрант  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Основными защитами трансформатора преобразовательной установки (ТПУ) являются максимальная токовая защита (МТЗ) без выдержки времени от многофазных коротких замыканий (КЗ) в обмотках и на выводах трансформатора, газовая защита (ГЗ) и токовая защита, если нет защиты от перегрузки полупроводникового преобразователя [1, с. 613]. Для защиты от внутренних повреждений силовой схемы преобразователей целесообразно использовать устройства дифференциальной защиты (ДЗ), позволяющие повысить быстродействие и увеличить чувствительность по сравнению с МТЗ. Одна из первых ДЗ преобразовательной установки была предложена еще в [2, с. 107]. Однако устройство в [2] получает информацию от металлоемких трансформаторов тока (ТТ), которые помимо больших погрешностей имеют еще ряд общеизвестных недостатков. Поэтому, как отмечалось в [3, 4, 5], одной из актуальных задач электроэнергетики в настоящее время является построение устройств релейной защиты, не использующих ТТ. Была сделана попытка построить ДЗ преобразовательной установки без ТТ на герконах [6]. Однако это устройство обладает малой чувствительностью, так как при изменении сопротивления трансформатора, вызванного работой автоматического регулятора напряжения при отклонении напряжения сети от номинального, значения токов коротких замыканий, протекающих в фазах, могут уменьшаться, а ток срабатывания защиты остается неизменным. В данной работе предлагается ДЗ преобразовательной установки на герконах, лишенная указанных недостатков.

Предлагаемое устройство (рис. 1) содержит герконы 1–4 с управляющими обмотками и герконы 5–7 без обмоток, блок 20 измерения тока в токопроводе 17, выполненный в виде моста Уистона, в одном из плеч которого находится магниторезистор, установленный в магнитном поле токопровода 17, элемент 18 ВРЕМЯ, блок 19 отстройки от броска тока намагничивания с двумя входами,

один из которых инверсный, регулируемый резистор 8, исполнительный орган 9, блок 10 сигнализации, блок 21 регулирования тока срабатывания защиты. Герконы 1 и 5, 2 и 6, 3 и 7 установлены в магнитном поле токопроводов 11–13 переменного тока фаз А, В, С со стороны высшего напряжения трансформатора 14.

Устройство работает следующим образом. В режиме нагрузки преобразовательной установки магнитный поток  $\Phi_y$ , созданный постоянным током  $I_y$  в управляющей обмотке каждого из герконов, например, первого, и магнитный поток  $\Phi_m$  от токов в токопроводе 11 воздействуют на геркон 1 так, что последний находится в срабатанном состоянии, его контакты разомкнуты, на второй вход блока 19 отстройки от броска тока намагничивания сигнал не поступает, и исполнительный орган 9 не работает.

При КЗ в преобразователе 15, работающем в режиме выпрямителя, ток хотя бы в одном из токопроводов 11–13 увеличивается, а в токопроводе 17 уменьшается, и магнитный поток переменного тока токопровода, воздействующий, например, на геркон 1 в одну из полуволн переменного тока, оказывается большим магнитного потока тока обмотки управления. В результате, контакты геркона 1, отпадая, замыкаются, подавая сигнал на второй вход блока 19 отстройки от броска тока намагничивания. Элемент 18 ВРЕМЯ имеет задержку времени  $t_1 = 0,01$  с и не успевает доработать за время замыкания контактов геркона 5, который срабатывает и отпадает в каждую полуволну переменного тока. При КЗ время, в течение которого контакты геркона 5 замкнуты,  $t_2 < 0,01$  с, поскольку длительность полуволны тока  $t_3 = 0,01$  с. Таким образом, на выходе блока 19 появляется сигнал, и исполнительный орган 9 отключает установку.

При включении трансформатора под напряжение или восстановлении напряжения после отключения внешнего КЗ происходит бросок тока намагничивания. Геркон 1, как и при КЗ, срабатывает и подает сигнал на второй

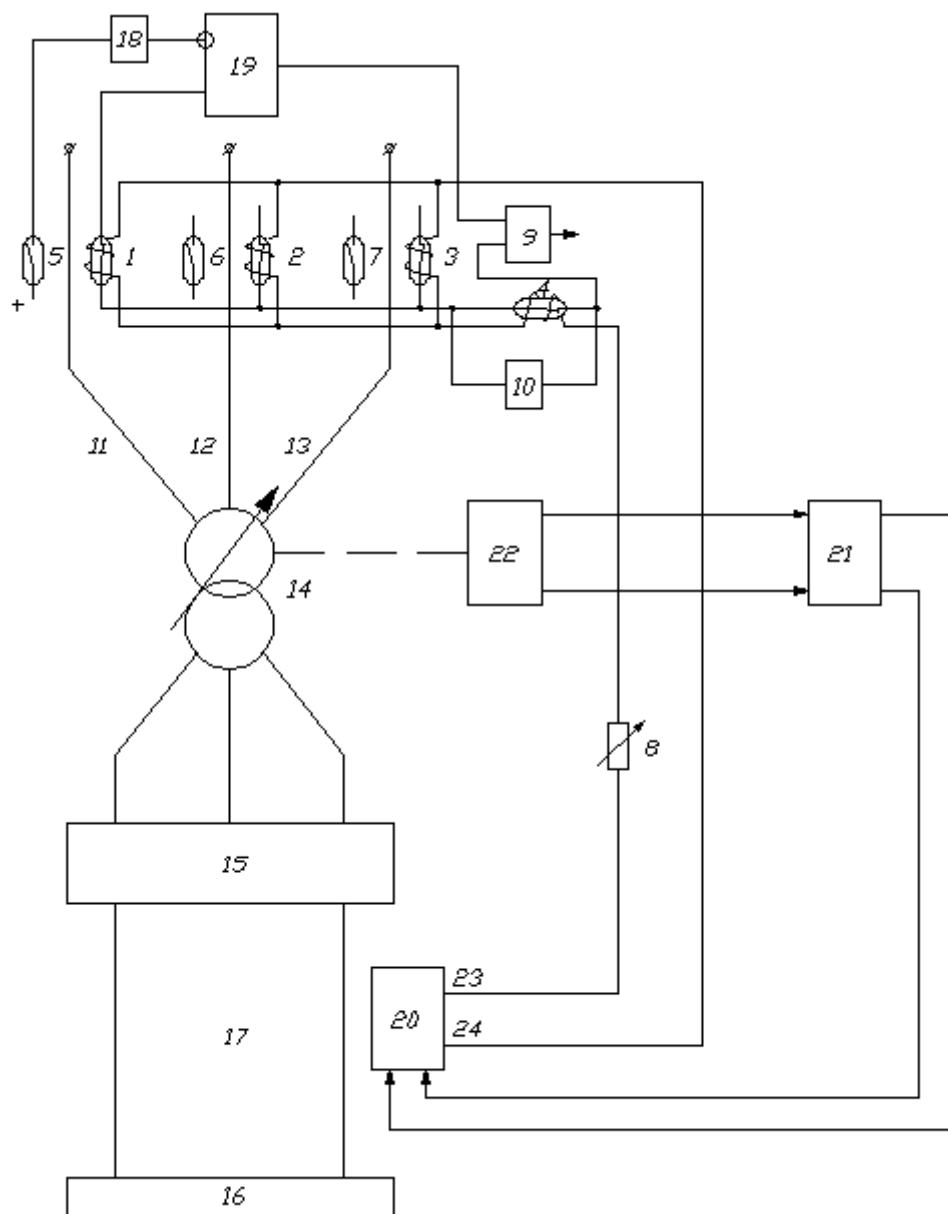


Рис. 1. Устройство дифференциальной защиты преобразовательной установки на герконах

вход блока 19. Так как ток намагничивания через 0,01–0,012 с после того, как он возник, близок к максимальному (он имеет в пределах периода один максимум), элемент 18 ВРЕМЯ подает сигнал на первый инверсный вход блока 19, на выходе которого сигнал снимается, и защита не работает.

При отклонении напряжения сети от номинального значения в работу вступает автоматический регулятор напряжения 22 с выходными реле. Элемент сравнения, входящий в его состав, сравнивает входное напряжение с заданной уставкой, и, в зависимости от знака отклонения от неё, подает регулятору 22 сигнал о необходимости повышения или понижения напряжения. С первого (реле «Прибавить») или со второго (реле «Убавить») выходов регулятора 22 сигнал поступает на вход блока 21 регу-

лирования тока срабатывания защиты. При поступлении сигнала с регулятора 22, с первого или со второго выходов блока 21 регулирования тока срабатывания защиты сигнал поступает на вход блока 20 измерения тока в токопроводе 17, увеличивая или уменьшая (в зависимости от того, какое реле сработало в регуляторе 22) величину напряжения постоянного тока на его выходах 23 и 24, в результате чего изменяется и ток в обмотках герконов 1–3, чем и достигается повышение чувствительности защиты.

Таким образом, защита срабатывает при внутренних КЗ и не работает при бросках тока намагничивания, в режиме нагрузки и при внешних КЗ, а также учитывает работу регулятора 22, оперативно изменяя ток срабатывания защиты.

Экономический эффект заключается в экономии материальных ресурсов, а именно, меди и проката черных металлов, необходимых для производства трансфор-

маторов тока, и в уменьшении средств для проведения ремонтов за счет выявления повреждений на ранней стадии.

#### *Литература:*

1. Андреев, В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов, 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2006. — 639 с.: ил.
2. Глух, Е. М., Зеленов В. Е. Защита полупроводниковых преобразователей, 2-е изд. — М., Энергоиздат, 1982. — 152 с.
3. Дьяков, А. Ф. Электроэнергетика мира в начале XXI столетия (по материалам 39-й сессии СИГРЭ, Париж)/Дьяков А. Ф и др.//Энергетика за рубежом — 2004. — № 4—5.
4. Кожович, Л. А., Бишоп М. Т. Современная релейная защита на базе катушки Роговского. Современные направления развития релейной защиты и автоматике энергосистем. Сборник докладов конференции, CIGRE, Москва, 2009.
5. Клецель, М. Я. Основы построения релейной защиты на герконах. Современные направления развития релейной защиты и автоматике энергосистем. Сборник докладов конференции, CIGRE, Екатеринбург, 2013.
6. А. С. 1246230, СССР. Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки/Клецель М. Я. — Оpubл. в Б. И., 1986, № 27.



## 5. ЭНЕРГЕТИКА

### Возможности рационального использования воды и возобновляемой гидроэнергии с техническими устройствами в промышленной энергетике

Вардияшвили Афтандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой;

Захидов Ромен Абдуллаевич, доктор технических наук, профессор, академик;

Мурадов Исмаил, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Вардияшвили Асфандияр Аскарлович, преподаватель

Каршинский государственный университет (Узбекистан)

*В статье приводятся принципиальные схемы работы активных и реактивных турбин, которые с помощью движущейся воды совершают работу. Показано, что при переходе воды из более широкой части трубы в узкую, скорость потока возрастает, и увеличивается кинетическая энергия.*

Дефицит пресной воды ощущается на территории более 40 стран, расположенных главным образом в аридных, а также засушливых областях и составляет около 60 % всей поверхности земной суши и по расчётам, к началу 21 века достигло  $120-150 \cdot 10^9 \text{ м}^3$  в год [1, 4, 5].

Следует отметить что, углубляющийся процесс урбанизации современной жизни, то есть переход все большей части населения к городскому образу жизни, повлечет за собой дополнительное увеличение потребления воды в связи с улучшением санитарно-гигиенических условий жизни людей. Действительно, если суточная потребность человека воде составляла в древности всего лишь 5 и в средневековые 12 л, то сейчас в городах на коммунально-бытовые нужды расходуется от 400 до 1000 л [5]. Поэтому проблема обеспечения человечества пресной водой приобретает сейчас все общее международное значение.

Подсчитано, что для выращивания и получения одной тонны зерна или сахара требуется не менее 1000, риса — 4000, а хлопка — даже  $6000-8000 \text{ м}^3$  воды. Если принять средний расход воды на гектар  $10000 \text{ м}^3$ , тогда нынешняя потребность только орошаемого земледелия составляет не менее  $1600 \text{ км}^3$  воды в год, или почти 4,3 % мирового речного стока.

Велико потребление воды в промышленности, особенно химической. Так, например, на каждую тонну продукта требуется израсходовать следующее количество воды,  $\text{м}^3$ , угля 2,5, нефти 70, стали 90, бумаги 200, химических удобрений 450, синтетических материалов и пластмасс 700, химических волокон 1500.

Чтобы получить тонну резины, надо израсходовать 2,5 тыс.  $\text{м}^3$  воды, тонну никеля —  $4000 \text{ м}^3$ , капрона —  $5000 \text{ м}^3$ . Если же учесть, что развитие мировой экономики не остановится, а будет продолжаться с еще большим размахом то потребление воды промышленностью будет неуклонно расти [5].

Поэтому, человечеству придется изменить стратегию водопользования. Необходимость заставляет изолировать антропогенный водный цикл от природного. Практически это означает переход на замкнутое водоснабжение, на маловодную или малоотходную, а затем на «сухую» или безотходную технологию, сопровождающуюся резким уменьшением объемов потребления воды и очищенных сточных вод. Запасы пресной воды потенциально велики. Однако в любом районе мира они могут истощиться из-за нерационального водопользования или загрязнения.

Использованию энергии рек в мире и в нашей стране уделяется большое внимание. Построено много мелких и средних гидроэлектростанций, преобразующие энергию воды в электрическую энергию, а также для электрификации населенных пунктов, удаленных от мощных энергетических баз [1, 2, 3].

Жизненный опыт подсказал человеку, что быстротекущая вода обладает большей энергией, чем спокойная, что низвергающиеся с водопадов сотни тонн ревущей воды способны совершить огромную работу.

Известно, что движущаяся вода обладает энергией. Встречая препятствия и производя на них давления, она может совершить работу — привести в движение водяное колесо (рис. 1) или турбину. Поток воды обладает прежде всего кинетической энергией, определяемой по формуле  $\frac{mv^2}{2}$ , где  $m$  — масса некоторого объема воды, а  $v$  — скорость движения потока. Кинетическая энергия определяет величину динамического давления, производимого водой на препятствия. Во-вторых, поток обладает потенциальной энергией, которая складывается из энергии положения и энергии упругости воды (последнее обуславливает статическое давление). Таким образом, полная энергия определяется по формуле (1)

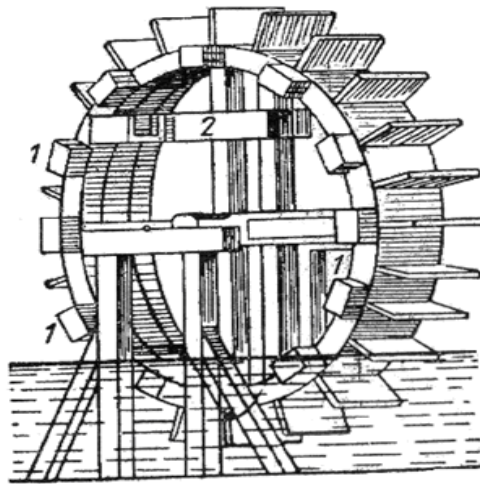


Рис. 1. Схема водяного колеса, использующего скоростную энергию водного потока. Колесо используется для подъема воды посредством укрепленных на нем ковшей-ящиков 1, поднимающих воду в лоток 2

$$\mathcal{E}_{\text{полн}} = \mathcal{E}_k + \mathcal{E}_n + \mathcal{E}_{\text{упр}}. \quad (1)$$

Если вода падает с некоторой высоты  $h_1$  (рис 2) то потенциальная энергия  $mgh_1$  в положении 1 больше, чем в положении 2 ( $mgh_2$ ). При движении воды по горизонтальной трубе разность уровней  $h_1 - h_2 = 0$ , поэтому потенциальная энергия потока будет определяться только энергией упругости, зависящей от производимого на жидкость давления (т. е. от сжатия жидкости).

Пропустим теперь воду через трубу переменного сечения. Известно, что при переходе воды из более широкой части трубы в узкую скорость потока возрастает. С возрастанием же скорости увеличивается кинетическая энергия (динамическое давление). Но, согласно закону сохранения энергии, энергия не может исчезнуть бесследно и не может возникнуть ниоткуда. Следовательно, с увеличением доли кинетической энергии потока уменьшается доля потенциальной энергии (понижается статическое давление жидкости) [3].

Таким образом, при переходе потока жидкости из более широкой трубы в узкую динамическое давление возрастает, а статическое — падает. Это и есть основное положение Бернулли. Математически (в энергетическом обо-

значении) оно может быть записано так:

$$\mathcal{E}_1^k + \mathcal{E}_1^n = \mathcal{E}_2^k + \mathcal{E}_2^n. \quad (2)$$

Работа, получаемая от потока воды, как показывает уравнение Бернулли, зависит от полного напора воды. Если расход воды  $Q$  выразить в литрах в минуту, а напор  $H$  в метрах, то мощность  $N$  двигателя выразится весьма простой формулой (3), т. е.

$$N = \eta \frac{Q \cdot H}{60 \cdot 75} \text{ л.с.} \quad (3)$$

Рассмотрим два примера.

1. Из высокогорного озера, расположенного на высоте 1500 м, на турбину падает 60 л воды за одну секунду. К. п. д. равен 0,6.

В данном случае мы можем рассчитывать на мощность

$$N = \frac{Q \cdot H}{75} = 0,6 \frac{1500 \cdot 60}{75} = 720 \text{ л.с.}$$

2. Уровень реки поднят плотиной на 4 м, а расход воды в реке равен 16900 л. в секунду. К. п. д. турбины 0,8.

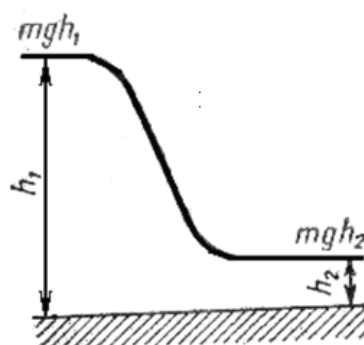


Рис. 2. К выводу уравнения Бернулли

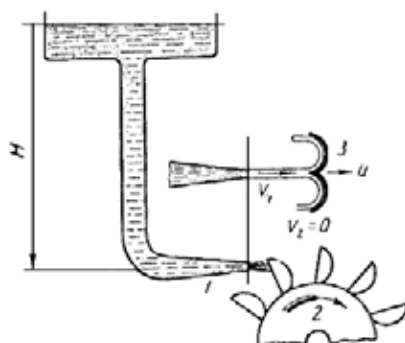


Рис. 3. Схема работы высоконапорной активной гидравлической турбины

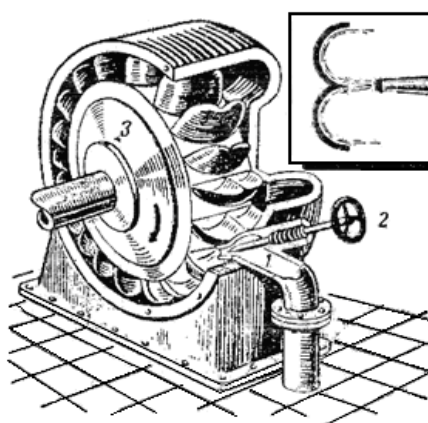


Рис. 4. Схема активной гидравлической турбины

Мощность в этом случае равна

$$N = 0,8 \frac{4 \cdot 16900}{75} = 720 \text{ л.с.}$$

В обоих случаях мощность одна и та же, но получена она по-разному. В зависимости от характера использования механических свойств жидкости (динамическое или статическое давление) турбины подразделяются на активные и реактивные [2].

В активной турбине (рис. 3) в конце напорного трубопровода устанавливается сужающаяся насадка 1, в которой потенциальная энергия полностью преобразуется в кинетическую. При этом давление воды становится равным атмосферному и не меняется при прохождении воды через лопатки 2 турбины. Чтобы воды поступала на лопатки турбины без удара и изменяла свое направление на противоположное (на  $180^\circ$ ), лопаткам придают форму сдвоенного ковша 3 с острым ножом. А для лучшей передачи энергии воды лопаткам турбины нужно скорость воды на выходе сделать равной нулю.

Таким образом, активные турбины характеризуются тем, что в них потенциальная энергия воды полностью преобразуется в кинетическую только в насадке (лопатка воспринимает только кинетическую энергию) и давление воды до и после лопаток одно и то же и равно атмосферному.

Нельзя не учитывать и экономические сопоставления вариантов использования различных видов энергии [4]. Чем больше будет использоваться гидроэнергия, тем больше придется обращаться к менее выгодным вариантам. Поэтому, несмотря на техническую зрелость и расцвет отечественной гидроэнергетики, несмотря на ее количественный рост, ее доля в общей выработке энергии, составляющая за последние десятилетия примерно 15%, после использования наиболее экономичных гидроресурсов начнет падать. Таким образом, быстрый расцвет отечественной энергетики в относительно недалеком будущем приведет к использованию всех наших гидроресурсов, пополняемых природной.

#### Литература:

1. Бляшко, Я. И. Опыт «МНТО ИНСЕТ» по созданию и эксплуатации оборудования для микро- и малых ГЭС. // Возобновляемая энергия; 1998-№4. — с. 7—10.
2. Умаров, А. Ю. Гидравлика. Изд-ство, «Узбекистан» г. Ташкент, 2002 г. — 460 с.
3. Жабо, В. В., Уваров В. В. Гидравлика и насосы. Изд-ство. «Энергоатомиздат» г. Москва, 1994 г. 328 с.

4. Вардияшвили Асф. А., Вардияшвили А. Б., Камбарова Н. К. Комбинированная солнечная многофункциональная установка «Теплица-опреснитель-овощехранилище». Сб. матер. междуна. научн-техн. конфер. ТошГТУ, Том 1., — г. Ташкент. — 2011 г. — с. 202–204.
5. Энергия, природа и климат/В. В. Клименко, А. В. Клименко, Т. Н. Андрейченко и др. М.: Изд-во МЭИ, 1997.

## Энергосбережение и энергоэффективность в системах пароснабжения

Вардияшвили Афтандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент  
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Саматова Шоира Юлдашевна, старший преподаватель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Абдуллаева Комила Турсуновна, ассистент;  
Зохинова Шахноза Муродиллаевна, ассистент  
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

Специалисты компании «Armstrong international» представляют предложения по рациональному решению вопросов в системах пара, воздуха и горячей воды, подбирают и поставляют соответствующие оборудования.

Кроме ощутимой экономии энергоносителей, мы получаем стабильность температурных режимов, определяющих качество продукции, и уменьшение себестоимости готовой продукции.

Наши финансовые затраты на реконструкцию участка паро-конденсатного хозяйства с потреблением пара 3 тн/час (при давлении 1–5 бар), соответствуют сумме в размере порядка 12000 Евро. Если эти затраты дадут минимальную экономию — 20% или 0,6 тн/час, то при средневропейской стоимости пара 10 Евро за тонну и условном цикле работы участка 4000 часов в год, экономия составит 2400 тонн пара или 24000 Евро ежегодно. На некоторых промышленных предприятиях по разным причинам практически отсутствуют линии возврата паро-конденсата в котельную. Слив конденсата или не возврат равносильны выбрасыванию денег в канализацию.

Не возврат конденсата, кроме прямой потери теплоносителя — пара, вызывает необходимость дополнительной подачи химически очищенной воды для питания паровых котлов, вследствие этого увеличивается их производительность, и появляются дополнительные эксплуатационные расходы. Экономичное и эффективное использование пароконденсатных систем возможно лишь при обеспечении надежной линии отвода, сбора и даль-

нейшего использования конденсата в технологическом цикле производства. При рациональном решении комплекса и по возврату конденсата мы получим ощутимый экономический эффект.

Оборудование «Armstrong International» служит долго — в среднем 8–10 лет, не требует дополнительного обслуживания и четко выполняет те функции для которых было предназначено. Качество продукции обеспечивается сертифицированной системой гарантии качества, отвечающей требованиям Международных стандартов ISO 9001, ISO 9002 и Европейских стандартов EN 24001, EN 24002.

Нам не обязательно вкладывать большие деньги — можно реконструировать наше предприятие по участкам: шаг за шагом вкладывая в каждый следующий участок средства, сэкономленные на предыдущем. Чтобы добиться от конденсатоотводчика полной отдачи его полезных свойств, необходимо в каждом конкретном случае правильно подобрать его по техническим параметрам, надлежащим образом установить, а также организовать регулярное техническое обслуживание. Старые стандарты по подбору конденсатоотводчиков имели множество недостатков, при этом, наиболее значительным было то, что в них не учитывался ни тип дренируемого оборудования, ни способ дренажа. Подобранные таким образом конденсатоотводчики часто эксплуатировались в таких условиях, для которых они не были предназначены. Средние сроки службы разных типов конденсатоотводчиков приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Тип конденсатоотводчиков	Высокое 45 кг с/см <sup>2</sup>	Среднее 14 кг с/см <sup>2</sup>	Низкое 2,1 кг с/см <sup>2</sup>
1	Термодинамические	10–12 м-ц 10 ев	12 м-цев	5–7 лет
2	Со сферическим поплавком и термостатом	не примен.	1–6 м-цев	9 м-цев-4 года
3	Со прокинутым поплавком	18 м-цев.	5–7 лет	12–15 лет
4	Термостатические разгруженные	не примен.	6 м-цев.	5–77 лет

Чтобы определить энергосберегающие свойства конденсатоотводчиков различных типов, на испытательных стендах лабораторий двух фирм-изготовителей были проведены испытания на пропуски пролетного пара. Испытания проводились в лабораторных условиях: в помещении с температурой воздуха 20° С. Теплотери корпуса конденсатоотводчиков не измерялись. Испытательная нагрузка по конденсату составляла 10–20 кг/час, что близко к характерным нагрузкам дренажей паропроводов.

Энергосбережению и энергоэффективности регулярно проводятся как в специальных лабораториях «Armstrong International», так и непосредственно на промышленных предприятиях. Касательно проведения или участия в семинаре Представительство в Республике Узбекистан.

В отношении охраны окружающей среды Вы также можете полагаться на продукцию «Armstrong International». Любая компания, заботящаяся о сбережении энергии, также заботится об охране окружающей среды. Чем меньше потребляемой энергии — тем меньше отходов, меньше выбросов вредных газов в атмосферу и тем чище окружающая среда. Наряду с вопросами энергосбережения решаются многие проблемы экологии и значительно снижаются расходы на утилизацию промышленных отходов, энергосбережение и энергоэффективность в системах пароснабжения

Потенциал энергосбережения паро-конденсатной системы соответствует сумме эффектов, получаемых в результате реализации энергосберегающих мероприятий на всех этапах: генерации, распределения и использования пара в технологическом процессе, а также во время планово-предупредительного технического обслуживания.

По результатам Каршинский масло — экстракционный и Мубарекский газоперерабатывающий заводы реальная величина потенциальной экономии энергии на промышленном предприятии может составить 30–40%: Котлы устроены Бобкок — Вилкок Каршинский масло — экстракционный, Продукция «Armstrong International» внедряется и успешно функционирует во всех отраслях промышленности Республики Узбекистан.

Котлы-2,5

Настройка котлов автоматизирование-1–2%;

Внедрение установок для утилизации тепла экономайзер-2–4 %;

Монтаж оборудования для контроля выбросов-1–2%;  
управление потока конденсата-3–5 %;

Системы транспортировки пара-15–20 %;

Устранение утечек пара и ремонт конденсатоотводчиков-3–5 %;

Возврат конденсата-10–15 %;

Теплоизоляция (обмуровка) — 5–10 %

Итого: 30–40 %

Из представленной данных видно, что основным фактором, определяющим нерациональный расход тепловой энергии в системах пароснабжения потребителей, явля-

ется отсутствие или неправильный выбор конденсатоотводчиков в линиях возврата конденсата и связанные с этим значительные потери тепла с пролетным паром.

Первоначально для удаления конденсата предусматривали установку задвижек или вентиля с ручным управлением, которые открывались через определенные промежутки времени. Однако, это проводилось не всегда своевременно, что приводило к большому скоплению конденсата или выбросу значительного количества полезного пара. В связи с этим, с целью повышения эффективности в пароконденсатной системе, требуется применение таких устройств, которые бы автоматически «удерживали пар в ловушке» и выводили конденсат по мере его образования. При несвоевременном отводе конденсата на днище трубопроводов образуется «водяная пробка», перемещающаяся вместе с паром с большой скоростью. Если при этом встречается препятствие или имеет место перепад давления, то происходит «гидравлический удар», который может нанести серьезный ущерб производству. Современные конденсатоотводчики должны обеспечить эффективную работу паропотребляющего оборудования по удалению конденсата.

1. Минимальные потери тепла с пролетным паром.

2. Длительный срок службы и надежность работы конденсатоотводчиков.

3. Устойчивость против коррозии, определяемой агрессивной средой пара и конденсата.

4. Удаление воздуха и углекислого газа (CO<sub>2</sub>) из систем пароснабжения потребителей, которые создают дополнительные проблемы по снижению эффективности работы конденсатоотводчиков и коррозию труб паровых сетей за счет образования агрессивной угольной кислоты.

5. Надежную работу конденсатоотводчиков при возникновении противодействия в линиях возврата конденсата.

Чтобы добиться от конденсатоотводчика полной отдачи его полезных свойств, необходимо в каждом конкретном случае правильно подобрать его по техническим параметрам, надлежащим образом установить, а также организовать регулярное техническое обслуживание.

Установить типы эксплуатируемых конденсатоотводчиков и проверить, как они подбирались для конкретных условий, были проведены обследования, включающие программы испытаний.

Результаты конденсатоотводчиков компании «Армстронг интернешнл» на технологических линиях СП ОАО «КАРШИ МАСЛО-ЭКСТРАКЦИЯ»

1. Установки конденсатоотводчиков согласно «Отчета о результатах использования топлива, тепловой и электрической энергии за январь-декабрь 2013г». (форма11-сн): в 2013 г. произведено 12628 тн хлопкового масла, на производство которого израсходовано тепловой энергии в количестве 23000Гкал, или на 1тн продукции:  $23000:12628 = 1,821$  Гкал/тн

2. После установки конденсатоотводчиков за период с 4 квартала 20 г. по 1 квартал 2014 г. согласно фактиче-



ским показателям произведенного хлопкового масла и использованной тепловой энергии имеется следующее:

4 квартал 2013 г. — 5549 тн масла и 7267 Гкал тепловой энергии  
1 квартал 2013 г. — 4702 тн масла и 5790 Гкал тепловой энергии  
В общем за период — 10251 тн масла и 13057 Гкал тепловой энергии  
В пересчете на 1 тн продукции:

$$13057:10251 = 1,237 \text{ Гкал/тн}$$

3. После внедрения конденсатоотводчиков:

— сократилось потребление теплоэнергии на 1 тн хлопкового масла:

$$1,821 - 1,237 = 0,548 \text{ Гкал или в процентах — } 30\%;$$

— годовой экономический эффект составляет при годовом выпуске 13855 тн хлопкового масла за 2013 г.:

$$13855 \text{ тн} \times 0,548 \text{ Гкал/тн} = 7592 \text{ Гкал};$$

— годовой экономический эффект в денежном выражении составляет:  $7592 \text{ Гкал} \times 7500 \text{ сум/Гкал} = 56944 \text{ тыс. сум};$

Затраты на приобретение конденсатоотводчиков «АРМСТРОНГ ИНТЕРНЭШЕНЛ» были в размере 32879,5 тыс сум  
Срок окупаемости составляет:  $32879,5:56944 = 0,58$  года

Значительные колебания давления пара в заводском паропроводе, однако по результатам сравнительного анализа потребления пара за периоды июнь — декабрь 2013 г. и январь — март 2013 г., можно сделать нижеследующие выводы:

1. Недостатков в процессе эксплуатации не выявлено.
2. Сократился расход пара в наиболее холодное время (в пиковые дни) примерно на 12 т/час или 187 Гкал/сутки.
3. Из-за отсутствия гидроударов, значительно сократилось количество повреждений запорной арматуры и трубопроводов.
4. Температура возвращаемого конденсата на центральной конденсатную станцию снизилась на 3—5 Град. °С.

#### Литература:

1. Материалы производственно-технический отдел ОАО Каршинский масло экстракция
2. Соколов, Е. Я. «Теплофикация и тепловые сети» — М. МЭИ 2001 г
3. Энергосбережение. Теория и практик ч. I и ч. II. Результаты научно практических исследований — М, МЭИ — 2002 г.

## Мероприятия по экономии электроэнергии на компрессорных станциях

Расулов Абдулхай Нархаджаевич, кандидат технических наук, доцент;

Рахмонов Икром Усманович, ассистент

Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

**П**роблема повышения энергоэффективности использования электрической энергии в отраслях промышленности связана с весьма значительным кругом задач, взаимосвязь которых создает сложную систему, которая требует такой координации, которая может обеспечить наиболее эффективный результат в направлении снижения энергозатрат.

Сжатый воздух является одним из основных энергоносителей и применяется как рабочая среда в технологических процессах (например, в химических производствах) и как энергоноситель (пневмоинструмент, пневмооснастка, пневмоавтоматика и т.д.) практически на всех предприятиях [1].

Потенциальная энергия сообщается воздуху в процессе его сжатия и используется затем в пневматических приводах для совершения механической работы. Потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию струи расширяющегося сжатого воздуха.

Подбор оптимальной схемы распределения и рациональных режимов производства и потребления сжатого воздуха ведет к экономии, что не может не оказать значи-

тельного влияния на энергобаланс предприятия в целом. Поскольку на производство сжатого воздуха расходуется электроэнергия, его экономия влечет за собой снижение затрат на покупку энергоресурсов.

Особенностью выработки сжатого воздуха является то, что производительность компрессорного оборудования зависит от сезонного изменения плотности атмосферного воздуха (летом плотность воздуха на 15—17% ниже, чем зимой) и давления нагнетания.

Увеличение давления с 5,0 до 6,0 кгс/см<sup>2</sup> влечет снижение производительности компрессора на 4—7%, а затраты энергии на компремирование при этом возрастают на 7—10%. Существенным фактором, негативно влияющим на работу компрессорного оборудования, является неритмичное потребление сжатого воздуха, объемы которого доходят на некоторых компрессорных станциях до 40%. Для обеспечения стабильной работы потребителей, при наличии значительных объемов неритмичного потребления, персонал компрессорных станций вынужден поддерживать повышенное давление сжатого воздуха на источниках [2,3].

Давление сжатого воздуха в сети воздухопроводов зависит от расхода воздуха и производительности компрессорной установки. Если производительность меньше расхода воздуха, то давление в сети снижается до тех пор, пока производительность не будет равняться расходу воздуха; если же производительность больше расхода воздуха, то в сети воздухопроводов будет расти давление сверх допустимого. Поэтому при избыточной производительности компрессорной станции необходимо регулировать подачу воздуха в сеть с тем, чтобы, изменой производительности компрессора, сохранить в ней постоянное давление.

При работе компрессоров в общую сеть следует установить порядок, при котором все компрессоры работают на полную мощность, кроме одного, производительность которого регулятором давления поддерживается в пределах, обеспечивающих нормальное рабочее давление в сети воздухопроводов.

Охлаждение воздуха на входе в компрессорной установки широко применяется для повышения КПД и мощности таких энергоблоков. Однако большое количество ранее созданных КУ не оснащались системами охлаждения воздуха на входе, что снижало затраты на их установку и монтаж. Кроме того, вырабатываемой в то время мощности энергоустановки было достаточно. Используя преимущества систем охлаждения воздуха в условиях роста электропотребления, мощность энергоблока такого типа можно повысить на 10–26%, исключая собственные затраты мощности в системе, особенно в летний период [4].

В воздухопроводах может допускаться скорость в пределах 5–20 м/с, но рекомендуются значения скоростей 12–15 м/с.

Определение давления на входе.

Выбираем давление на входе, равное конечному давлению плюс 3% от значения конечного давления:

$$p_1 = p_2 + 0.3 \cdot p_2$$

Далее рассчитываем разность конечного давления и давления на выходе из воздуходувной станции:

$$\Delta p = h_{\text{ном}} \cdot \gamma,$$

и само давление на выходе:

$$p_{1\text{рас}} = \Delta p + p_2.$$

Если  $p_1$  расчетное практически совпадает с выбранным давлением, следовательно выбор давления верен.

Построение характеристики сети:

Уравнение напорной характеристики сети записывается следующим образом:

$$H = a + (c + b) Q^2.$$

где

$$a = h_{\text{геом}} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma}, \quad h_{\text{геом}} = z_2 - z_1;$$

$b = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{1}{F^2 2g}$  — коэффициент сопротивления трубопровода.

$$c = \frac{8}{g\pi^2} \left( \frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right).$$

Практически все КУ имеют постоянный объемный расход воздуха. С повышением плотности воздуха, поступающего турбины и дизели системы, увеличивается его масса, при этом увеличивается потребляемая мощность установки. Значительные потери мощности КУ отмечаются в летний период. Но даже с учетом затрат используя данную систему энергии на охлаждение поступающего воздуха, можно ощутимо увеличить электрическую мощность установки со снижением ее тепловой мощности. Несмотря на то что вырабатываемая КУ мощность увеличивается практически линейно с понижением температуры воздуха, необходимо, чтобы она была не ниже 5...6°C во избежание риска образования льда в воздушном тракте системы. Снижение температуры подаваемого в турбину воздуха с 38°C до 17°C предотвращает потенциальное снижение мощности КУ на 27% при такой высокой температуре. Если воздух будет охлажден до 6°C, то вырабатываемая мощность увеличится до 110%. Соответственно, снижение температуры всасываемого воздуха с 38°C до 6°C обеспечит возрастание мощности КУ с 73% до 110% от номинала. Номинальная мощность турбин

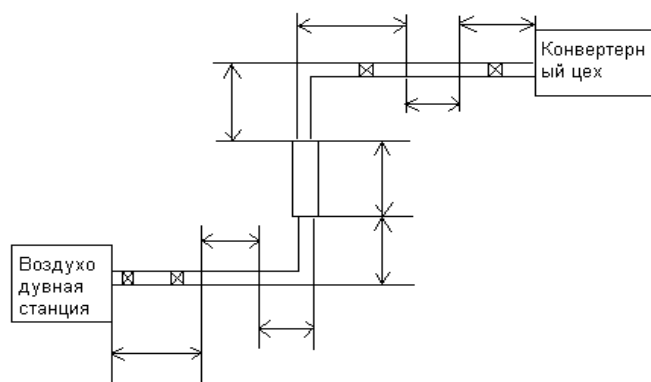


Рис. 1. Эскиз воздухопровода

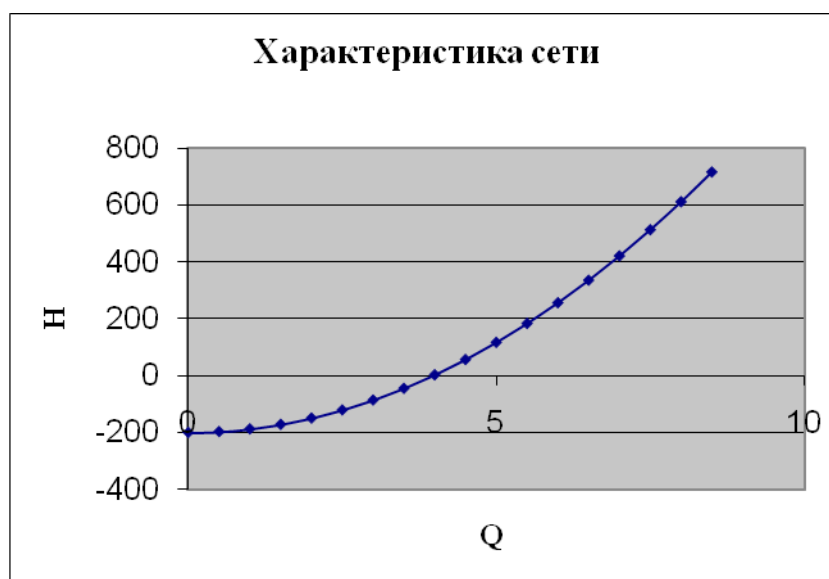


Рис. 2. Характеристика сети воздухопровода, график которой представляет собой параболу

обычно приводится для температуры воздуха 15°C, относительной влажности 60% и высоты над уровнем моря в соответствии с ISO. Данные по мощности для других условий эксплуатации можно получить у производителей оборудования. Для общих расчетов должны учитываться следующие факторы:

1. Каждое повышение температуры воздуха на 10°C приводит к падению мощности на 8%;

2. Увеличение высоты площадки КУ над уровнем моря на 300 м приводит к падению мощности на 3,5%;

3. Каждая дополнительная потеря давления на 1 кПа в фильтрах, шумоглушителях и выхлопных газоходах вызывает снижение мощности на 2%;

4. Дополнительные потери давления в котле утилизаторе, шумоглушителе и газоходах на выходе приводят к снижению мощности на 1,2%.

#### Литература:

1. Хошимов, Ф.А., Аллаев К.Р., Энергосбережение на промышленных предприятиях, Ташкент, Из-во «Фан», 2011 г., 209 стр.
2. Хошимов, Ф.А., Метод нормирования электрической энергии на предприятиях хлопкоочистительной промышленности, Ташкент, журнал «Проблемы энерго и ресурсосбережения», 2007, №3–4, стр. 54–58.
3. Гофман, Г.Б. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. — М.-Л., Энергия, 1966, 320 стр.
4. Хошимов, Ф.А., Методические основы энергосбережения в промышленности, Ташкент, «Современные проблемы энергетики и использование возобновляемых источников энергии», Республиканская научно-техническая конференция, 2010 г.

## Математическая модель процесса топливоподачи системой Common Rail с электрогидравлической форсункой

Субботенко Дмитрий Игоревич, аспирант  
Брянский государственный технический университет

*Представлена математическая модель процесса топливоподачи системой Common Rail, включающей в себя электрогидравлическую форсунку. Методика расчета базируется на уравнении движения маловязких сортов топлива.*

**Ключевые слова:** математическая модель, расчет, электрогидравлическая форсунка, дизель, топливоподача, Common rail.

Аккумуляторные топливные системы (системы Common Rail), получившие свое распространение в последние 15–17 лет, находятся в процессе постоянного конструктивного совершенствования, технический уровень которых также определяется совершенствованием применяемых форсунок.

Для осуществления оптимизации процессов в топливной аппаратуре (ТА) дизеля с целью улучшения его экономических и экологических характеристик форсунки должны удовлетворять следующим параметрам [1]:

- стабильность работы при высоких давлениях;
- высокое быстродействие;
- возможность фиксированной величины цикловой подачи;
- малое энергопотребление и низкий расход топлива на управление.

Периодическое ужесточение экологических норм заставляет производителей оптимизировать не только топливный насос высокого давления, повышая тем самым давление впрыска, но и параметры форсунок.

Применение систем математического моделирования позволяет значительно сократить продолжительность и стоимость разработки элементов ТА. В математической модели впрыска топлива рассматривается электрогидравлическая форсунка с электромагнитным клапаном фирмы Bosch. Принцип действия форсунки подробно изложен в [2].

Расчетная схема электромагнитной форсунки представлена на рис. 1.

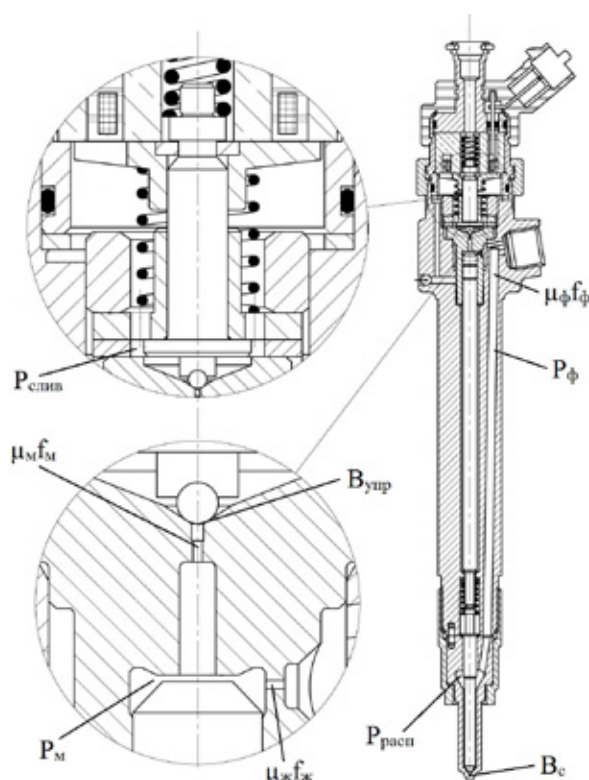


Рис. 1. Расчетная схема форсунки с электромагнитным управлением

Для описания физических процессов, происходящих в системе, с применением электрогидравлической форсунки приняты следующие допущения:

- плотность топлива и скорость звука постоянны;
- движение топлива в топливопроводе принимается одномерным;
- давление в аккумуляторе в начале каждого расчетного режима считается постоянным и равным остаточному давлению в системе;
- утечки в прецизионных соединениях и силы трения в зазорах прецизионных кинематических пар не учитываются;
- соударения подвижных деталей с упорами являются абсолютно неупругими и деформации деталей вследствие соударений отсутствуют;

давление в акустически коротких объемах в текущий момент времени одинаково во всех точках.

Расчет топливной аппаратуры основан на решении уравнений теории гидравлического удара, разработанной Н.Е. Жуковским, и уравнений граничных условий у ТНВД и форсунки по методу профессора И.В. Астахова. Совершенствованию и уточнению методик для гидродинамического расчёта дизельных ТПС в большой мере способствовали работы отечественных учёных И.В. Астахова [3, 4, 5], Л.В. Грехова [2, 6, 7], Л.Н. Голубкова [8, 9], Ю.Я. Фомина [10, 11], и др.

В изложенной методике часть положений теории представлены в виде конечных уравнений и формул. Движение топлива в нагнетательном трубопроводе при учете гидравлического сопротивления описывается дифференциальным уравнением, называемым «телеграфным»:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \frac{2k}{a^2} \cdot \frac{\partial v}{\partial t} = 0,$$

где  $x$  и  $t$  — длина топливопровода и время,  $v$  — скорость топлива,  $k$  — фактор гидравлического сопротивления,  $a$  — скорость звука в топливе.

Если ввести функцию  $v(x, t) = e^{-kt} p(x, t)$ , то полученное уравнение допускает решения в следующем виде:

$$\begin{cases} p = p_0 + e^{-kt} \left[ F\left(t - \frac{L}{a}\right) - W\left(t + \frac{L}{a}\right) \right] \\ u = \frac{1}{a\rho} e^{-kt} \left[ F\left(t - \frac{L}{a}\right) + W\left(t + \frac{L}{a}\right) \right] \end{cases}$$

где  $p$  и  $v$  — давление топлива у форсунки;

$p_0$  и  $v_0$  — начальные значения давления и скорости топлива в магистрали;

$F\left(t - \frac{L}{a}\right)$  и  $W\left(t + \frac{L}{a}\right)$  — прямая и обратная волны давления;  $e^{-kt}$  затухание колебаний.

Уравнения баланса топлива в полостях традиционно записываются для формулировки граничных условий в задаче о трубопроводе. В качестве граничных условий для выражения (1) применяются уравнения объемных балансов. Для  $i$ -й камеры уравнение объемного баланса течения топлива:

$$\frac{\partial P_i}{\partial t} = \frac{1}{V_i \beta_i^{\text{эфф}}} \left[ \sum Q_{i-k} + \sum U_{i-j} f_j + \sum \frac{\partial V_{i-n}}{\partial t} \right]$$

где  $Q_{i-k} = \mu_i f_i \sqrt{2(P_i - P_k) / \rho}$  — перетечки в (из)  $k$ -ю полость, где  $P_i$  и  $P_k$  — давление до и после характерного сечения,  $\rho$  — плотность топлива в характерном сечении;  $V_i$  — объем  $i$ -ой камеры;  $\beta_i^{\text{эфф}}$  — коэффициент характеризующий сжатия топлива и деформацию полости;  $U_{i-j}$  — скорость втекания топлива из (в)  $j$ -го канала;  $dV_{i-n}$  — изменение объема под действием перемещения  $n$ -го элемента;

Граничные условия у электрогидравлической форсунки определяются исходя из уравнений объемных балансов и действующих сил с учетом сжимаемости топлива и упругости подвижных элементов, описываются следующими уравнениями:

граничные условия для входной полости форсунки со штуцером и фильтром

$$\frac{\partial P_\phi}{\partial t} = \frac{1}{V_\phi \beta_\phi^{\text{эфф}}} [U_{\text{тр}} f_{\text{тр}} - U_{\text{кан}} f_{\text{кан}}];$$

граничные условия в полости мультипликатора форсунки



$$\frac{\partial P_m}{\partial t} = \frac{1}{V_\phi \beta_\phi^{\text{эфф}}} \left[ \mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}} \sqrt{\frac{2}{\rho} |P_\phi - P_m|} - \mu_m f_m \sqrt{\frac{2}{\rho} |P_m - P_{\text{слив}}|} - Q_{\text{ут}}^m \right];$$

граничные условия в распылителе перед сопловыми отверстиями

$$\frac{\partial P_{\text{расп}}}{\partial t} = \frac{1}{V_{\text{расп}} \beta_{\text{расп}}^{\text{эфф}}} \left[ U_{\text{кан}} f_{\text{кан}} - Q_{\text{ут}}^{\text{расп}} - \mu_{\text{расп}} f_{\text{расп}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_{\text{расп}} - P_{\text{цил}})} - F_{\text{игл}} \frac{\partial h_{\text{игл}}}{\partial t} \right];$$

расход топлива на управление

$$\frac{\partial B_{\text{упр}}}{\partial t} = \mu_m F_m \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_\phi - P_m)};$$

расход топлива через распыливающие отверстия

$$\frac{\partial B_c}{\partial t} = \mu_{\text{расп}} F_{\text{расп}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_{\text{расп}} - P_{\text{ц}})};$$

где  $\alpha$  — коэффициент сжимаемости топлива,  $P_\phi$  — давление в полости форсунки,  $P_{\text{расп}}$  — давление в области распылителя,  $P_m$  — давление в полости мультипликатора,  $P_{\text{ц}}$  — давление в цилиндре двигателя,  $P_{\text{слив}}$  — давление за мультипликатором в сливной полости,  $U_{\text{кан}}$  — скорость течения топлива в канале форсунки,  $U_{\text{тр}}$  — скорость течения топлива в трубопроводе,  $f_{\text{кан}}$  — площадь поперечного сечения канала,  $f_{\text{тр}}$  — площадь поперечного сечения трубопровода,  $f_{\text{игл}}$  — площадь поперечного сечения иглы форсунки,  $Q_{\text{ут}}^{\text{расп}}$  — утечки топлива через распылитель,  $Q_{\text{ут}}^m$  — утечки топлива через мультипликатор,  $\mu_\phi f_\phi$  — эффективная площадь проходного сечения форсунки,  $\mu_{\text{расп}} f_{\text{расп}}$  — эффективная площадь проходного сечения распылителя,  $\mu_{\text{ж}} f_{\text{ж}}$  — эффективная площадь проходного сечения жиклера перед мультипликатором,  $\mu_m f_m$  — эффективная площадь проходного сечения мультипликатора,  $\rho$  — плотность топлива,  $\frac{\partial h_{\text{игл}}}{\partial t}$  — скорость подъема иглы,  $B_{\text{упр}}$  — расход топлива на управление,  $B_c$  — расход топлива через распыливающие отверстия.

Разработанная математическая модель электрогидравлической форсунки аккумуляторной топливной системы Common Rail позволяет производить проектирование электрогидравлической форсунки, изучать влияние конструктивных параметров на процесс впрыскивания топлива, проводить расчетную адаптацию топливной системы к проектируемому двигателю.

#### Литература:

1. Robert Bosch GmbH, Dieselmotor-Management, 3. vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage, 2002. — S. 443.
2. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для ВУЗов./Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков — М.: Легион-Автодата, 2004. — 344 с.
3. Астахов А.В. Топливные системы и экономичность дизелей/А.В. Астахов, Л.Н. Голубков, В.И. Трусов, А.С. Хачиян, Л.М. Рябикин. — М.: Машиностроение, 1990.—288 с.
4. Астахов, И.В. Расчет конца процесса впрыска топлива в быстроходных дизелях с учетом гидравлического сопротивления и следа волн давления/И.В. Астахов, Л.А. Илиев // Известия вузов. Машиностроение. — 1970. — №10. — с. 103–110.
5. Астахов, И.В. Характер износа запирающих конусов распылителя/И.В. Астахов, Г.С. Корнилов, В.М. Гундоров // Двигателестроение. — 1987. — №9. — с. 26–28.
6. Грехов, Л.В. Улучшение показателей топливной аппаратуры дизелей аккумулярованием утечек в надьигольном объеме форсунок. Рабочие процессы дизелей: Учебное пособие./Л.В. Грехов — Барнаул: Изд-во АлтГТУ. — 1995. — с. 47–56.
7. Грехов, Л.В. Уточненная математическая модель процесса подачи топлива в дизеле/Л.В. Грехов // Известия вузов. Машиностроение. — 1997. — №10–12. — с. 47–51.
8. Голубков, Л.Н. Алгоритмы и программы расчета топливных систем на Фортране: Учебное пособие./Л.Н. Голубков — М.: МАДИ, 1980. — 40 с.
9. Голубков, Л.Н. Гидродинамические процессы в топливных системах дизелей при двухфазном состоянии топлива/Л.Н. Голубков // Двигателестроение. — 1987.-№1.-с. 32–35.
10. Фомин, Ю.Я. Топливная аппаратура судовых дизелей./Ю.Я. Фомин — М.: Транспорт, 1966. — 240 с.
11. Фомин, Ю.Я., Никонов Г.В., Ивановский В.Г. Топливная аппаратура дизелей: Справочник./Ю.Я. Фомин, Г.В. Никонов, В.Г. Ивановский — М.: Машиностроение, 1982. — 168 с.

## 6. МЕТАЛЛУРГИЯ

### Разработка перспективных технологии получения наноструктурных металлических материалов

Сембаев Нурболат Сакенович, кандидат технических наук, доцент  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова (Казахстан)

В настоящее время перед исследователями стоит задача совершенствования и разработки новых высокоэффективных технологических процессов объемного деформирования металлов и сплавов на основе магния, алюминия, титана, меди, железа, включая труднодеформируемые никелевые жаропрочные с интерметаллидным упрочнением сплавы [1]. Это связано с их широким использованием в различных отраслях современного машиностроения, таких как авиастроение, космическая техника, приборостроение, нефте-газовый комплекс и т.д. К настоящему времени большинство используемых в различных отраслях сплавов исчерпали ресурс улучшения свойств традиционными методами. Возникшая проблема требует принципиально нового подхода к разработке научно-обоснованных прогрессивных технологий управления их структурой и свойствами.

Одним из перспективных путей решения этой проблемы является использование режимов сверхпластичности полуфабрикатов в процессах объемной штамповки. Низкое сопротивление деформации и аномально высокий ресурс деформационной способности некоторых металлических сплавов в условиях сверхпластичности позволяет значительно повысить качество получаемых изделий, снизить усилие штамповки, максимально приблизить по размерам и форме поковки к готовым изделиям, значительно повысить коэффициент использования металла и уменьшения трудоемкости изготовления изделий [2]. В связи с этим, научные исследования в данном направлении являются экономически целесообразными.

Переход от микро-уровня структур к нано-уровню предопределяет возможность деформации в режиме сверхпластичности. Измельчение зерна — это давно известный и широко применяемый способ получения наноструктурных полуфабрикатов для последующей изотермической штамповки в режиме сверхпластичности. При этом формирование наноструктур является основой кардинального изменения свойств материалов и достижения качественно новых характеристик таких, как высокая прочность при значительной пластичности, высокая усталостная прочность, долговечность, износостойкость, сверхпластичность и другие.

Уменьшение размера зерна может быть достигнуто путем термической или термомеханической обработки в процессе пластической деформации, а также при модифицировании металлических сплавов.

Согласно последним исследованиям ученых в этом направлении структурная сверхпластичность наноструктурных металлических сплавов достигается при температуре деформации, равной  $T_{\text{деф}} \cdot 0,5T_{\text{пл}}$  (где  $T_{\text{пл}}$  — температура плавления) и при достижении размеров зерен в несколько мкм.

В настоящее время полученные наноструктурированные полуфабрикаты используются в качестве сырья, а не готового изделия, а посему технология их получения является подготовительной. Так как оно требует нового, более высокого уровня управления технологическими параметрами при точном контроле состава сплава, режима термической обработки, скорости и степени деформации.

Поэтому среди фундаментальных и прикладных направлений материаловедения наибольшее развитие исследования получило направление, связанное с пластической деформацией металлических материалов с целью измельчения микроструктуры, поскольку это ведет к значительному улучшению их технологических и прочностных свойств. Так как сверхпластичные сплавы имеют исключительно тонкую микроструктуру, примерно на порядок меньшую по сравнению с обычными величинами (несколько мкм) ниже предлагаем результаты исследования по объемному деформированию.

Известно, что пластическое течение кристаллического тела осуществляется путем микросдвиговых деформаций. Однако, суммирование элементарных сдвигов отдельных кристаллов происходит неравномерно по объему деформированной заготовки, вследствие чего происходит концентрация и локализация сдвиговых деформаций в некоторых участках деформированной заготовки, проявляющейся как макросдвиг ее объемов. В этих локализованных участках заготовки структура сплавов трансформируется в наноструктурный уровень при сравнительно небольшой величине среднего обжатия. Для получения наноструктуры во всем объеме заготовки необходимо так построить технологический процесс деформирования, чтобы достаточная сдвиговая деформация прошла

во всем деформированном объеме. Зоны локализации сдвиговых деформаций могут инициировать развитие деформационных превращений с последующим преобразованием исходной структуры в наноструктуру в отдельных участках очага деформации. Однако при этом другие участки структуры такого преобразования не претерпевают [3].

На основе выше сказанного, можно отметить, что для получения пластической деформацией во всем объеме полуфабриката с наноструктурой, необходимо уменьшить локализацию сдвиговой деформации или расширить зону локально деформированного объема на большую часть объема всей заготовки, т.е. сдвиговую деформацию равномерно распределить в объеме деформируемого полуфабриката. Для этого необходимо знание с одной стороны, закономерностей пластической деформации и локализации и вклад в их развитие внутризеренных и межзеренных перемещений, а с другой стороны, — величину касательного напряжения в плоскостях скольжения металлов и сплавов в условиях объемного деформирования.

Предлагаемый технологический процесс изготовления изделий схематически можно представить следующим образом. Исходная нами модифицированная заготовка в литом или уже предварительно обработанном состоянии (прессованием, ковкой, прокаткой и т.д.) подвергается дополнительной обработке в виде изотермическойковки в специальном устройстве (рисунок 1) с целью придания однородной ультрамелкозернистой структуры (вплоть до наноразмерного уровня). Полученный полуфабрикат деформируется изотермической штамповкой в условиях сверхпластичности. Далее полученное изделие при необходимости подвергается окончательной термической и механической обработке, а также контролю качества.

В предлагаемом устройстве для получения наноструктурированных полуфабрикатов (рисунок 1) технический результат достигается тем, что в устройстве, включающий пуансон и равноканальную ступенчатую матрицу с углами наклонного участка примерно 90°, равноканальную ступенчатую матрицу делают в виде крестообразных каналов с сопряженным цилиндром. При этом в каналах с сопряженным цилиндром матрицы возвратно-поступательно двигаются последовательно друг относительно друга попарно закрепленные пуансоны-поршни, а устройство в целом снабжено циклически действующим своим энергоносителем над и под поршень гидроприводом.

При этом в каналах матрицы расположенным верхним, нижним, правым и левым пуансонам прикреплены в сопряженных цилиндрах расположенные соответствующие поршни.

Получение наноструктурированных полуфабрикатов осуществляют следующим образом.

I этап, рисунок 1а.

Нами модифицированную заготовку 16 через боковое загрузочное устройство устанавливают между пуансо-

нами 1, 2, 3 и 4. При подаче энергоносителя через распределительный клапан 9 и 10 в верхнюю часть верхнего 5 и нижнюю часть нижнего 6 цилиндров происходит встречное движение друг относительно друга попарно закрепленных верхнего пуансона-поршня (1, 11) и нижнего пуансона-поршня (2, 12). При этом происходит вытеснение энергоносителя с нижней части верхнего 5 и верхней части нижнего 6 цилиндров и подача их в левую часть правого 7 и правую часть левого 8 цилиндров. Это приводит к расходящемуся движению друг относительно друга попарно закрепленных правого пуансона-поршня (3, 13) и левого пуансона-поршня (4, 14). При движении верхнего 1 и нижнего 2 пуансонов во встречном направлении происходит пластическая деформация заготовки в вертикальном направлении.

II этап, рисунок 1б.

При подаче энергоносителя через распределительный клапан 9 и 10 в правую часть правого 7 и левую часть левого 8 цилиндров происходит встречное движение друг относительно друга попарно закрепленных правого пуансона-поршня (3, 13) и левого пуансона-поршня (4, 14). При этом происходит вытеснение энергоносителя с левой части правого 7 и правой части левого 8 цилиндров и подача их в нижнюю часть верхнего 5 и верхнюю часть нижнего 6 цилиндров. Это приводит к расходящемуся движению друг относительно друга попарно закрепленных верхнего пуансона-поршня (1, 11) и нижнего пуансона-поршня (2, 12). При движении правого 3 и левого 4 пуансонов во встречном направлении происходит пластическая деформация заготовки в горизонтальном направлении.

Использование для получения наноструктурированных полуфабрикатов равноканальной ступенчатой матрицы с крестообразной формой, расположение каналов матрицы сопряженным к цилиндрам и закрепление попарно пуансонов к поршням, а так же циклическая подача энергоносителей над и под поршни позволяет многократно деформировать заготовку внутри матрицы. При этом многократная, знакопеременная деформация металла осуществляется со сменой оси заготовки. Смена оси заготовки способствует смене зон затрудненной деформации, возникающей между пуансонами и заготовкой. Зона затрудненной деформации переходит в одном цикле деформации, т.е. в цикле состоящем из деформации в вертикальном и горизонтальном направлениях, с торцевой поверхности к боковой поверхности заготовки. А так же, многократное чередования деформации в горизонтальном и вертикальном направлениях приводит к получению ультрамелкозернистой структуры по всему сечению деформируемой заготовки. Все это приводит к повышению качества получаемых поковок, которое достигается получением компактного или консолидированного поликристалла с зернами нанометрического размера, весь объем которого заполнен нанозернами, а, свободная поверхность отсутствует, и имеются только границы раздела зерен — интер-

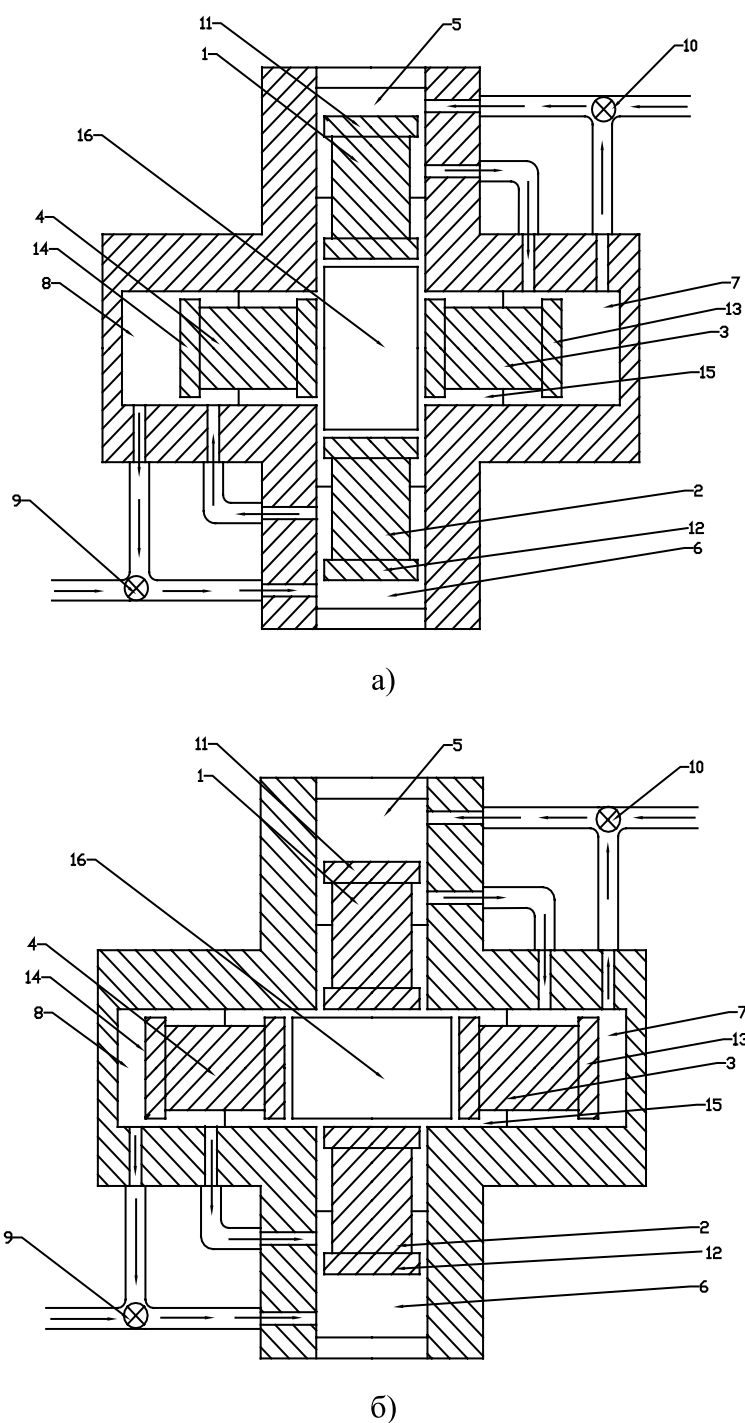


Рис. 1. Устройство для получения наноструктуризации металлических полуфабрикатов: 1, 2, 3 и 4 – верхний, нижний, правый и левый пуансоны; 5, 6, 7 и 8 – верхний, нижний, правый и левый цилиндры; 9 и 10 – клапаны; 11, 12, 13 и 14 – верхний, нижний, правый и левый поршни; 15 – матрица; 16 – заготовка

фейсы. А, образование интерфейсов и «исчезновение» поверхности наночастиц (нанозерен) — дает возможность изготовления с одинаковой прочностью по всему объему [4].

Если ранее получение наноструктурированных полуфабрикатов проводилось в несколько этапов и в нескольких устройствах, то осуществление знакопеременной деформации внутри матрицы без выема заготовки

из инструмента, в подобных устройствах позволяет увеличить производительность в серийном и крупносерийном производствах.

В настоящее время ведется научно-исследовательские работы по внедрению в предлагаемое устройство регулятора температурного режима, для обеспечения получения ультрамелкозернистой структуры во всем объеме полуфабрика за один проход.

*Литература:*

1. Рыбин, В. В. Большие деформации и разрушение металлов. — М.: Металлургия, 1986—224 с.
2. Пресняков, А. А. Локализация пластической деформации. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 120 с.
3. Корнеев, Н. И., Скугарев И. Г. Основы физико-химической обработки металлов давлением. — М.: Машиностроение, 1960—316 с.
4. Гуляев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.: Физматлит, 1986—416 с.



## 7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

### Экспериментальные исследования по определению влияния параметров газоимпульсного пресса на качество изделий

Ахметов Жанболат Елемесович, доцент

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова (Казахстан)

#### 1 Экспериментальная установка

Для проведения экспериментальных исследований был изготовлена установка для прессования методом газоимпульсного уплотнения сыпучих и порошкообразных смесей с влажностью 4–12 %, представленная на рисунке 3.1. Установка состоит из камеры сгорания 1, перфорированного дефлектора 2, вентилятора 7, электродвигателя 8. Перфорация представляет собой отверстия (для обеспечения равномерности перемешивания газа с воздухом) диаметром 20 мм, расположенные в шахматном порядке. Дефлектор выполнен с отверстиями, оси которых расположены под углом 45–60° к оси устройства и направлены в сторону выходного отверстия. В верхней части перфорированного дефлектора находится крыльчатка вентилятора, укрепленная на валу электродвигателя с регулируемой скоростью вращения, посредством упругой муфты 9. Вентилятор может вращаться со скоростью 1380–2745 об/мин. В геометрическом центре дефлектора находится запальное устройство 6 (авиационная свеча) [1,2].

В нижней части камеры установлено устройство для уплотнения смеси который содержит: содержит поршень 3, шток 4 и возвратный механизм 5. На конец штока с наружной стороны устанавливается рабочая насадка 12, которая в зависимости от формы изготавливаемой тротуарной плитки имеет различную конфигурацию. Рабочая насадка крепится к штоку при помощи фиксатора 13.

Под рабочую насадку подается форма со смесью. Подача форм производится автоматически при помощи конвейера 14.

Устройство работает следующим образом. В камеру сгорания 1 подается порция горючего газа, необходимая и достаточная для получения газозвушной смеси стехиометрического состава. Включается вентилятор, который работает до момента подачи электрических импульсов на зажигание. Газозвушная смесь подается системой дозирования, которая состоит из газового дозатора 10 с электроконтактным клапаном. Газозвушная смесь перемешивается воздухом при помощи вентилятора, находящимся в камере сгорания.

При помощи вентилятора 7 и дефлектора 2 создается направленный поток газозвушной смеси, который

за определенный промежуток времени доводит смесь до необходимого стехиометрического состава.

Блок запального устройства подает серию электрических импульсов на зажигание, газозвушная смесь поджигается, происходит экзотермическая реакция, сопровождающаяся резким возрастанием давления над поршнем, которая при помощи жестко соединенного штока с закрепленной к нему насадкой, перемещающегося в направлении формы, передает давление на смесь, за счет чего производится непосредственное уплотнение смеси. Скорость возрастания давления равна скорости распространения взрывной волны [3].

Система зажигания обеспечивает непрерывное получения искрового разряда длиной не менее 0,003 м в течение 0,5...6 с.

#### 2 Влияние параметров газоимпульсного пресса на качество изделий

##### 2.1 Влияние вязкости смеси на скорость прессования

На рисунке 2 показана зависимость, характеризующая влияние вязкости прессуемой смеси на скорость прессования. Минимальное значение скорости прессования наблюдается на отметке  $\approx 10$  МПа·с. Но изменение вязкости на большую или меньшую сторону требует повышения (круто повышает скорость) скорости прессования, т.к. добавление связующих компонентов влечет собой увеличение влажности смеси, а влажность, как мы знаем, увеличивает текучесть материала, что отрицательно влияет на осуществление упругой деформации. В другом случае, при уменьшении содержания связующих компонентов смесь имеет сыпучий характер, который также не характерен для осуществления упругой деформации.

##### 2.2 Влияние фракционного состава прессуемой смеси на плотность

Результаты экспериментов показали (рисунок 3), что плотность изделий повышается независимо от величины влажности. Вместе с тем, это повышение наблюдается при значениях до  $\gamma=2,25$ , а затем кривые падают, т.к. далее, с увеличением фракционного состава повышается потребность в специальных связующих добавках.

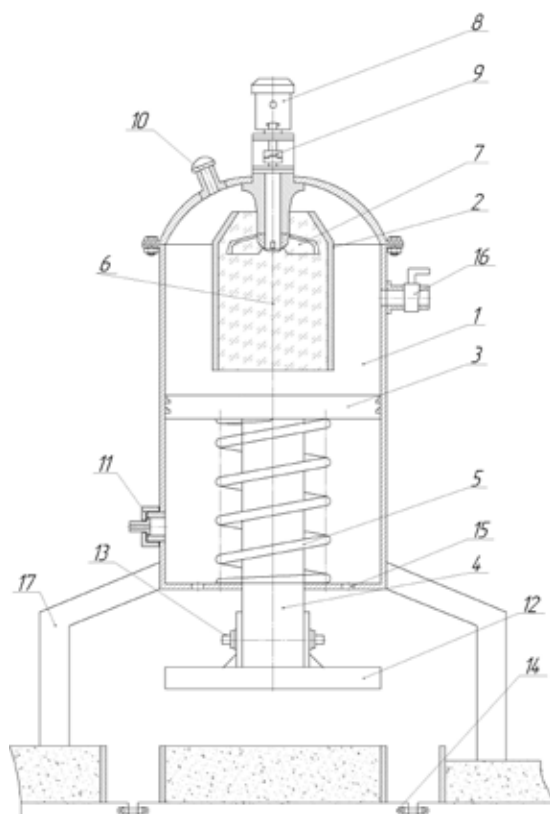


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

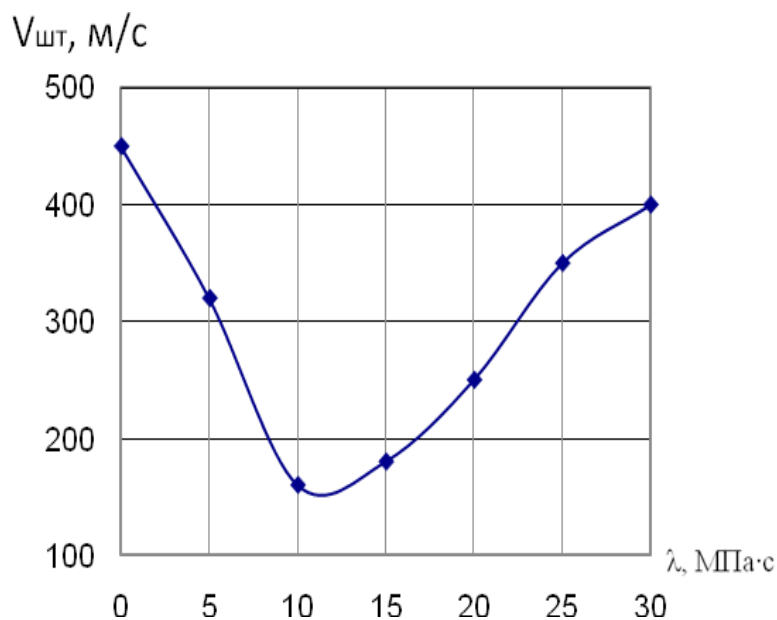


Рис. 2. Зависимость скорости прессования от вязкостной характеристики смеси

Как известно, по мере удаления контактирующих поверхностей, свойства связующих компонентов быстро убывают и на некотором расстоянии уменьшаются до нуля [4].

При этом чем больше дисперсность грунта, тем в большей степени будет проявляться это явление, поскольку при большей дисперсности грунта удельная

площадь их поверхности, т.е. суммарная площадь поверхности намного меньше, чем у мелкодисперсных частиц.

Таким образом, удельную площадь поверхности частиц обуславливают вязкостные свойства.

Поскольку сцепление в значительной степени обусловлено большей площадью контактных поверхностей,

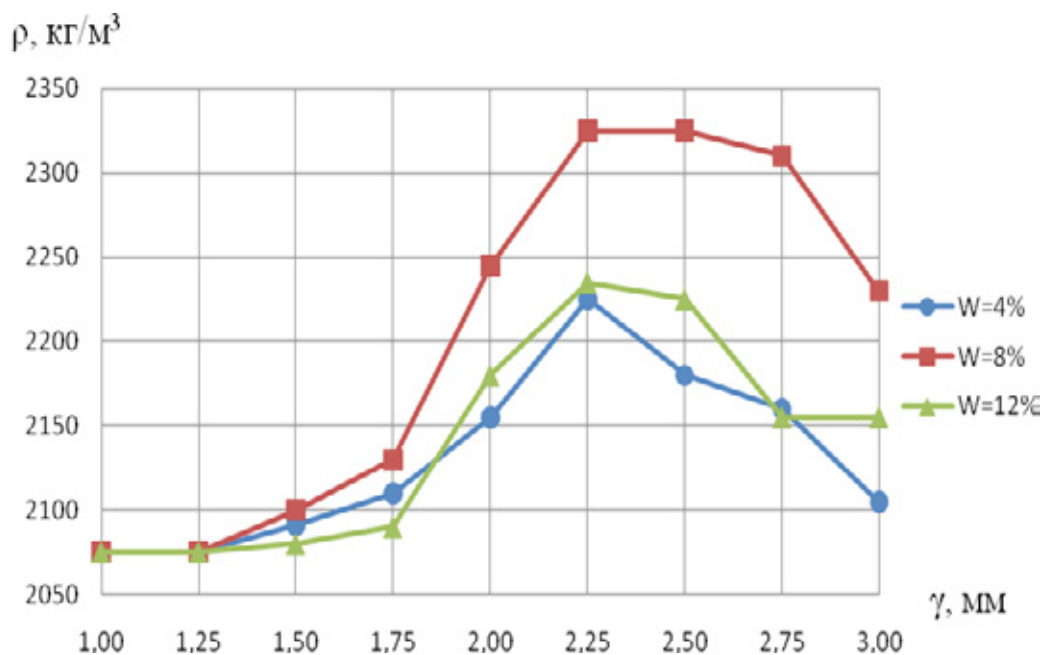


Рис. 3. Зависимость плотности от фракционного состава смеси

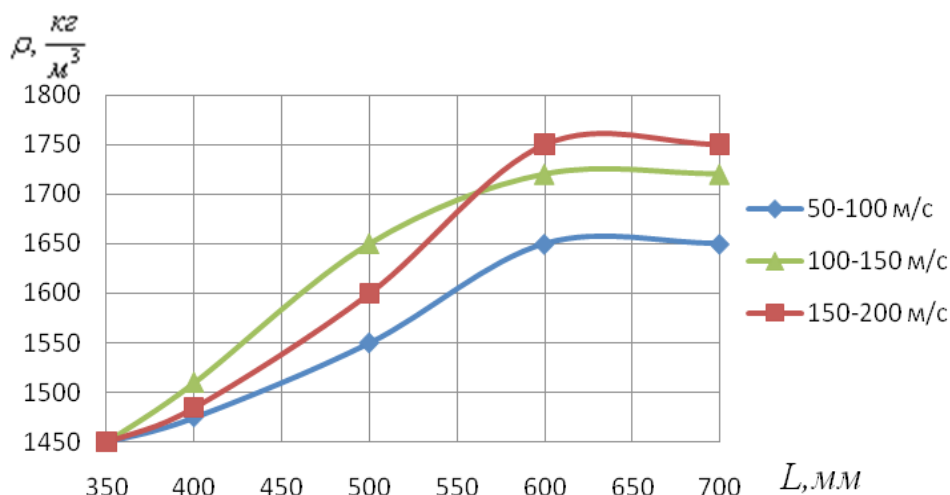


Рис. 4. Зависимость плотности изделия от высоты хода штока при различных скоростях прессования

то увеличение гранулометрического показателя снижает в целом плотность изделий.

### 2.3 Влияние высоты хода штока на плотность прессования

При проектировании газоимпульсного прессы важным параметром является выбор длины хода штока. Следовало бы ожидать, что с увеличением длины хода штока будет повышаться плотность. Вместе с тем увеличивается высота оборудования, а, следовательно, и значительное усложнение устройства.

Возникла необходимость, характеризующая влияние длины хода штока на плотность и определение его предельного размера, за которым нет смысла его увеличения. На рисунке 4 видно, что при различных скоростях прессования максимальная плотность достигается, когда

$L = 45\text{--}60\text{ см}$ . Выше  $L = 60\text{ см}$  кривая плотности почти не изменяется, как и следовало ожидать. Но эффективной скоростью прессования как видно из рисунка является  $V=150\text{--}200\text{ м/с}$ . Это объясняется тем, что: а) связующие компоненты полностью удовлетворяют требованиям; б) свободные воздушные поры успевают выйти из зоны прессования; в) уменьшается давление импульса взрыва [5].

### 2.4 Влияние температуры загрузки смеси на плотность и вязкость смеси

Специальные добавляемые пластификаторы на основе смол для получения необходимой вязкости имеют низкую температуру плавления. Как правило, в процессе прессования температура смеси изменяется на  $2\text{--}3^\circ\text{С}$  в сторону повышения. Поэтому в случаях, когда смесь для прессования подают в подогретом состоянии, необходимо учи-

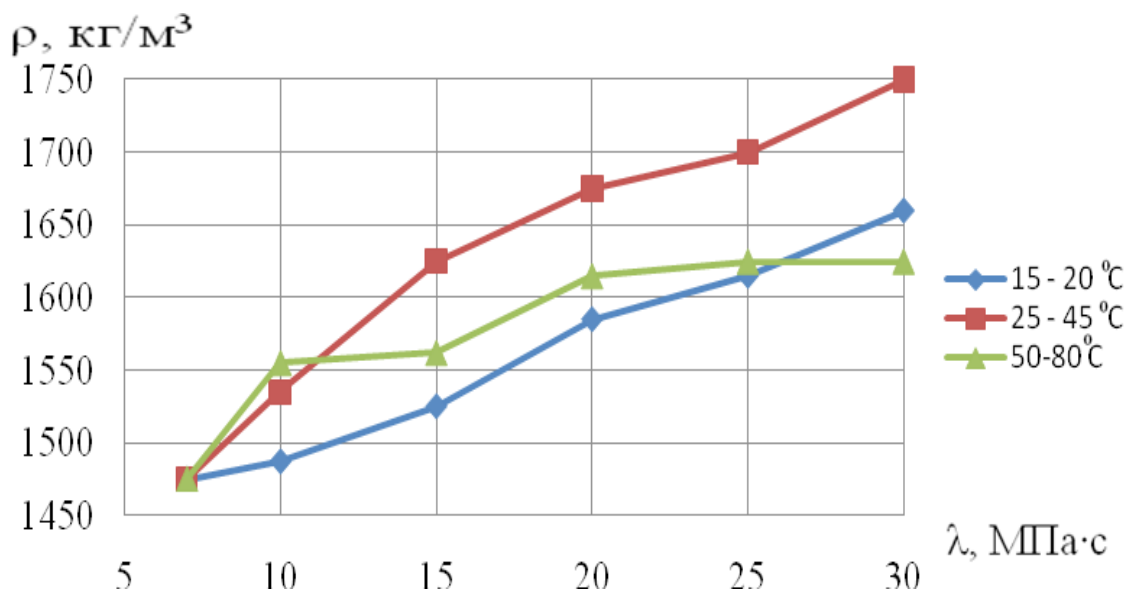


Рис. 5. Влияние температуры связующего компонента на плотность

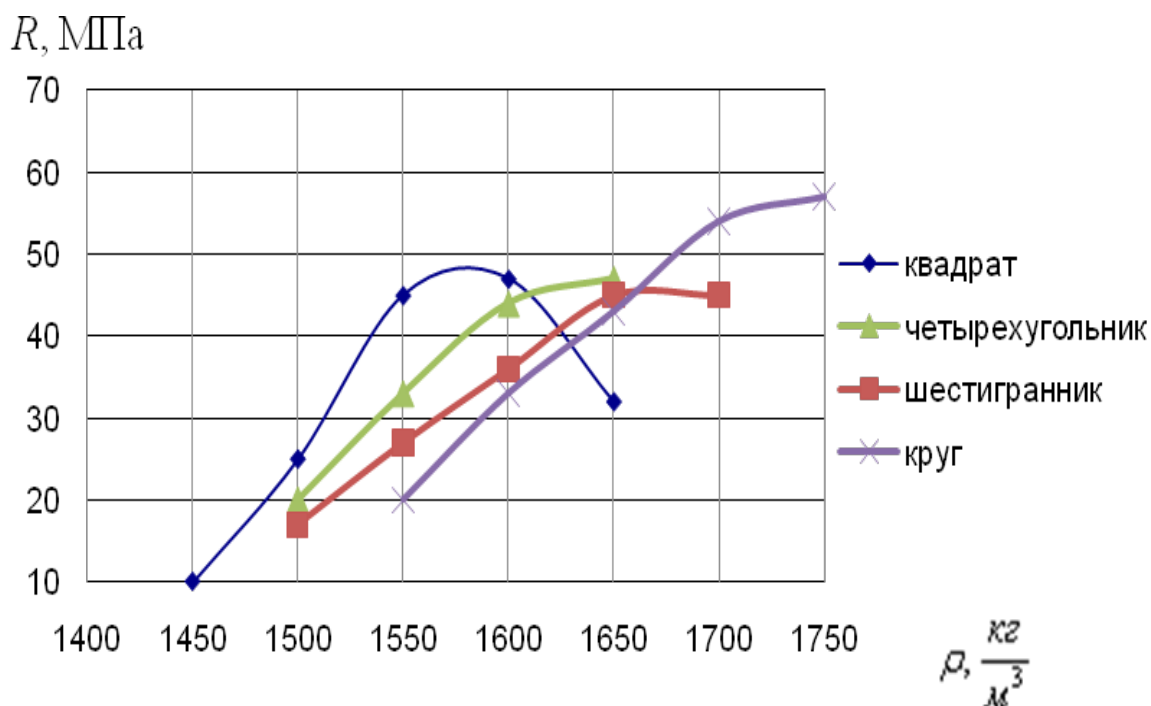


Рис. 6. Зависимость прочности от плотности при разной конфигураций уплотняемых форм

тывать вышеуказанный предел. Также при повышении температуры выше предельного у связующих компонентов ухудшаются свойства вязкости, и он протекает как жидкость в нижележащие слои смеси. В связи с этим, в верхней части формы смесь имеет самую низкую вязкость и наименьшую плотность, что отражается в общей плотности изделий (рисунок 5).

## 2.5 Влияние конфигурации прессуемой формы на прочность и плотность изделий

На рисунке 6 представлены зависимости плотности изделий от прочности при различных конфигурациях форм,

причем при одной и той же конфигурации форм эксперимент проводился по пять раз. Как видно из рисунка 4.5, при круглой форме прессовых форм достигается наибольшая плотность изделий. В данном случае оказывает влияние значение гидравлического радиуса. При прочих равных условиях с уменьшением гидравлического радиуса перепад давления по высоте прессуемого изделия увеличивается [6].

## 2.6 Влияние импульса взрыва на прочность

Кривые, а также результаты представленные на рисунке 7 утверждают, что оптимальная влажность смеси

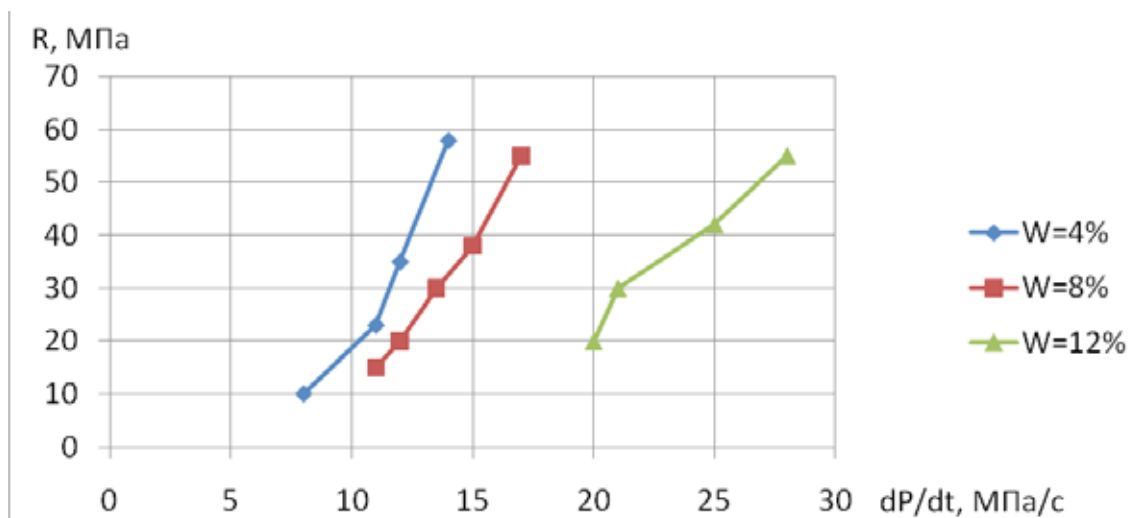


Рис. 7. Зависимость прочности от импульса взрыва при различной влажности смеси

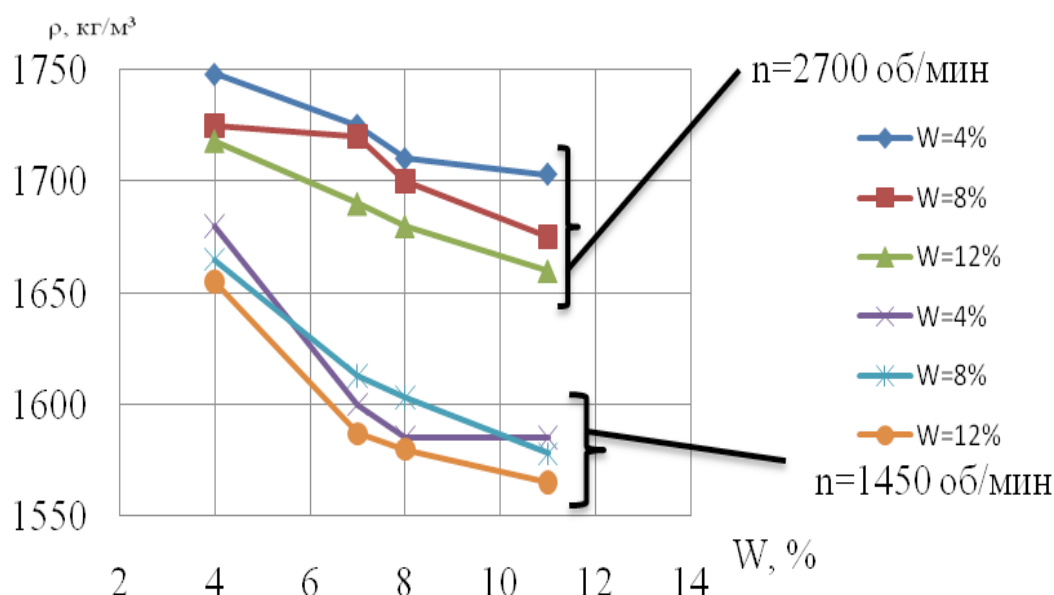


Рис. 8. Зависимость плотности изделия от скорости вращения вентилятора

для прессования газоимпульсным процессом должна находиться в пределах 7–9%. Результаты экспериментов показали, что независимо от величины влажности прочность, несомненно, растет [7].

Отсюда можно сделать вывод, что при значении импульса до 13 МПа/с можно достичь желаемого результата без дополнительных мероприятий для усиления импульса взрыва, таких как приложение звуковых колебаний; добавления катализаторов и т. д. [8].

### 2.7 Влияние скорости вращения вентилятора на плотность изделий

На рисунке 8 видно, что скорость вращения вентилятора повышает плотность изделий при всех значениях влажности смеси, так как интенсивность перемешивания газовой смеси увеличивает импульс взрыва примерно на 25–40 кг/м³ и достигает при влажности  $W=6\%$

$\rho=2340$  кг/м³, а при  $W=10\%$   $\rho=2275$  кг/м³ соответственно.

### 2.8 Влияние площади прессования и жесткости пружины на плотность

В работе использовались формы с различной площадью прессования. Как уже отмечалось выше, при высоте хода штока больше 60 см влияние ударного импульса на смесь не меняется. Увеличение площади форм отрицательно влияет на плотность прессуемых изделий, так как небольшое изменение площади охвата прессуемых изделий резко увеличивает затраты энергии на уплотнение. Представленная на рисунке 9 зависимость плотности изделий от площади прессуемой формы показывает, что эти показатели обратно пропорциональны и являются линейно зависимыми величинами.

На рисунке 10 показана аналогичная зависимость скорости прессования от жесткости пружины.



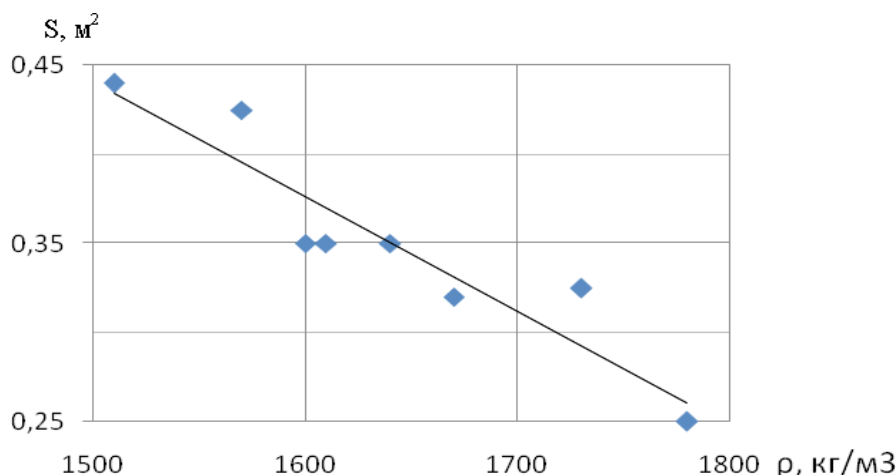


Рис. 9. Зависимость плотности от площади прессуемой формы

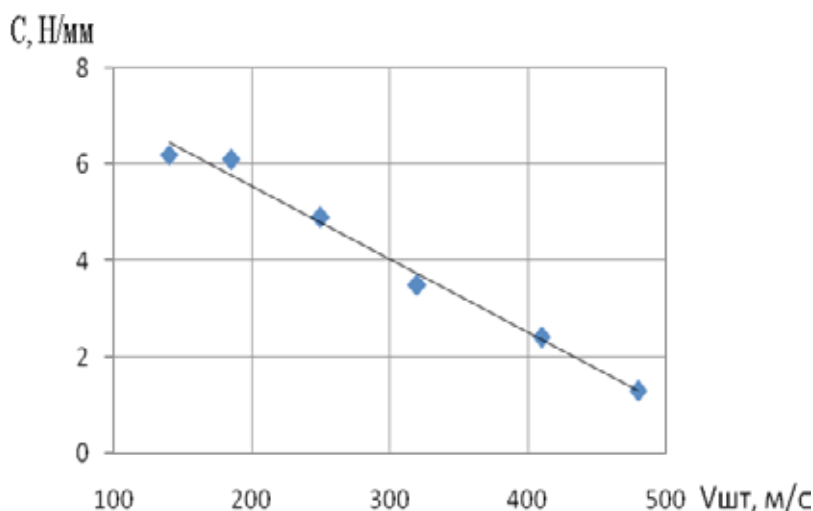


Рис. 10. Зависимость жесткости пружины от скорости прессования

### 2.9 Влияние стехиометрического состава газовой смеси на прочность

В экспериментах определялся расход горючего газа, что важно с точки зрения экономики процесса. Количество газа измерялось дозатором с фиксированным объемом. Расход газа регистрировался изменением давления в дозаторе в пределах, указанных в таблице 1.

Установлено, что с увеличением концентрации газа увеличивается рабочее давление в камере сгорания установки, а также плотность изделий (рисунок 11). Рост давления обусловлен, главным образом, ростом температуры горения. При небольшом расходе газа и избытке воздуха процесс горения характеризуется малой скоростью распространения пламени, низкой температурой горения (порядка 1200°C) и небольшим рабочим давлением (около 0,25 МПа).

Повышение концентрации горючего газа до 5,6% сопровождается резким увеличением скорости горения, температура горения достигает величины по-

рядка 2700°C, а давление в рабочей камере 0,5–0,6 МПа. Таким образом, качественное уплотнение из смесей влажностью  $4,5 \pm 0,4\%$  обеспечивается давлением над смесью 0,55–0,60 МПа при сгорании газового потока в камере до 20 м/с (число оборотов вентилятора  $n=2745$  об/мин) и начальной плотности смеси  $(1 \pm 0,2) \cdot 10^3$  кг/м³; расход горючего газа при этом составляет 5,6%.

### 2.10 Влияние влажности и количества связующего на плотность

На рисунке 12 представлены зависимости плотности изделия от влажности при различных количествах связующего компонента (1–8%, 2–13%, 3–18%). Причем, при содержании связующих компонентов в количестве 13% плотность формы получается выше. Также как и в случае, варьировании процесса прессования газомпульсным способом с увеличением влажности механические свойства пластификаторов уменьшается, так как влага препятствует внедрению внутрь гранулы свя-

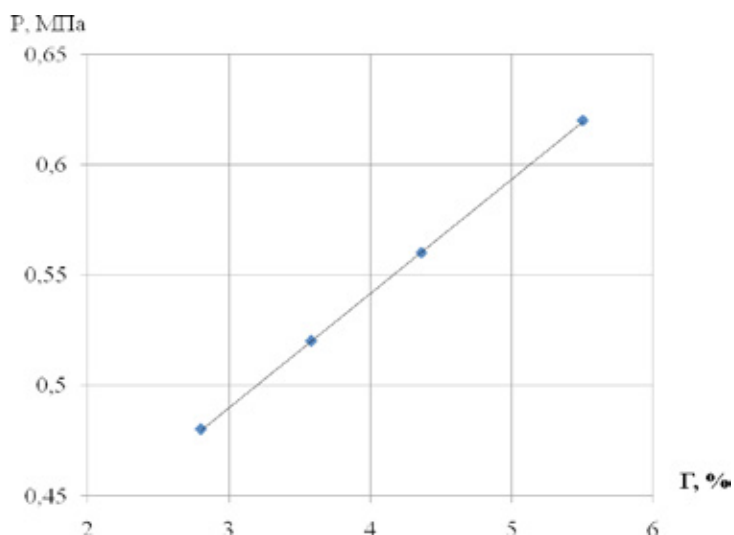


Рис. 11. Зависимость прочности от соотношения газовой смеси в камере сгорания

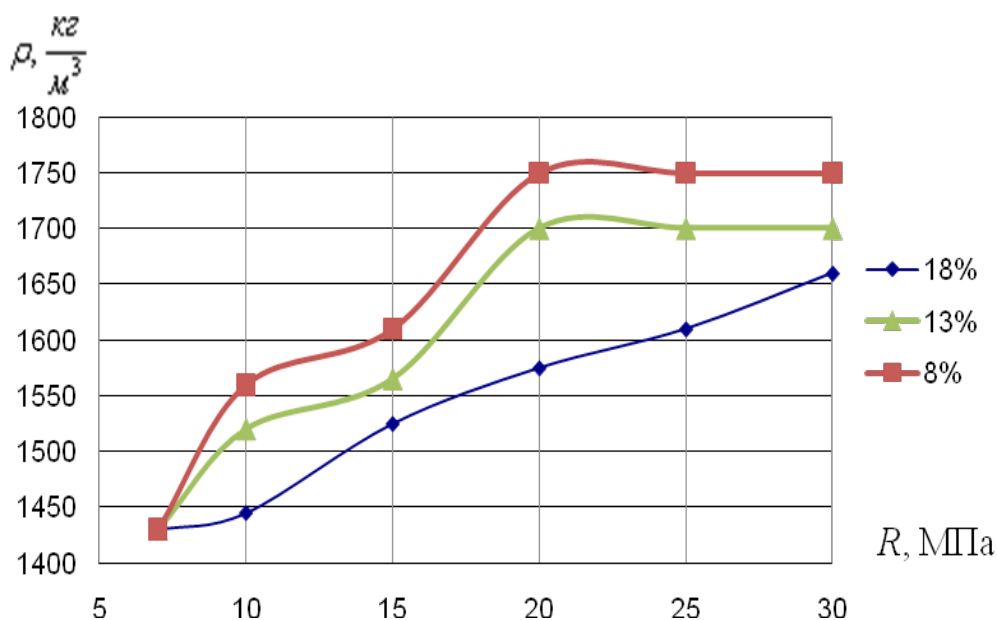


Рис. 12. Зависимость плотности изделия от влажности при различных количествах связующего компонента

Таблица 1

Значения давления и концентрации газа

Давление газа в дозаторе, МПа	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04
Концентрация газа в камере сгорания, %	5,6	4,9	4,4	3,7	2,5

зующих и обволакиванию его поверхности. В связи с этим повышается текучесть смеси, что препятствует осуществлению упругой деформации в целом.

### Выводы

1. Установлены в результате экспериментальных исследований зависимости основных параметров оборудова-

ния (скорость прессования, энергия удара, высота штока и упругость пружины) от свойств смеси.

2. Определены влияния физико-механических свойств (влажность, вязкость, фракционный и гранулометрический составы) на технологические параметры оборудования.

3. Установлены взаимосвязь между стехиометрическим составом газовой смеси и импульса взрыва в зависимости от площади прессования.

*Литература:*

1. А. с. СССР № 1802740 АЗ В22 С15/22 Способ газоимпульсной формовки. Ахметов Ж.Е., Матвиенко И.В., Ботов А.П., Кузембаев С.Б., Исагулов А.З. Оpub. Б. И. № 10. — 19.06.1991.
2. Инновационный патент на изобретение Республики Казахстан. Бекенов Т.Н., Абишев К.К., Богомоллов А.В., Ахметов Ж.Е. № 24366. Бюл. № 8. — 15.08.2011.
3. В.Я. Рудяк, А.А. Белкин, В.В. Егоров Теория расчета взрыва и воспламенения газов. Журнал технической физики, 2009. Т. 79, вып. 820.
4. Исагулов, А.З. Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм. Автореф. дисс. док. техн. наук. — М. 1999. — 68 с.
5. Ахметов, Ж.Е., Баязитова М.И., Иванова А.А., Тулеубаева С.Х., Кучуков Е.Е., Ахметов А.Ж. Оценка влияния параметров смеси и формуемого изделия на перепад по высоте изделия при импульсном методе формования. Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «Х Сатпаевские чтения». Том 11. — Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2010. — с. 21–25.
6. Бекенов, Т.Н., Ахметов Ж.Е. Исследование изменений давления прессования по высоте прессуемого изделия Научный журнал МОН РК «Поиск» — «Ізденіс». Серия естественных и технических наук. — 2010. — № 3
7. Ахметов, Ж.Е., Ережепова З.Ж., Молдажанов М.Б. Разработка конструкции газоимпульсного прессового оборудования для производства тротуарных плит из полусухой смеси. Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «IV Торайгыровские чтения». Том 2. — Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2010. — с. 368–373.
8. А. с. СССР № 1838027 АЗ В22 С15/22 Устройство для уплотнения формовочной смеси. Ахметов Ж.Е., Левинсон В.А., Ботов А.П., Кузембаев С.Б., Исагулов А.З. Оpub. Б. И. № 32. — 30.08.1993.

## **Способы реновации судовой парозежекторной холодильной машины с деформированным корпусом испарителя**

Кокотков Илья Николаевич, инженер-технолог II категории;

Юрьев Евгений Аркадьевич, начальник сектора;

Железнов Андрей Константинович, заместитель начальника отдела;

Попов Сергей Валентинович, кандидат технических наук, заместитель главного инженера

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега»

(г. Северодвинск, Архангельская обл.)

*В докладе рассматриваются вопросы в части технологии реновации парозежекторной холодильной машины типа Э500 (далее — ПЭХМ). Предложен вариант восстановления потока пара из сопел в диффузор при деформации корпуса испарителя путем изготовления новых клиновых сопловых досок, устанавливаемых на фланцы корпуса испарителя.*

**О**рганизация реновации судового оборудования, как правило, предполагает следующие этапы:

— разработка изготовителем оборудования ремонтной документации, её согласование и утверждение;

— разработка ремонтным предприятием технологической документации;

— организация ремонтного производства, изготовление стендов, средств технологического оснащения в соответствии с разработанной технической документацией.

В случае появления дефектов, не предусмотренных ремонтной документацией, конструкторское бюро ремонтного предприятия обращается к разработчику (изготовителю) изделия, согласовывая нормы износа, ремонтные размеры. В настоящем докладе показан опыт

ОАО «НИПТБ «Онега» в части реновации парозежекторной холодильной машины.

Парозежекторная холодильная машина применяется на отечественных судах с ППУ и предназначена для обеспечения работы системы кондиционирования воздуха и других потребителей холодной воды.

Устойчивая и надёжная работа холодильной машины зависит от многих факторов, в числе которых дозированная подача пара из сопел на входные конуса диффузоров эжекторов, а также определённое количество паровоздушной смеси, поступающее на выходе из диффузоров в направлении паротбойников. При поступлении пара, сопла должны располагаться на одной оси с входными конусами диффузоров эжекторов, а паротбойники на одной оси с выходными конусами. Горизонтальная плоскость па-

роотбойника должна находиться параллельно плоскости выходного конуса диффузора (1). Расположение узлов ПЭХМ, участвующих при приёме и передаче пара, а также направление потока пара приведены на рисунке 1а.

Рабочий пар через регулятор давления пара поступает на паровую коробку, далее в сопла главного эжектора, где потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую. Скорость пара возрастает. Струя рабочего пара, увлекает холодный пар и воздух, идущий из испарителя, смешивается с ним и поступает во входной конус диффузора эжектора. Смесь воздуха, рабочего и холодного пара, сжимаемая в диффузоре, сбрасывается из выходного конуса диффузора в главный конденсатор, проходя через вертикально расположенный паротбойник, состоящий из рядов прутков, которые служат для торможения потока пара, предохраняя трубки охлаждения главного конденсатора. Паротбойник крепится подвижным соединением втулки паротбойника с вилкой, которая жестко установлена к втулке днища корпуса испарителя.

В процессе эксплуатации ПЭХМ возникают нештатные ситуации, которые часто приводят к возникновению избыточного давления в корпусе испарителя холодильной машины, и как следствие, к изменению его геометрии.

При деформации в верхней части корпуса происходит отклонение плоскости сопловой доски от горизонтальной плоскости верхнего конуса диффузора на угол  $15^\circ$  и более, а также отклонение её оси от оси диффузора эжектора, после чего части сопел сопловой доски становятся на-

правлены с отклонением от верхнего конуса диффузора, который предназначен для приёма рабочего пара. Отклонение сопловой доски изображено на рисунке 1б.

При деформации, в нижней части корпуса испарителя происходит отклонение оси паротбойника от оси диффузора, а также отклонение горизонтальной плоскости паротбойника от плоскости выходного конуса диффузора. В отдельных случаях отклонение паротбойника приводит к касанию его о выходной конус диффузора или недостаточному зазору между ними, что создаёт повышенный шум, металлический стук. От неравномерного поступления потока струи пара на внутренние и наружные прутки паротбойника возникает повышенная эрозия (разрушение) внутренних прутков; наиболее удалённых — до 80 %, наружных — до 10 %. Паротбойники с отклонением на сторону перестают выполнять свои прямые функции по торможению пара на большой скорости, чтобы, в случае эрозии внутренних прутков, предохранить главный конденсатор. Машина начинает работать нестабильно (2). Изменения положения паротбойника и направления потока пара в случае деформации корпуса испарителя приведены на рисунке 1б.

Дефект существенно влияет на ряд технических характеристик, которые необходимы для поддержания длительной, надёжной и безопасной работы машины. Неравномерное поступление рабочего пара в эжектор и главный конденсатор, в результате смещения сопловых досок и паротбойников, приводит к следующим последствиям:

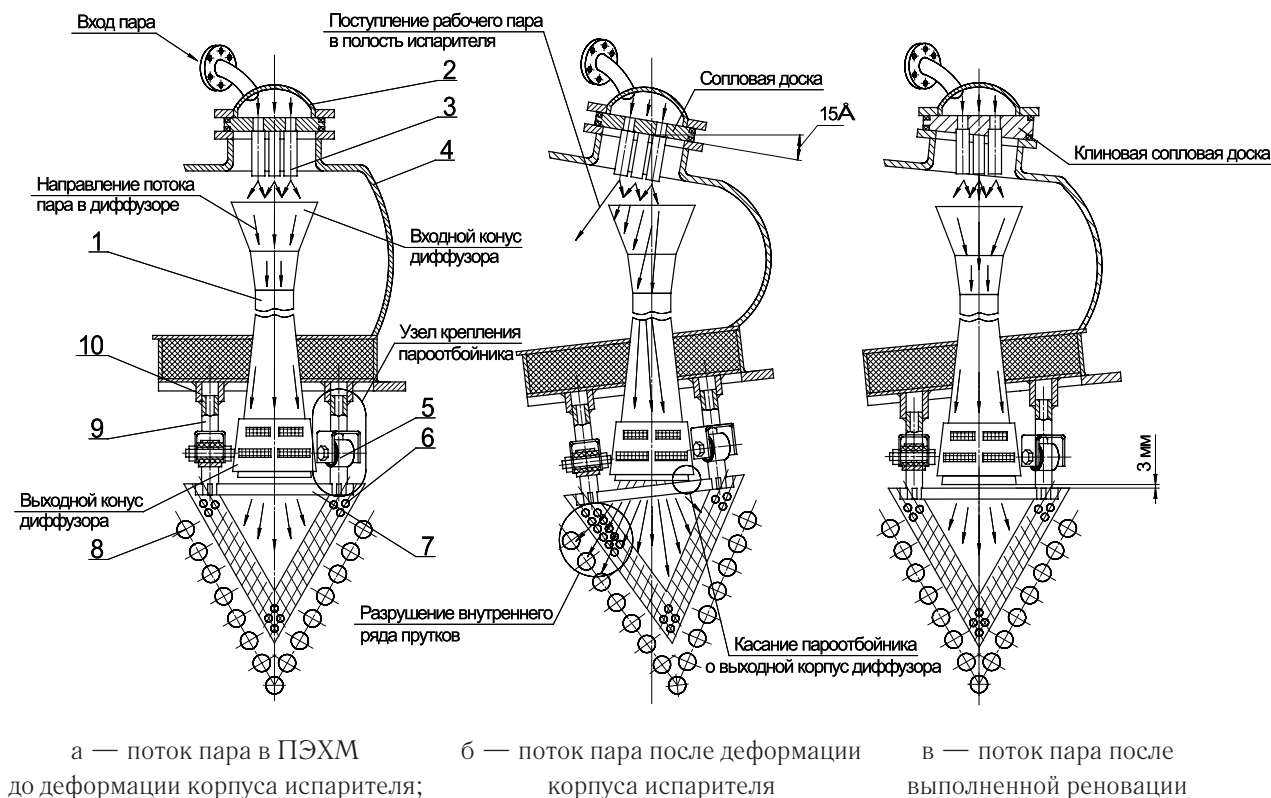


Рис. 1: 1 — диффузор; 2 — паровая коробка; 3 — сопло; 4 — испаритель; 5 — паротбойник; 6 — прутки; 7 — втулка паротбойника; 8 — трубки охлаждения главного конденсатора; 9 — вилка; 10 — втулка

- падает холодопроизводительность машины;
- увеличивается по времени длительность поднятия вакуума;
- повышается температура рабочей воды на потребителя;
- повышается солесодержание конденсата;
- машина в автоматическом режиме работает нестабильно;
- увеличивается шумность;
- увеличивается вибрация;
- появляются гидравлические удары при пуске машины.

Ремонтной документацией предусмотрена технология восстановления направления потока пара из сопел в диффузор при деформации корпуса испарителя в верхней его части. Ремонт заключается в изготовлении новых клиновых сопловых досок на фланцы корпуса испарителя с учётом его деформации. Клиновые сопловые доски позволяют восстановить соосность сопел по отношению к диффузору, а также соответствие плоскости сопловой доски по отношению к плоскости верхнего конуса диффузора эжектора. В результате замены сопловых досок весь объём рабочего пара ускоряется и поступает в нужном направлении в эжектор, тем самым, выполняя свою естественную функцию. Ремонт подразумевает следующие работы:

- демонтаж навесного оборудования, арматуры и подводящих трубопроводов к испарителю;
- проведение пневматических испытаний корпуса испарителя;
- заварка трещин, выявленных в результате испытаний;
- проведение повторных пневматических испытаний корпуса;
- изготовление новых клиновых сопловых досок в верхней части корпуса с учётом его деформации.

Авторами доклада предлагается вариант восстановления:

- направления потока пара при выходе его из диффузора эжектора в нижней части корпуса испарителя путём выравнивания оси пароотбойника с осью выходного конуса диффузора;

- соотношения плоскости пароотбойника с горизонтальной плоскостью конуса диффузора путём изменения размера вилок крепления пароотбойника для равномерного поступления паровоздушной смеси из диффузора на пароотбойник.

Восстановление потока пара в нижней части корпуса позволит исключить оставшиеся нежелательные факторы, связанные с деформацией; создать условия для продолжительной, надёжной, безопасной работы холодильной машины. На рисунке 1в приведён общий вид восстановления направления потока пара после проведённого ремонта в верхней и нижней частях корпуса испарителя. Установка пароотбойников к днищу корпуса показана на рисунке 2.

Для ремонта пароотбойников, с целью восстановления потока пара в нижней части корпуса испарителя, необходимо провести следующие работы:

- произвести демонтаж и установку испарителя на главный конденсатор с помощью четырёх вертикальных стоек на высоту от 400 до 500 мм, жёстко закрепить их в отверстия фланцев испарителя и главного конденсатора;
- произвести разметку пароотбойников по порядковым номерам с занесением в табличную форму по четыре графы на каждый номер (нос, корма, левый и правый борт);
- выполнить измерения величины отклонения каждого пароотбойника от параллельной плоскости своего выходного конуса диффузора в четырёх точках с четырёх сторон, зафиксировав результаты измерений в табличной форме, согласно своему порядковому номеру;
- определить количество пароотбойников, имеющих отклонение в пределах допуска, и количество пароотбой-

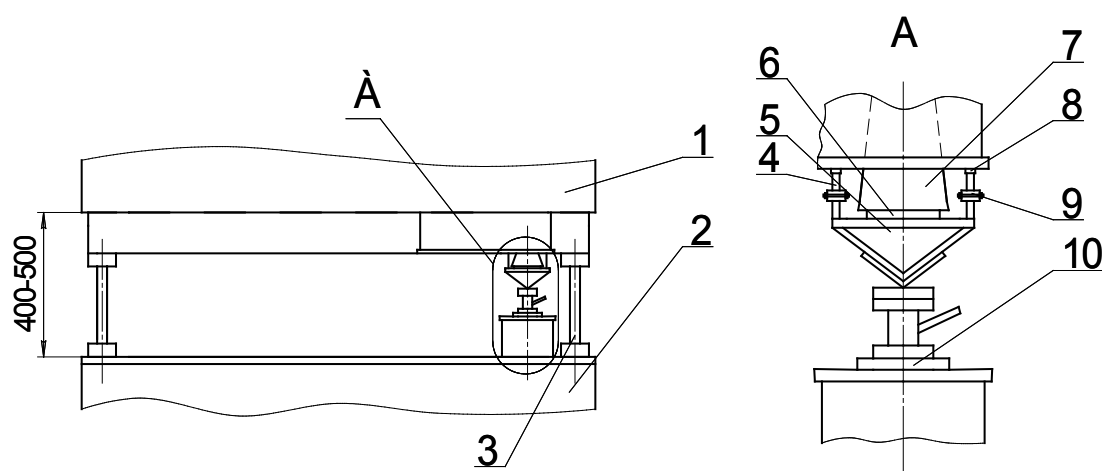


Рис. 2: 1 — испаритель, 2 — конденсатор, 3 — стойка, 4 — вилка, 5 — пароотбойник, 6 — пластина, 7 — выходной конус диффузора, 8 — втулка днища корпуса, 9 — втулка пароотбойника, 10 — приспособление (домкрат)



ников, имеющих максимальную величину отклонения, их расположение;

— демонтировать пароотбойники с максимальным отклонением, для чего необходимо:

1) срезать вилки пароотбойника, приваренные к втулкам днища корпуса, на расстоянии от 15 до 20 мм от корпуса;

2) определить необходимую длину новых вилок с учётом величины отклонения и расстояния от днища корпуса до подвижного крепления втулки пароотбойника;

3) изготовить новые вилки с учётом измерений;

4) произвести сборку вилок с втулками пароотбойника без обжата гаек;

5) установить приспособление (домкрат) для поджатия пароотбойника к выходному конусу диффузора;

— приспособлением, перемещая пароотбойник вверх, завести вилки во втулки днища корпуса, затем прижать

пароотбойники до касания о плоскость конуса по всему контуру, предварительно установив стальную пластину толщиной 3 мм между выходным конусом диффузора и пароотбойником. Выполнить прихватки сваркой вилок к втулкам корпуса. Убрать пластину, проконтролировав щупом зазор между пароотбойником и конусом, величина зазор должен быть от 3 до 4 мм. Приварить вилки к втулкам корпуса испарителя. Обжать гайки подвижного крепления, затем их стопорить.

### Заключение

Предложенный способ реновации ПЭХМ позволяет восстанавливать её технические характеристики, и даже улучшить конструкцию трубной полости конденсатора.

Внедрение предложенного способа позволяет исключить металлоёмкие и трудоёмкие работы по восстановлению геометрии формы корпуса испарителя.

### Литература:

1. Восстановление эффективности судовых энергетических установок/А.М. Подсушный. — Л.: Судостроение, 1975. — 216 с.
2. Холодильные машины: учеб. для вузов/И.А. Сакур. — Л.: Машиностроение, 1985. — 510 с.

## Схема утилизации твердых отходов гипермаркета

Чудакова Оксана Геннадьевна, кандидат химических наук, доцент;

Лавриненко Ольга Васильевна, кандидат химических наук, доцент;

Гаязова Зульфия Ирековна, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева (Татарстан)

*В работе представлена технологическая схема утилизации твердых отходов. Рассмотрены и просчитаны аппараты утилизации технологической схемы. Проанализировано количество твердых отходов и проведена их классификация к прессованию или сжиганию на примере универсального гипермаркета.*

**Ключевые слова:** утилизация отходов, сжигание, твердые отходы, влажные отходы, твердые бытовые отходы, мусор.

Проанализировав города миллионники, наибольшее количество покупателей приходится на крупные большие магазины — гипермаркеты. С ростом населения и появлением новых районов появляется больше гипермаркетов и торговых центров. На примере одного гипермаркета расположенного в г. Казани, был произведен расчет эколого-экономического ущерба. Выяснено, если около магазинов располагать контейнеры с прессованием, а затем сжигать на мусоросжигающей установке, то происходит уменьшение платы гипермаркета за эколого-экономический ущерб и дополнительно уменьшение территории полигона твердых отходов.

Для того чтобы правильно утилизировать отходы, необходимо знать их состав [1], который во временных рамках не сильно меняется. Рассмотрены виды отходов напри-

мере ООО «гипермаркета Reall», образующиеся от:

1. Административного комплекса: бумага, картон, полиэтилен.
2. Столовой: пищевые продукты питания, бумага, картон, полиэтилен, пластмасс, люминесцентные лампы, куски ткани, стеклянная тара.
3. Санитарного узла: куски ткани, люминесцентные лампы, картон, бумага, стеклянная тара, моющие средства.
4. Мясного отдела: курицы, котлеты, мясные изделия, картон, полиэтилен пластмассовые бутылки, куски ткани, люминесцентные лампы, бумага, стеклянная тара.
5. Канцтоваров: фломастеры, тетради, альбомы, обложки, ручки, картон, полиэтилен, пластмассовые бутылки, куски ткани, люминесцентные лампы, куски ткани, картон, бумага, стеклянная тара.

6. Молочных отделов: молоко, творог, сметана, картон, полиэтилен пластмассовые бутылки, куски ткани, люминесцентные лампы, куски ткани, картон, бумага, стеклянная тара.

7. Хлебопекарного отдела: пончики, хлеб, батон, пироги, торты, картон, полиэтилен пластмассовые бутылки, куски ткани, люминесцентные лампы, куски ткани, картон, бумага, стеклянная тара.

8. Отдела бытовой химии: порошки, шампуни, крема, лосьон, чистящие средства картон, полиэтилен пластмассовые бутылки, куски ткани, люминесцентные лампы, куски ткани, картон, бумага, стеклянная тара.

9. Отдел бытовой техники: DVD — плеер, телевизоры, фотоаппараты, электрические чайники, картон, полиэтилен пластмассовые бутылки, куски ткани, люминесцентные лампы, куски ткани, бумага, стеклянная тара.

10. Текстильный отдел: нижнее белье, джинсы, рубашки, джемпера картон, куски ткани, люминесцентные лампы, куски ткани, картон, бумага.

11. Разное: люминесцентные лампы, отработанная спецодежда, смет с территории санитарной уборки прилегающей к магазину территории.

Учитывая специфику предприятия, и зная компонентный и количественный состав (табл. 1) можно утилизировать отходы с дополнительной выгодой. Для ликвидации отходов потребления используются в основном 3 способа: захоронение, сжигание и утилизация.

Проанализировав рынок выпускаемых аппаратов сжигающей очистки, материалы из которых они выпускаются и класс опасности отходов, выявлена оптимальная схема с расчетом ее рентабельности [2]. Технологическая схема утилизации отходов предполагает предварительную сортировку, в которой сухую бумагу и картон откладываем отдельно на вторичную переработку, остальные отходы поступают в контейнер 1. По мере накопления контейнера отходы подаются в дробилку 2, где они измельчаются. При прохождении мусора дальше по установке расположены отсеки 3, имеющие два или более промышленных магнита для сепарирования. Железный мусор из отсеков

удаляется с помощью дверцы 4. Измельченные отходы накапливаются на дне пресса который приводится в движение благодаря датчикам 5 наполнения за счет двигателя 6, например трехфазного, подключенного к редуктору с соединительным валом имеющий червячную передачу 7, затем прессуются в брикеты и попадают в камеру сжигания 8. На дне камеры предусмотрен отсек для золы 9, горения поддерживается за счет газо-воздушной смеси из горелок 10. Топочные газы 11 содержащие сажу попадают в циклон сухого действия 12, внизу которого скапливается зола и сажа 13. Очищенный газ поступает на абсорбер 13. Очищенный воздух проверяется газоанализатором 14 на остаточное количество топочных газов (рис. 1).

Необходимо отметить, что предложенная схема может относиться к теплоэнергетике и использоваться для получения тепла, так как реакции горения относятся к экзотермическим. Камера сжигания в такой схеме предполагает утилизировать не только сухой мусор, но и влажные отходы без предварительной их подготовки (обезвреживания). Например, такими отходами могут быть небольшие количества испорченных продуктов вперемешку с картоном и другим сухим мусором, за счет которого влажность равномерно распределится.

Блок сжигания предусматривает периодическое действие. Прессованный материал образует небольшие брикеты, которые поступают в печь сжигания. Такой способ утилизации для гипермаркетов является удобным, так как по мере накопления отходов происходит их утилизация.

Необходимо отметить, что печь сжигания снабжена автоматической дверцей для закрытия камеры горения работающая от двигателя в боковой части печи. В нижней части печи из трубы подается воздух, который регулируется с помощью ручного винтеля. Предполагается такое использование винтеля обусловленное спецификой и разнообразием отходов гипермаркета, например, для более влажных отходов больше требуется вытяжка в поддувале в отличие от сухих. Дымоход расположен в верхней части

Таблица 1  
Качественный и количественный состав отходов гипермаркета

№	Наименование отходов	Код ФККО	Класс опасности для окр. при-й среды	Количество, т/год
1	Отработанные люминесцентные лампы	3533010013011	1 — Высоко опасные	0,2597
2	Отходы от торговли	9120040001004	4 — мало опасные	3645,78034
3	Отходы от склада	9120040001004	4 — мало опасные	18,84
4	Тара полиэтиленовая	5710290313994	4 — мало опасные	4,7225
5	Макулатура	1871030001004	4 — мало опасные	10810,75
6	Спецодежда отработанная	5810110001004	4 — мало опасные	0,113
7	Смет с территории	9120120001004	4 — мало опасные	52,68
8	ТБО	91230040001004	4 — мало опасные	16,09
Итого:				14549,24

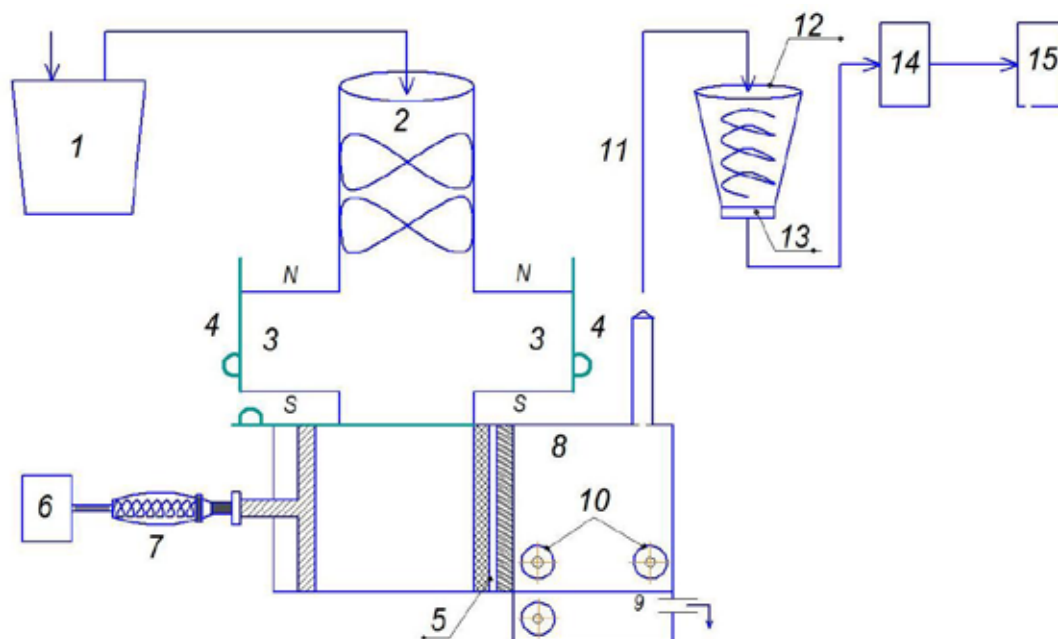


Рис. 1. Технологическая схема утилизации отходов гипермаркета

камеры. При этом камера сгорания выполнена с двумя зонами горения V1 и V2 различных объемов, причем соотношение объемов зон горения V1 и V2 удовлетворяет условию  $V1: V2=0,4+0,1$ , а подвод воздуха осуществлен в зону горения объема V1 с нескольких сторон, где V1 — нижняя зона горения меньшего объема, V2 — верхняя зона горения большего объема [3].

Расчет мусоросжигательной установки [4].

$$H = 1 \text{ м}$$

$$R = 1,5 \text{ м}$$

Объем камеры сжигания:

$$V = \pi R^2 H$$

$$V = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 1 = 4,71 \text{ м}.$$

Объем камеры:

$$V = 3,14 \cdot 2,25 \cdot 1 = 7,065 \text{ м}.$$

Масса камеры:

$$m_{\text{камер}} = V \cdot g = 7,065 \cdot 0,52 \cdot 10^3 = 3,673 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

Теплопроводная способность от продуктов сжигания:

$$g_{\text{ж}} = 9000 \text{ ккал/кг (жидкости);}$$

$$g_{\text{кг}} = 8000 \text{ ккал/кг (газы-сжигания);}$$

$$g_{\text{т}} = 5000 \text{ ккал/кг (древесина).}$$

Теплота камеры:

$$G_{\text{камер}} g_{\text{т}} m_{\text{камеры}} = 500 \cdot 3673 = 188365000 \text{ ккал/кг}.$$

Теплота от газов сжигания мусоросжигательной печи:

$$G = g_{\text{пирол газ}} m = 8000 \cdot 3673 = 2938460 \text{ м}^3/\text{тонну}.$$

Производительность для мусоросжигательной печи:

$$W = m_{\text{камера}} = 3673/g = 3673/0,52 \cdot 10^3 = 7063,4 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Суммарная поверхность мусоросжигательной печи для камеры:

$$F = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \cdot \lambda$$

$$F = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 6,78 \text{ м}^2$$

Максимальная величина тепловой нагрузки на единицу поверхности:

$$gF = G/F$$

$$\text{Для печи: } gF = G_{\text{ком}} = 2938460 \cdot 102/18,84 = 15,596 \cdot 10^2 \text{ Вт/м}^2$$

Таким образом, предложена полная технологическая схема для гипермаркетов и розничной торговли, а также полностью рассмотрена печь сжигания влажных отходов со сливом горячей воды и произведен ее расчет относительно продаваемых товаров гипермаркета.

#### Литература:

1. Л.Я. Шубов, О.Н. Борисова, И.Г. Доронкина/Состав тбо — критерий эффективности схем управления/Твердые бытовые отходы. — №12 (90). — 2013. — с. 28–33.
2. С.М. Найман, Н.Х. Газеев, А.Н. Глебов, Д.В. Фролов/Техника и технология переработки и утилизации отходов/Казань. — 2011. — 417 с.
3. И.И. Ковалевский Печные работы. Изд четвертое Всесоюзное учебно-педагогическое издательство профтехиздат, Москва 1963 г. 239с именно с 47–54.
4. В.В. Кирсанов/Современные технико-технологические методы защиты окружающей среды. Том 1. Процессы и аппараты защиты гидросферы./Казань. — 2013. — 495 с.

## 8. СТРОИТЕЛЬСТВО

### Применимость программного комплекса SCAD для расчета прогрессирующего разрушения каркасно-панельных одноэтажных зданий с учетом потери несущей способности отдельных конструктивных элементов

Гляков Максим Юрьевич, адъюнкт;

Агеев Сергей Михайлович, кандидат технических наук;

Капустин Дмитрий Игоревич, кандидат технических наук

Военный инженерно-технический университет (г. Балашиха, Московская обл.)

*Проведен анализ прогрессирующего разрушения каркасно-панельного производственного здания с применением вычислительного комплекса SCAD, обладающего осевой симметрией при удалении одного элемента из группы эквивалентных элементов. Формула определения необходимого числа расчетов на прогрессирующее разрушение, при выходе из строя одной колонны в зависимости от количества пролетов и рядов колон.*

**Ключевые слова:** прогрессирующее разрушение, вычислительный комплекс SCAD, эквивалентные группы элементов, каркасно-панельное производственное здание.

В последние годы вопросам надёжности проектируемых и существующих зданий проявляется повышенный интерес, который связан, в том числе с мероприятиями по предотвращению прогрессирующего разрушения зданий и сооружений.

Значительный интерес к прогрессирующему обрушению связан с большими экономическими потерями и социальными негативными последствиями.

Для предупреждения прогрессирующего разрушения необходимо рассматривать влияние возможных последствий разрушения отдельных конструктивных элементов на сохранение основных несущих элементов конструкций сооружений. Прогрессирующее разрушение связано с влиянием начального локального разрушения отдельных несущих элементов, на состояние сооружения в целом.

В настоящее время активно ведутся работы по исследованию прогрессирующего разрушения многоэтажных (высотных) каркасов зданий и большепролетных сооружений [1]. В том числе и для производства восстановительных работ на объектах, разрушаемых при ЧС различного характера.

Исследования на прогрессирующее разрушение многоэтажных зданий, в большинстве своем связаны со строительством большого количества жилых и офисных зданий и большепролетных торгово-развлекательных и спортивных комплексов.

Что же касается исследования прогрессирующего разрушения большепролетных зданий то, в настоящее время ему уделяют все большее внимание в связи с имеющимися место разрушениями. Примером прогрессирующего обрушения большепролетных сооружений является, рух-

нувшее покрытие аквапарка «Трансвааль». Авария аквапарка развивалась как последовательная цепь локальных повреждений.

На данный момент известны три основных способа предупреждения прогрессирующего обрушения строительных конструкций [2]:

- Общее упрочнение всего сооружения;
- Местное усиление отдельных элементов;
- Обеспечение надежной конструктивной взаимосвязи элементов.

Также существуют и более частные методы предупреждения прогрессирующего разрушения, к которым относятся: повышение надежности, дублирование и конструктивные решения, обеспечивающие предупреждения прогрессирующего разрушения основных несущих элементов здания [1].

Расчет прогрессирующего разрушения может проводиться двумя методами кинематическим методом предельного равновесия и методом конечных элементов с использованием пакетов прикладных специальных сертифицированных в России компьютерных программ, таких как SCAD, ANSYS, СТАДИО, Nastran и др. Кинематический метод, в отличие от метода конечных элементов, не автоматизирован и требует от исполнителя творческого подхода. Оба метода расчета позволяют, как проверить, так и подобрать сечение отдельных элементов.

Расчет устойчивости здания к прогрессирующему обрушению необходимо производить на особое сочетание нагрузок и воздействий, включающих длительные и постоянные нагрузки, при действии особых нагрузок расчет

проводится для сооружений I и II классов ответственности, а также воздействие возможных локальных разрушений несущих конструкций [3].

Расчетом должны быть проверены все возможные схемы разрушений отдельных элементов. При этом величина деформации и ширина раскрытия трещин в элементах, рассчитываемых на прогрессирующее разрушение, не регламентируется [4].

Оценка состояния несущих конструкций каркасных зданий и сооружений является актуальной задачей особенно для промышленных зданий, особо опасных, технически сложных и уникальных объектов. Разрушение подобных сооружений может привести к катастрофам. Особенно это касается объектов атомной энергии (в том числе ядерные установки, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ), объектов авиационной и космической инфраструктуры. [8, с. 31] Согласно [5] перечисленные выше здания и сооружения подлежат защите от прогрессирующего обрушения при аварийных и техногенных ситуациях.

Рассмотрим различные варианты существующих одноэтажных промышленных зданий, для которых, в большинстве случаев унифицированы размеры пролетов, шаг колон и высоты зданий, кроме того для промышленных зданий существенным, с точки зрения анализа прогрессирующего обрушения, является наличие или отсутствие мостовых кранов определенной грузоподъемности. Что касается длины здания, то она может быть любая, но при этом кратна принятому шагу колон [6, с. 15]

Анализ производственных зданий промышленных объектов существенно, также упрощается за счет того, что ограждающие конструкции собраны целиком из типовых элементов, изготовленных на заводах строительных конструкций.

Примененные колонны могут быть стальные или сборные железобетонные, несущие конструкции покрытия принимаются в виде сборных железобетонных балок или ферм или стальных ферм. Подкрановые балки применяются стальные или сборные железобетонные в зависимости от грузоподъемности мостовых кранов [6, с. 18] Выше перечисленные конструктивные элементы с различными геометрическими размерами применяются для любой конструктивной схемы с одинаковым пролетом.

Что касается типовых решений, для многоэтажных зданий, то их применение для типовых решений производственных зданий ограничено, что обусловлено большими технологическими нагрузками от оборудования.

Рассматривая многопролетные одноэтажные, каркасно-панельные производственные здания, можно сделать вывод, что они, как правило, в большинстве случаев обладают осевой симметрией относительно продольной и (или) поперечных осей.

Моделирование процесса прогрессирующего разрушения производственных зданий, вышеперечисленного типа, удобно проводить с применением ПК SCAD, позволяющим определить объемы разрушения всего здания,

при превентивном разрушении одного или группы элементов.

Для оценки прогрессирующего разрушения в ПК SCAD искусственно удаляется один или группа элементов и проводится расчет напряженно деформируемого состояния всех элементов здания, что позволяет получить картину возможных разрушений для каждого элемента здания.

Количество расчетов выбирается исходя из необходимости получения наиболее полной информации по объемам разрушений для всего промышленного здания, при возможном разрушении наиболее ответственных элементов.

Для зданий обладающих симметрией относительно обеих осей, можно определить необходимое число расчетов, которое необходимо выполнить для количественной оценки объемов разрушений при разрушении одного из элементов. К таким элементам в первую очередь относятся, колонны балки, фермы. При этом разрушении колонн приводит к наибольшему числу разрушений конструктивных элементов здания и как следствие к наибольшему объему восстановительных СМР. Для анализа объемов разрушения всего здания при возможном разрушении одной из колонн, они объединяются в расчетные группы. Расчетные группы объединяют колонны на основе их симметричного положения на плане здания. количество расчетных групп при разрушении одной из колонн определяется из зависимости (1).

$$C = \left( \frac{N+U_+(N^*)}{2} \right) \times \left( \frac{n+1+U_+(n^*)}{2} \right) \quad (1)$$

где:  $N$  число рядов колонн производственного здания в продольном направлении;

$n$  — число пролетов производственного здания в поперечном направлении;

$$N^* = N^I - [N^I];$$

$$n^* = n^I - [n^I];$$

$$N^I = \frac{N}{2};$$

$$n^I = \frac{n+1}{2};$$

$[N^I]$  — целая часть числа  $N^I$  (целочисленная функция) [7, с. 803];

$[n^I]$  — целая часть числа  $n^I$  (целочисленная функция);

$U_+(N^*) = \begin{cases} 0; & N^* = 0 \\ +1; & N^* > 0 \end{cases}$  сигнум функция от  $N^*$  [7, с. 790];

$$U_+(n^*) = \begin{cases} 0; & n^* = 0 \\ +1; & n^* > 0 \end{cases} \text{ сигнум функция от } n^*.$$

После выполнения всех расчетов, количество которых определяется по формуле (1) выделяются эквивалентные элементы группы разрушаемых элементов. Под экви-



валентной группой разрушаемых элементов понимается элемент или группа элементов, разрушение которых вызывает одинаковый объем разрушения всего здания.

В качестве примера моделирования прогрессирующего разрушения в ПК SCAD рассмотрим разрушение конструкций одноэтажного каркасно-панельного сооружения

при разрушении одной из колон. На рисунке 1 представлен поперечный разрез типового производственного здания, а на рисунке 2 план расстановки колон рассматриваемого здания с шагом в осях «1–13», 6 м, а в осях «А-Г» 18 м. Колонны рассматриваемого здания двух типов: в осях А, Г — К1, в осях Б, В — К2 рисунок 2.

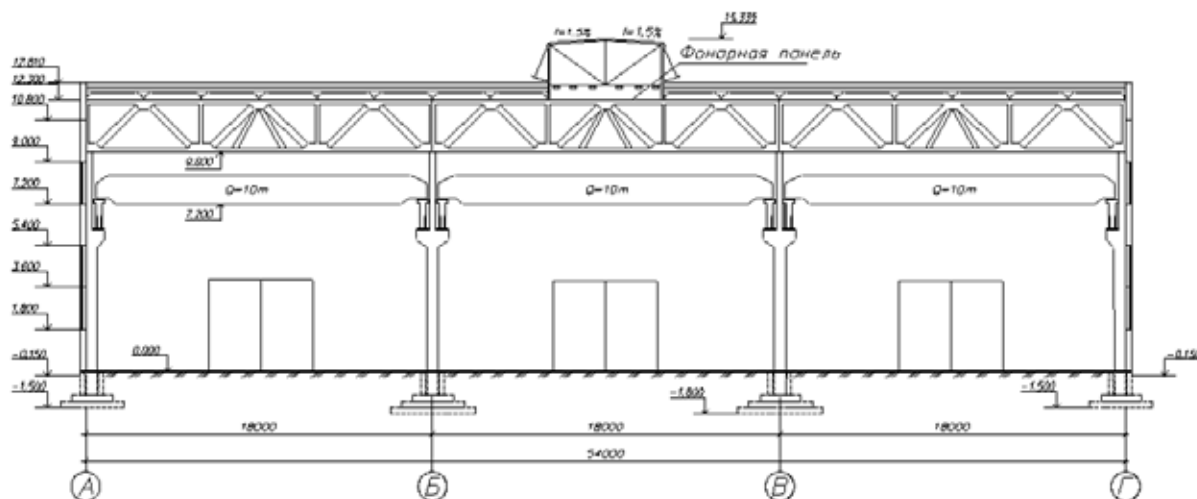


Рис. 1. Поперечный разрез типового производственного здания

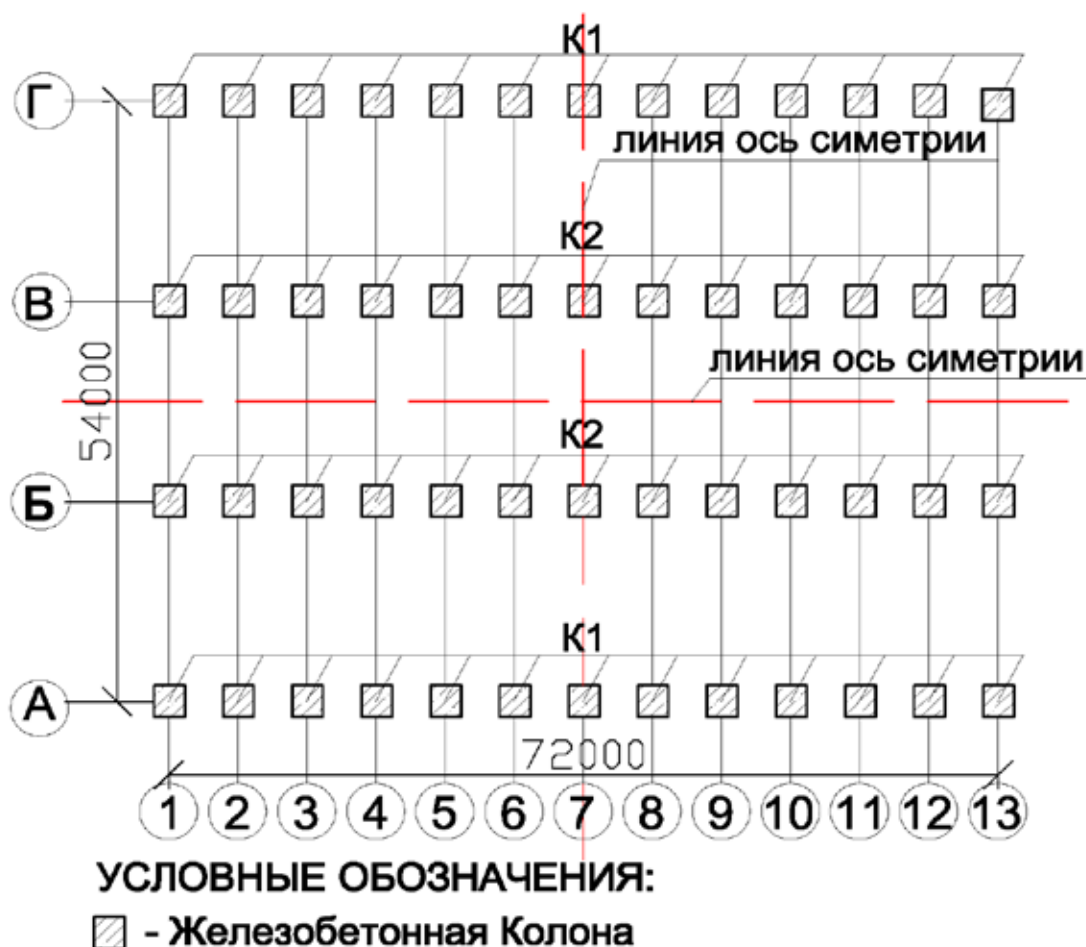


Рис. 2. План расстановки колон типового производственного здания

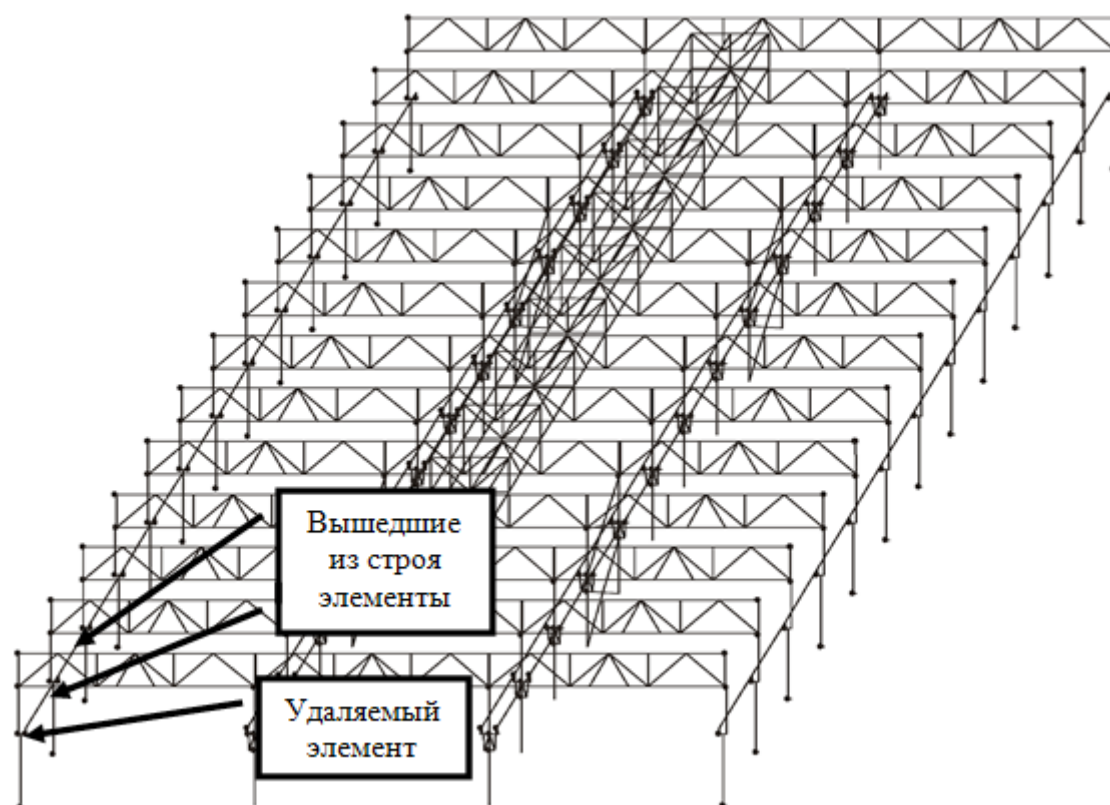


Рис. 3. Результат расчета на прогрессирующее разрушение каркаса промышленного здания при выходе из строя колонны A13

Для анализа объема разрушения рассматриваемого здания, с  $N=13$  и  $n=3$  при разрушении одной колонны, в соответствии с зависимостью (1) необходимо провести 14 расчетов в программном комплексе ПК SCAD [1].

Рассмотрим состояние здания при расчете на прогрессирующее разрушение при разрушении одной из колонн первой расчетной группы, включающих колонны A1; A13; Г13; Г1. На рисунке 3 представлен результат расчета на прогрессирующее разрушение каркаса промышленного здания при выходе из строя колонны A13.

Результаты расчета рассматриваемого здания на прогрессирующее разрушение отображается в графической форме в двухцветной цветовой шкале. В двухцветной шкале элементы разделяются на два типа, сохранившие работоспособность, обозначаются зеленым цветом и вышедшие из строя, обозначаются красным цветом [2].

Результаты расчетов на прогрессирующее разрушение выполняются для всех 14 расчетных групп и сводятся в таблицу 1. После выполнения расчетов выделяются эквивалентные элементы (эквивалентные группы колонн), разрушение которых приводит к одинаковым объемам разрушения здания.

Анализ результатов прогрессирующего разрушений позволяет выделить элементы вышедшие из строя, объединить элементы в эквивалентные группы, и а также определить необходимый объем СМР для каждой экви-

валентной группы. В таблице 2, обобщены результаты расчета разрушения отдельных элементов, что позволяет получить объемы восстановительных работ для каждой эквивалентной группы.

В таблице 2 необходимый объем СМР представлен для восстановления сооружения с учетом демонтажа и повторного монтажа.

Анализ результатов расчета сведенные в таблицу 2 позволяют определить наиболее опасные места разрушения производственных зданий, которые могут повлечь лавинообразное распространение обрушений.

### Выводы

Получена формула (1) для выполнения необходимого числа расчетов на прогрессирующее разрушение с целью оценки количественных показателей конструкций производственного здания.

Результаты расчета наиболее опасных участков конструкции при прогрессирующем разрушении, позволяет провести их местное усиление, что сократит объемы разрушений и не даст возможности распространению лавинообразного обрушения конструкций при перераспределении веса конструкции.

Анализ результатов работы модели прогрессирующего разрушения и выполненной в ПК SCAD, позволяют спро-

Таблица 1

Результаты расчета на прогрессирующее разрушение при удалении одной из колонн здания

Номер расчетных групп (номер разрушаемого эле- мента)	Тип колон	Номера колон входящих в расчетную группу	Количество элементов вышедших из строя						Номер эквивалентной группы
			Колона крайняя	Колонна средняя	Подкрановая балка	Ферма ФПП6– 18–1	Плита по- крытия ПНС-1	Стеновая па- нель	
1 (А1)	К1	А1; А13; Г13; Г1	1	-	2	-	-	8	1
2 (А7)	К1	А7; Г7	-	-	4	1	-	8	2
3 (А6)	К1	А6; А8; Г6; Г8	-	-	4	1	-	8	2
4 (А5)	К1	А5; А9; Г5; Г9	-	-	4	1	-	8	2
5 (А4)	К1	А4; А10; Г4; Г10	-	-	4	1	-	8	2
6 (А3)	К1	А3; А11; Г3; Г11	-	-	4	1	-	8	2
7 (А2)	К1	А2; А12; Г2; Г12	-	-	4	1	-	8	2
8 (Б7)	К2	Б7; В7	-	-	2	2	2	-	3
9 (Б6)	К2	Б6; Б8; В8; В6	-	-	2	2	2	-	3
10 (Б5)	К2	Б5; Б9; В9; В5	-	-	2	2	2	-	3
11 (Б4)	К2	Б4; Б10; В10; В4	1	-	4	2	1	-	4
12 (Б3)	К2	Б3; Б11; В11; В3	1	-	4	2	1	-	4
13 (Б2)	К2	Б2; Б12; В12; В2	1	-	4	2	1	-	4
14 (Б1)	К2	Б1; Б13; В1; В13	-	-	6	3	8	-	5

Таблица 2.

Сводные объемы разрушения производственного здания и количество элементов, подлежащее восстановлению при возможном разрушении одной из колонн в каждой из эквивалентных групп

Номера эквивалентных групп	Номера групп	Количество элементов вышедших из строя при разрушении одной из колонн.					Необходимый объем СМР для восстановления сооружения.						
		Колонна крайняя	Колонна средняя	Подкрановая балка	Ферма ФПП6–18–1	Плита покрытия ПНС-1	Стеновая панель	Колонна крайняя	Колонна средняя	Подкрановая балка	Ферма ФПП6–18–1	Плита покрытия ПНС-1	Стеновая панель
		Количество элементов вышедших из строя					Количество элементов						
1	1	1	-	2	-	-	8	2	-	2	2	12	16
2	2, 3, 4, 5, 6, 7	-	-	4	1	-	8	1	-	4	1	12	16
3	8, 9, 10	-	-	2	2	2	-	-	1	2	2	18	-
4	11, 12, 13	1	-	4	2	1	-	1	1	2	-	20	-
5	14	-	-	6	3	8	-	-	1	3	3	8	-

гнозировать объемы разрушений, в том числе для проведения восстановительных работ на объектах, разрушенных при ЧС. Это определяет в свою очередь план технического прикрытия объекта.

#### Литература:

1. Алмазов, В. О., Проблемы прогрессирующего разрушения строительных объектов // Строительство. Деловая слава России, [Электронный ресурс] — Режим доступа: [http://www.d-s-r.ru/texts/74–77. pdf]
2. Карпиловский, В. С., Крискунов Э. З., Маляренко А. А. и др. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. — М.: СКАД СОФТ, 2012. — 648 с.
3. Булгаков, С. Н., Тамзарян А. Г., Рахман И. А., Степанов А. Ю., Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера // Научное издание. Под общ. ред. Тамзаряна А. Г. Издание второе. — М.: Издательство АСВ, 2012. — 304 с.
4. Руденко, Д. В., Защита каркасных зданий от прогрессирующего обрушения. Диссертация магистр техники и технологии/ГПУ, С-Пб. — 2009, — 91 с.
5. Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий: СТО — 008–02495342–2009 — М.: «ЦНИИПромзданий», 2009 г. — 21 с.
6. Трепененков, Р. И., Альбом чертежей конструкций и деталей промышленных зданий. Уч. пос. для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1980 г. — 284 с.
7. Корн, Г. Корн Т., Справочник по математике для научных работников и инженеров. Издательство «Наука» — М.: 1977. — 832 с.
8. Гляков, М. Ю., Витман А. В. //XXXVIII научно-практическая конференция «Инновационные материалы, технологии и социально-экономические аспекты развития экономики и обороноспособности Российской Федерации» Сб. научных трудов, часть 1 — г. Балашиха. Изд-во ВТУ Министерства обороны Российской Федерации, 2013 — с. 29–34.

## Расчет произвольно опертых пластин

Грабовец Татьяна Николаевна, преподаватель  
Рудненский индустриальный институт (Казахстан)

Рассматриваются гармонические колебания двухслойных пластин с произвольными граничными условиями. Дается полный алгоритм решения задачи методом граничных интегральных уравнений. Получены фундаментальные динамические функции влияния перемещений и усилий.

Колебания тонких пластин могут быть значительно уменьшены с помощью демпфирующих покрытий [1,2]. С другой стороны, известно, что уравнения движения многослойных пластин с чередующимися мягкими и жесткими слоями также могут быть преобразованы к уравнениям для двухслойной пластинки [1]. Таким образом, теоретическое и экспериментальное изучение вибраций двухслойных пластин представляет собой важную задачу.

Система дифференциальных уравнений движения двухслойной пластинки в уточненной постановке с учетом сдвиговых деформаций в обоих слоях ( $\varphi_1^{(j)}, \varphi_2^{(j)}$ ) приводится в [2]. Предположим, что для  $j=1$  (поддерживающий слой)  $\varphi_1^{(1)} = \varphi_2^{(1)} = 0$ . В таком случае сдвиговые деформации учитываются только в демпфирующем покрытии ( $j=2$ ). Система дифференциальных уравнений деформации пластинки принимает вид:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^2 [A_j \Lambda_\alpha^{(j)}(v_1, v_2) - (-1)^j \frac{1}{2} A_j h_j \frac{\partial}{\partial x_\alpha} (\nabla^2 w)] + \frac{1}{2} A_2 h_2 k_{\psi}^{(2)} \Lambda_\alpha(\varphi_1^{(2)}, \varphi_2^{(2)}) - q_\alpha = 0; \\ \sum_{j=1}^2 \left\{ D_j \nabla^4 w - (-1)^j \frac{1}{2} A_j h_j \left[ \frac{\partial}{\partial x_1} (\nabla^2 v_1) + \frac{\partial}{\partial x_2} (\nabla^2 v_2) \right] \right\} - \\ - D_2 k_z^{(2)} \left[ \frac{\partial}{\partial x_1} (\nabla^2 \varphi_1^{(2)}) + \frac{\partial}{\partial x_2} (\nabla^2 \varphi_2^{(2)}) \right] = q_3; \\ k_\psi^{(2)} \Lambda_\alpha^{(2)}(\varphi_1^{(2)}, \varphi_2^{(2)}) + \frac{3}{2h_2} k_{\psi}^{(2)} \Lambda_\alpha^{(2)}(v_1, v_2) - (\alpha, j=1,2) \end{aligned} \quad (1)$$

$$-k_z^{(2)} \frac{\partial}{\partial x_\alpha} (\nabla^2 w) - \frac{3(1-\nu_2)}{2h_2^2} k_f^{(2)} \varphi_\alpha^{(2)} - m_\alpha = 0;$$

где  $\nabla^2$  - оператор Лапласа,

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}; \quad \nabla^4 = \nabla^2 \nabla^2,$$

$j$  — индекс слоя ( $j=1,2$ ),  $\alpha$  — индекс координатных осей ( $\alpha=1,2$ ),

$w, v_1, v_2$  — функции трансверсальных и осевых перемещений для точек на поверхности интерфейса;  $\varphi_1^{(j)}, \varphi_2^{(j)}$  — функции сдвиговых деформаций для слоя с индексом ( $j$ );

$$\begin{aligned} \Lambda_1^{(j)}(v_1, v_2) &= \frac{\partial^2 v_1}{\partial x_1^2} + \frac{(1-\nu_j)}{2} \frac{\partial^2 v_1}{\partial x_2^2} + \frac{(1+\nu_j)}{2} \frac{\partial^2 v_2}{\partial x_1 \partial x_2}; \quad k_z^{(j)} = \frac{3}{h_j^3} \int_0^{h_j} z^2 \psi^{(j)} dz, \\ \Lambda_2^{(j)}(v_1, v_2) &= \frac{\partial^2 v_2}{\partial x_2^2} + \frac{(1-\nu_j)}{2} \frac{\partial^2 v_2}{\partial x_1^2} + \frac{(1+\nu_j)}{2} \frac{\partial^2 v_1}{\partial x_1 \partial x_2}; \quad G_j = \frac{E_j}{2(1+\nu_j)} \\ A_j &= \frac{E_j h_j}{1-\nu_j^2}; \quad D_j = \frac{E_j h_j^3}{3(1-\nu_j^2)}; \quad k_f^{(j)} = \frac{1}{h_j} \int_0^{h_j} f^{(j)^2}(z) dz, \\ k_{z\psi}^{(j)} &= \frac{2}{h_j^2} \int_0^{h_j} z \psi^{(j)} dz, \quad \psi^{(j)} = \frac{1}{z} \int_0^z f^{(j)}(z) dz, \quad k_\psi^{(j)} = \frac{3}{h_j^3} \int_0^{h_j} z^2 \psi^{(j)^2} dz, \end{aligned} \quad (2)$$

$E_j, \nu_j, h_j$  — модуль упругости, коэффициент Пуассона и толщина слоя с индексом ( $j$ );  $q_\alpha$  — распределенные нагрузки в плоскости интерфейса ( $\alpha=1, 2$ );  $q_3$  — интенсивность трансверсальной нагрузки  $m_\alpha$  — распределенная моментная нагрузка;  $f^{(j)}(z)$  — функция сдвигов.

Рассеяние энергии в демпфирующем покрытии может быть учтено введением комплексного модуля упругости:  $E_2 = E_2(1 + \gamma_2)$

( $\gamma_2$  — фактор потерь для демпфирующего покрытия).

Уравнения (1) могут быть преобразованы для описания колебаний различных частных моделей пластинок.

Если введенная в (2) функция  $f(z)$  является квадратичной, то имеем:

$$f^{(j)}(z) = 1 - \frac{z^2}{h_j^2}, \text{ и } k_f^{(j)} = \frac{2}{3}; \quad k_{z\psi}^{(j)} = \frac{5}{6}; \quad k_z^{(j)} = \frac{4}{5}; \quad k_\psi^{(j)} = \frac{68}{105}; \text{ (квадратичный закон распределения сдвигов [2]).}$$

Если функция  $f(z) = 1$  (постоянная):

$$\psi^{(j)} = 1, k_f^{(j)} = k_{z\psi}^{(j)} = k_z^{(j)} = k_\psi^{(j)} = 1, \text{ (равномерное распределение сдвигов).}$$

Предполагаем также, что:  $q_a = 0, \quad m_a = 0 \quad (a=1,2)$

Теперь введем рассмотрение функции  $F, F_1$  [2]:

$$F = \frac{\partial v_1}{\partial x_1} + \frac{\partial v_2}{\partial x_2}; \quad F_1 = \frac{\partial \varphi_1^{(2)}}{\partial x_1} + \frac{\partial \varphi_2^{(2)}}{\partial x_2}; \quad (3)$$

Система (1) имеет пять уравнений.

Дифференцируем по  $x_1$  первое уравнение (1) при  $\alpha=1$  и по  $x_2$  то же самое уравнение при  $\alpha=2$  а затем суммируем эти уравнения; далее используем ту же самую процедуру для четвертого и пятого уравнений системы (1). Таким образом, получим систему трех дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \overline{B} \nabla^4 w + \overline{A} \nabla^2 F + \overline{C} \nabla^2 F_1 &= 0; \\ \overline{D} \nabla^4 w + \overline{B} \nabla^2 F - \overline{E} \nabla^2 F_1 &= q_3; \\ -\overline{R} \nabla^4 w + \overline{Q} \nabla^2 F + \overline{P} \nabla^2 F_1 - \overline{G} F_1 &= 0; \end{aligned} \quad (4)$$

где введены обозначения:

$$\begin{aligned}\bar{B} &= \frac{1}{2}(A_1 h_1 - A_2 h_2); \quad \bar{A}_s = A_1 + A_2; \quad \bar{C} = \frac{1}{2} A_2 h_2 k_{z\varphi}^{(2)}; \quad \bar{G} = \frac{3(1-\nu_2)}{2h_2^2} k_f^{(2)}; \\ \bar{D}_s &= D_1 + D_2; \quad \bar{E} = D_2 k_z^{(2)}; \quad \bar{R} = k_z^{(2)}; \quad \bar{Q} = \frac{3}{2} \frac{k_{z\varphi}^{(2)}}{h_2}; \quad \bar{P} = k_z^{(2)};\end{aligned}\quad (5)$$

Система дифференциальных уравнений (4) может быть заменена одним дифференциальным уравнением:

$$\nabla^6 w[(\bar{P}\bar{A}_s - \bar{Q}\bar{C})(\bar{A}_s \bar{D}_s - \bar{B}^2) - (\bar{R}\bar{A}_s + \bar{B}\bar{Q})(\bar{A}_s \bar{E} + \bar{B}\bar{C})] - \nabla^4 w \bar{G} \bar{A}_s (\bar{A}_s \bar{D}_s - \bar{B}^2) + [\bar{A}_s^2 \bar{G} - \bar{A}_s (\bar{A}_s \bar{P} - \bar{Q}\bar{C}) \nabla^2] q_3 = 0; \quad (6)$$

Перейдем к полярной системе координат и представим функции, входящие в (6) функции в виде:

$$w = W(r, \theta) \exp(i\omega t), \quad q_3 = \rho_s \omega^2 W(r, \theta) \exp(i\omega t), \quad (7)$$

Здесь  $r, \theta$  — полярные координаты,  $\omega$  — частота колебаний,  $\rho_s = \rho_1 + \rho_2$ ,

$\rho_j$  — распределенные массовые плотности.

С учетом (7), уравнение (6) принимает вид:

$$H_1 \nabla^6 W - H_2 \nabla^4 W - H_3 \nabla^2 W + H_4 W = 0, \quad (8)$$

где

$$H_1 = [(\bar{P}\bar{A}_s - \bar{Q}\bar{C})(\bar{A}_s \bar{D}_s - \bar{B}^2) - (\bar{R}\bar{A}_s + \bar{B}\bar{Q})(\bar{A}_s \bar{E} + \bar{B}\bar{C})] \quad (9)$$

$$H_2 = \bar{G} \bar{A}_s (\bar{A}_s \bar{D}_s - \bar{B}^2); \quad H_3 = \bar{A}_s (\bar{A}_s \bar{P} - \bar{Q}\bar{C}) \rho_s \omega^2; \quad H_4 = \rho_s \omega^2 \bar{A}_s^2 \bar{G};$$

Следуя [3], будем искать решение (8) в виде:

$$W = TZ_m(\sqrt{s}x) \sin m\theta \quad (10)$$

где  $T$  — константа,  $x = r/a$ ;  $a$  — радиус пластинки.  $Z_m(\sqrt{s}x)$  — функция Бесселя индекса  $m$ ,  $s$  — характеристический параметр.

Подставляя (10) в уравнение (8), мы получаем характеристическое уравнение относительно параметра  $s$ .

$$H_1 s^3 - H_2 s^2 + H_3 s - H_4 = 0, \quad (11)$$

Решения (11) при (учете демпфирования) являются комплексными числами, для которых справедливы следующие соотношения:

$$\|s_3\| \gg \|s_1\|, \quad \|s_3\| \gg \|s_2\|, \quad \operatorname{Re} s_1 > 0, \quad \operatorname{Re} s_2 < 0, \quad \|\operatorname{Im} s_1\| \ll 1, \quad \|\operatorname{Im} s_2\| \ll 1,$$

где  $\|s_j\|$ ,  $\operatorname{Re} s_j$ ,  $\operatorname{Im} s_j$  — соответственно модуль, действительная и комплексная части комплексного числа  $s_j$ .

С учетом этого, комплексный корень  $s_3$ , соответствующий не изгибным формам деформации, может быть отброшен.

Решение (10) в общей форме можно записать:

$$W = [A_1 J_m(\sqrt{s_1} x) + A_2 Y_m(\sqrt{s_1} x) + A_3 I_m(\sqrt{s_2} x) + A_4 K_m(\sqrt{s_2} x)] \sin m\theta. \quad (12)$$

Здесь  $J_m(\sqrt{s_1} x)$ ,  $Y_m(\sqrt{s_1} x)$ ,  $I_m(\sqrt{s_2} x)$ ,  $K_m(\sqrt{s_2} x)$  — соответственно функции Бесселя первого рода и модифицированные функции Бесселя;  $A_j$  — произвольные постоянные;  $s_1, s_2$  — характеристические числа.

В дальнейшем удобно ввести в рассмотрение функции  $\Phi, \Phi_1$ , связанные с функциями деформаций  $v_1, v_2$  соотношениями:

$$\mathcal{G}_1 = \frac{\partial \Phi}{\partial x_1}; \quad \varphi_1^{(2)} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial x_1}; \quad \mathcal{G}_2 = \frac{\partial \Phi}{\partial x_2}; \quad \varphi_2^{(2)} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial x_2}; \quad (13)$$

При подстановке (13) в (3) получим:

$$F = \nabla^2 \Phi; \quad F_1 = \nabla^2 \Phi_1; \quad (14)$$

Следствием системы дифференциальных уравнений задачи типа (4) являются зависимости вида:

$$B_1^* w = \Phi; \quad B_2^* w = \Phi_1; \quad (15)$$

где  $B_1^*, B_2^*$  множители, зависящие от параметра  $s_1$ :

$$B_1^* = \frac{1}{s_1^2} \left[ \frac{\bar{C}\bar{D}_s K^4 - (\bar{B}\bar{E} + \bar{D}_s \bar{C}) s_1^2}{(\bar{A}_s \bar{E} + \bar{B}\bar{C})} \right]; \quad B_2^* = \frac{1}{s_1^2} \left[ \frac{-\bar{A}_s \bar{D}_s K^4 + (\bar{D}_s \bar{A}_s - \bar{B}^2) s_1^2}{(\bar{A}_s \bar{E} + \bar{B}\bar{C})} \right].$$



Как и в случае однослойной пластинки [3], решение для функций  $w, \Phi, \Phi_1$  при сосредоточенном трансверсальном воздействии на бесконечную двухслойную пластинку (для  $m=0$ ) разыскиваем в виде комбинации сингулярных при  $r \rightarrow 0$  цилиндрических функций.

С учетом (7.7) имеем:

$$w = C_1 [Y_0(\sqrt{s_1} r) + \frac{2}{\pi} K_0(\sqrt{s_2} r)]; \quad \Phi = C_1 B_1^* [Y_0(\sqrt{s_1} r) + \frac{2}{\pi} K_0(\sqrt{s_2} r)]$$

$$\Phi_1 = C_1 B_2^* [Y_0(\sqrt{s_1} r) + \frac{2}{\pi} K_0(\sqrt{s_2} r)] \quad (16)$$

где  $C_1$  — константа.

Справедливость соотношений (16) следует из представлений функций  $Y_0, K_0$  при  $r \rightarrow 0$ :

$$K_0(\sqrt{s_2} r) \cong - \left( 1 + \frac{s_2 r^2}{4} \right) \ln(\sqrt{s_2} r) - \gamma + \dots \cong$$

$$\cong - \left( 1 + \frac{s_2 r^2}{4} \right) [\ln(\sqrt{s_1} r) + \ln(\chi)] - \gamma + \dots \quad (17)$$

$$Y_0(\sqrt{s_2} r) \cong \frac{2}{\pi} \left( 1 + \frac{s_1 r^2}{4} \right) \ln(\sqrt{s_1} r) + \frac{2}{\pi} \gamma + \dots; \quad (\chi = \frac{\sqrt{s_2}}{\sqrt{s_1}}; \gamma = 0.5772157 \dots)$$

Подстановка (17) в (16) приводит к взаимному уничтожению слагаемых, содержащих  $\ln(\sqrt{s_1} r)$ .

Следствием (16) являются соотношения, определяющие перемещения в координатной системе, связанной с направлениями нормали ( $n$ ) и касательной к контуру пластинки ( $t$ ) (рис. 1).

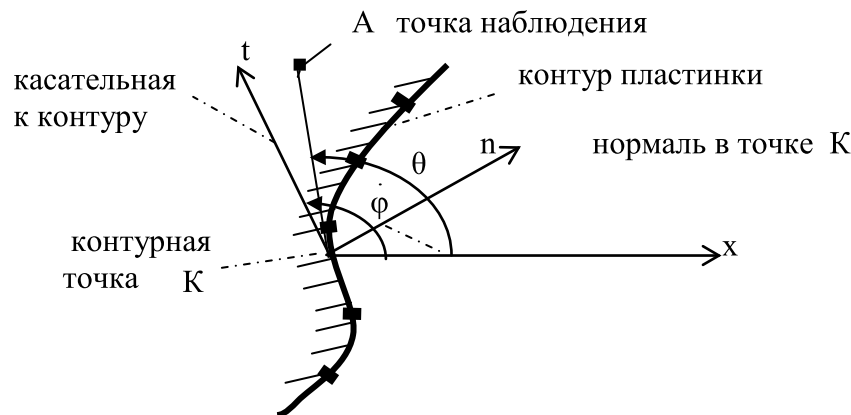


Рис. 1

Для упрощения преобразований введем функции:

$$F_0(r) = [Y_0(\sqrt{s_1} r) + \frac{2}{\pi} K_0(\sqrt{s_2} r)], \quad (18)$$

$$F_1(r) = F_0'(r) = [\sqrt{s_1} Y_1(\sqrt{s_1} r) + \frac{2\sqrt{s_2}}{\pi} K_1(\sqrt{s_2} r)], \quad F_2(r) = F_1'(r).$$

В таком случае соотношения (16) принимают вид:

$$w = C_1 F_0(r); \quad \Phi = C_1 B_1^* F_0(r); \quad \Phi_1 = C_1 B_2^* F_0(r); \quad (19)$$

Функции перемещений:

$$\psi_n = \frac{\partial w}{\partial n} = -C_1 F_1(r) \sin(\varphi - \theta); \quad v_n = \frac{\partial \Phi}{\partial n} = -C_1 B_1^* F_1(r) \sin(\varphi - \theta);$$

$$\varphi_n^{(2)} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial n} = -C_1 B_2^* F_1(r) \sin(\varphi - \theta); \quad (20)$$

Рассмотрим загрузку пластинки сосредоточенной силой

$P = 1 \exp(i\omega t)$ . Поперечная сила  $Q_r$  для осесимметричного случая записывается в виде:

$$Q_r = \sum_j D_j \left[ \frac{d}{dr} (\nabla^2 w) - (-1)^j \frac{3}{2h_j} \Lambda_r^{(j)}(v_r) - k_z^{(j)} \Lambda_r^{(j)}(\varphi_r^{(j)}) \right], \quad (21)$$

где в случае осесимметричного нагружения имеем:

$$\nabla^2 w = \frac{d^2 w}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dw}{dr}; \quad \Lambda_r^j(v_r) = \frac{d^2 v_r}{dr^2} + v_j \left( \frac{1}{r} \frac{dv_r}{dr} - \frac{v_r}{r^2} \right); \quad (22)$$

В случае учета сдвигов только в подкрепляющем слое ( $j=2$ ) выражение (21) преобразуется к виду:

$$Q_r = (D_1 + D_2) \left[ \frac{d^3 w}{dr^3} + \frac{1}{r} \frac{d^2 w}{dr^2} - \frac{1}{r^2} \frac{dw}{dr} \right] - \frac{1}{2} (A_1 h_1 - A_2 h_2) \frac{d^2 v_r}{dr^2} - \frac{1}{2} (A_1 h_1 v_1 - A_2 h_2 v_2) \left[ \frac{1}{r} \frac{dv_r}{dr} - \frac{v_r}{r^2} \right]; \quad (23)$$

Подставим (17), (19), (20) в (23) и выполним предельный переход:

$$\lim_{r \rightarrow 0} Q_r 2\pi r = -P$$

С учетом ( $\beta = \frac{h_2}{h_1}$ ;  $\bar{\alpha} = \frac{D_2}{D_1}$ ;) получаем выражение для  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{1}{2s_1 D_1 (1 + \chi^2) \left\{ 2(1 + \bar{\alpha}) - \frac{3B_1^*}{2h_1} [(1 + v_1) - \bar{\alpha}\beta(1 + v_2)] - k_z^{(2)} \bar{\alpha}(1 + v_2) \right\}}; \quad (24)$$

Для данного нагружения имеем:

$$w = C_{11} F_0(r); \quad \Phi = C_{21} F_0(r); \quad \Phi_1 = C_{31} F_0(r); \quad (25)$$

где

$$C_{11} = C_1; \quad C_{21} = C_1 B_1^*; \quad C_{31} = C_1 B_2^*; \quad (26)$$

Выражения (20) определяют фундаментальные функции  $w_{(1)}^*, v_{n(1)}^*, \varphi_{n(1)}^*$

Остановимся на выводе функций влияния от действия кососимметричных динамических нагрузок, учитывая взаимосвязь функций перемещений и силовых факторов  $M_r, N_r, S_r$ .

Рассмотрим нагружение нагрузкой  $N(r, \theta)$ , расположенной в плоскости интерфейса:

$$N(r, \theta) = N_r(r) \cos \theta \exp(i\omega t); \quad (27)$$

При  $r \rightarrow 0$  получим предельный случай: действие сосредоточенной осевой единичной нагрузки:

$$\lim_{r \rightarrow 0} 4 \int_0^{\pi/2} N_{rr} \cdot r \cdot \cos \theta \cdot d\theta = N_r = 1; \quad (28)$$

Здесь  $N_{rr}$  с учетом  $v_\theta = 0$  имеет вид [2]:

$$N_{rr} = A_j \left\{ \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_j \frac{v_r}{r} - (-1)^j \frac{h_j}{2} \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + v_j \left( \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} - \frac{w}{r^2} \right) \right] \right\} + A_2 k_{z\psi}^{(2)} \frac{h_j}{2} \left( \frac{\partial \varphi_r^{(2)}}{\partial r} + v_j \frac{\varphi_r^{(2)}}{r} \right) \quad (29)$$

Выполняя предельный переход в (29), получим:

$$C_1 = \frac{\pi}{4 A s_1 (1 + \chi^2) \left\{ \frac{[(1 + v_1 / \sqrt{s_1}) + \bar{\alpha}(1 + v_2 / \sqrt{s_1})] B_1^*}{h_1} + \frac{1}{2} [(1 + v_1) - \bar{\alpha}\beta(1 + v_2)] + \frac{1}{2} \bar{\alpha}\beta k_{z\psi}^{(2)} B_2^* (1 + v_2 / \sqrt{s_1}) \right\}} \quad (30)$$

Для этого варианта единичного нагружения получим:

$$w = C_{12} F_1(r) \cos \theta; \quad \Phi = C_{22} F_1(r) \cos \theta; \quad \Phi_1 = C_{32} F_1(r) \cos \theta; \quad (31)$$

$$\text{где } C_{12} = C_1; \quad C_{22} = C_1 B_1^*; \quad C_{32} = C_1 B_2^*; \quad (32)$$

Выражения (20) определяют фундаментальные функции  $w_{(2)}^*, v_{n(2)}^*, \varphi_{n(2)}^*$

Точно также, рассматриваем нагружение распределенными сдвиговыми моментами

$$S_r(r, \theta, t) = S_r(r) \cos(\theta) \exp(i\omega t); \quad (33)$$

При  $r \rightarrow 0$  имеем:

$$\lim_{r \rightarrow 0} 4 \int_0^{\pi/2} S_{rr} \cdot r \cdot \cos \theta \cdot d\theta = S_r = 1 \quad (34)$$

Здесь

$$S_{rr}(r) = D_j \left\{ k_z \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + v_j \left( \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} - \frac{1}{r^2} w \right) \right] - (-1)^j \frac{3k_{z\psi}^{(2)}}{2h_j} \left( \frac{\partial v_r}{\partial r} + v_j \frac{v_r}{r} \right) \right\} - \\ - k_{\psi}^{(2)} D_2 \left( \frac{\partial \varphi_r^{(2)}}{\partial r} + v_2 \frac{\varphi_r^{(2)}}{r} \right); \quad (35)$$

В результате стандартных преобразований получим выражение для константы  $C_1$  для этого случая:

$$C_1 = \frac{\pi}{4s_1 D_1 (1 + \chi^2) \{ k_z^{(2)} [(1 + v_1) + \bar{\alpha} \beta^3 (1 + v_2)] + \frac{3k_{z\psi} B_1^*}{2h_1} [(1 + \frac{v_1}{\sqrt{s_1}}) - \bar{\alpha} \beta^2 (1 + \frac{v_2}{\sqrt{s_1}})] - \\ - k_{\psi}^{(2)} \bar{\alpha} \beta^3 B_2^* (1 + \frac{v_2}{\sqrt{s_1}}) \}}; \quad (36)$$

Для этого варианта единичного нагружения получим:

$$w = C_{13} F_1(r) \cos \theta; \quad \Phi = C_{23} F_1(r) \cos \theta; \quad \Phi_1 = C_{33} F_1(r) \cos \theta; \quad (37)$$

$$\text{где } C_{13} = C_1; \quad C_{23} = C_1 B_1^*; \quad C_{33} = C_1 B_2^*; \quad (38)$$

Выражения (20) определяют фундаментальные функции  $w_{(3)}^*, v_{n(3)}^*, \varphi_{n(3)}^*$

Рассмотрим нагружение бесконечной пластинки моментной динамической нагрузкой, распределенной по окружности, и изменяющейся по закону:

$$M(r, \theta, t) = M_r(r) \cos \theta \exp(i\omega t) \quad (39)$$

Функции влияния для этого случая можно получить из соотношений для первого нагружения, дифференцируя по нормали к контуру соответствующие случаю  $P=1$  функции. Отсюда ясно, что константы  $C_{ij}$  для этого нагружения остаются такими же по величине, как и в первом нагружении, а выражения для функций влияния изменяются. Таким образом, для данного нагружения можно записать:

$$w = C_{11} F_1(r) \cos \theta; \quad \Phi = C_{21} F_1(r) \cos \theta; \quad \Phi_1 = C_{31} F_1(r) \cos \theta; \quad (40)$$

Выражения (20) определяют фундаментальные функции  $w_{(4)}^*, v_{n(4)}^*, \varphi_{n(4)}^*$

Определенные таким образом константы  $C_{ij}$  образуют матрицу коэффициентов  $C$  и задают систему фундаментальных функций для перемещений.

Матрица коэффициентов  $C$  имеет вид:

$Q_r = 1$	$N_r = 1$	$S_r = 1$	$M_r = 1$
$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$
$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	$C_{24}$
$C_{31}$	$C_{32}$	$C_{33}$	$C_{34}$

(41)

Здесь учтено  $C_{i4} = C_{i1}$  при  $(i=1, 2, 3)$

Функции перемещений, соответствующие каждому нагружению, удобно представить в тензорной форме:

$$U_i^{(s)} = C_{is} F^{(s)}(r, \theta); \quad (42)$$

$$\text{где } U_i^{(s)} = \{w_s, \Phi^{(s)}, \Phi_1^{(s)}\}^T; \quad F^{(s)}(r, \theta) = \begin{cases} F_0(r), & s = 1; \\ F_1(r) \cos \theta; & s \neq 1 \end{cases} \quad (43)$$

В дальнейшем используем стандартную прямую формулировку задачи [3], основанную на принципе Бетти.

Обозначая:  $\bar{w}_1 = w$ ;  $\bar{w}_2 = v_n$ ;  $\bar{w}_3 = \varphi_n^{(2)}$ ;  $\bar{w}_4 = \frac{\partial w}{\partial n} = \mathcal{G}_n$ , мы можем

записать систему четырех интегральных уравнений задачи в виде одного тензорного уравнения, вида:

$$\frac{\bar{w}_i}{2} + \int_S (Q_{(i)}^* w + M_{n(i)}^* \frac{\partial w}{\partial n} + S_{n(i)}^* \varphi_n^{(2)} + N_{n(i)}^* v_n) ds + \int_{\Omega} (\psi_{1(i)}^* w + \psi_{2(i)}^* v_n + \psi_{3(i)}^* \varphi_n^{(2)}) d\Omega = \quad (44)$$

$$= \int_S (Q_n w_{(i)}^* + M_n \frac{\partial w_{(i)}^*}{\partial n} + S_n \varphi_{n(i)}^* + N_n v_{n(i)}^*) ds + \int_{\Omega} (\psi_1 w_{(i)}^* + \psi_2 v_{n(i)}^* + \psi_3 \varphi_{n(i)}^{(2)*}) d\Omega;$$

Здесь звездочкой помечены основные динамические функции влияния для перемещений и усилий, расположенных на контуре двухслойной пластинки;  $\psi_{n(i)}^*$  - функции влияния гармонической внешней нагрузки, расположенной на пластинке.

Динамические функции влияния усилий на контуре пластинки определяются с учетом направления нормали к контуру.

Например, для функции влияния момента в направлении нормали к контуру можем записать:

$$M_n^* = M_{rr} \sin^2(\varphi - \theta) + M_{\theta\theta} \cos^2(\varphi - \theta) + M_{r\theta} \sin 2(\varphi - \theta); \quad (45)$$

где  $M_{rr}, M_{\theta\theta}, M_{r\theta}$  определяются по известным формулам [2], выраженным в полярной системе координат, с помощью соотношений (20) для соответствующих загрузжений.

Окончательно для загрузкижения  $j=1$  имеем:

$$M_{n(1)}^* = D_1 [(a_2 F_2 + a_1 \frac{F_1}{r}) \sin^2(\varphi - \theta) + (a_1 F_2 + a_2 \frac{F_1}{r}) \cos^2(\varphi - \theta);$$

$$a_1 = (v_1 + \bar{\alpha} \beta^3 v_2) C_{11} + \frac{3}{2} \frac{C_{21}}{h_1} (v_1 - \bar{\alpha} \beta^2 v_2) - k_z^{(2)} v_2 \bar{\alpha} \beta^3 C_{31};$$

где

$$a_2 = C_{11} (1 + \bar{\alpha} \beta^3) + \frac{3}{2} \frac{C_{21}}{h_1} (1 - \bar{\alpha} \beta^2) - k_z^{(2)} C_{31} \bar{\alpha} \beta. \quad (46)$$

Для загрузкижений  $j=2,3,4$ :

$$M_{n(j)}^* = D_1 \{ F_3 [\bar{a}_2 \sin^3(\varphi - \theta) + \bar{a}_1 \sin(\varphi - \theta) \cos^2(\varphi - \theta)] +$$

$$\frac{1}{r} (F_2 - F_1 / r) [\bar{a}_1 \sin(\varphi - \theta) \cos^2(\varphi - \theta) + \bar{a}_2 \sin^3(\varphi - \theta) + 2 \bar{a}_2 \cos^2(\varphi - \theta) \sin(\varphi - \theta)] \}$$

где

$$\bar{a}_1 = (v_1 + \bar{\alpha} \beta^2 v_2) C_{1j} + \frac{3}{2} \frac{C_{2j}}{h_1} (\bar{\alpha} \beta v_2 - v_1) - k_z^{(2)} v_2 \bar{\alpha} \beta^2 C_{3j};$$

$$\bar{a}_2 = C_{1j} (1 + \bar{\alpha} \beta^2) + \frac{3}{2} \frac{C_{2j}}{h_1} (1 - \bar{\alpha} \beta^2) - k_z^{(2)} C_{3j} \bar{\alpha} \beta;$$

$$\bar{a}_3 = C_{1j} [(1 - v_1) + \bar{\alpha} \beta^2 (1 - v_2)] + \frac{3}{2} \frac{C_{2j}}{h_1} [\bar{\alpha} \beta (1 - v_2) - (1 - v_1)] -$$

$$- k_z^{(2)} C_{3j} \bar{\alpha} \beta^2 (1 - v_2)]$$

Вид остальных операторов ( $N_{n(j)}^*, S_{n(j)}^*, Q_{(j)}^*$ ) имеет аналогичную структуру.

Дальнейший путь решения носит стандартный характер [5]. Контур пластинки аппроксимируется  $N$  граничными элементами. Для вычисления граничных и контурных интегралов используются квадратурные формулы. Получаем систему алгебраических уравнений относительно узловых усилий и перемещений на контуре пластинки.

Рис. 2 иллюстрирует применение рассматриваемой методики для расчета квадратной, шарнирно опертой по контуру двухслойной пластинки на действие сосредоточенной гармонической силы  $P_0 \exp(ip t)$ , приложенной в центре пластинки ( $p/\omega_1 = 0.9$  — отношение частоты внешнего воздействия к первой частоте собственных колебаний). Пластика имеет следующие параметры:  $\bar{\alpha} = D_2 / D_1 = 0.3$ ;  $\beta = h_2 / h_1 = 1$ ;  $\eta_1 = 0$ ;  $\eta_2 = 0.1$ ;  $\eta_j$  — факторы потерь по гипотезе комплексных модулей упругости  $E_j = E_j(1 + i\eta_j)$  координатной линии  $X_1$ , проходящей через центр пластинки при различном числе узлов разбиения на стороне пластинки ( $a=1$ ).

Следуя [3], будем искать решение (8) в виде:

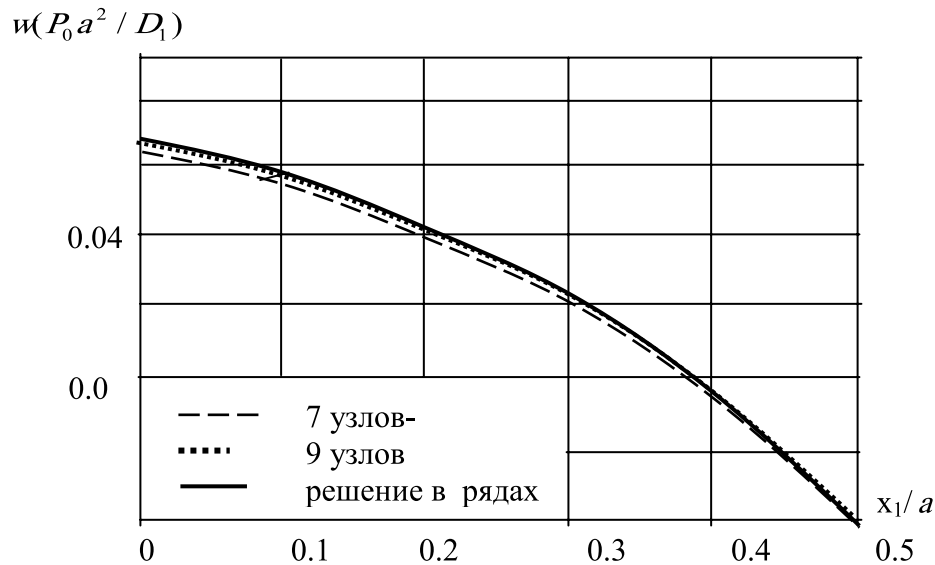


Рис. 2

Графики свидетельствуют о хорошем приближении к результатам, полученным в тригонометрических рядах. Динамические функции влияния для квадратной пластинки могут быть использованы в решении задач гашения колебаний пластин с помощью комбинированных средств виброзащиты, включающих демпфирующие покрытия и гасители колебаний.

#### Литература:

1. Nashif, A., Jones D., Henderson J. Vibration damping. 1985, New York: John Wiley & Sons.
2. Болотин, В. В., Новичков Ю. Н. Механика многослойных конструкций М.: Машиностроение, — 1980. — 375 с.
3. Корнев, Б. Г. Некоторые задачи теории упругости и теплопроводности, решаемые в бесселевых функциях. М.: Физматгиз, 1960, — 490 с.
4. Бегнерджи, Прадип К, Баттерфилд Р. Методы граничных элементов в прикладных науках. М.: Мир, 1984, — 494.

## 9. ТРАНСПОРТ

### Учёт распространённых при решении проблемы пробок ошибок в автоматизированной системе проектирования транспортной городской системы

Ломаков Юрий Алексеевич, аспирант

Национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (г. Санкт-Петербург)

Сейчас города всё больше ощущают на себе воздействие немалого числа единиц личного автотранспорта. Во всём мире эта проблема была известна ещё в середине прошлого века, однако в России и некоторых других странах она стала появляться не так давно. Ситуация связана с увеличением количества частного автотранспорта. Предпосылок было несколько: это и мода на автомобиль, и рост доходов части населения, и неудобство передвижения на общественном транспорте, ощутившем на себе влияние с многих сторон.

Не нужно говорить, что пробки на дорогах это плохо. Это и потеря времени и нервов как автомобилистов, так и пользователей общественного транспорта; это и отпугивание инвестиций и компаний от размещения бизнеса в городе; это и ухудшение экологии и здоровья населения города; это и невозможность проезда экстренных служб; это, наконец, просто некрасиво человеческому глазу. Рассмотрим ключевые ошибки городов, которые должны учитываться в автоматизированной системе.

**Направления борьбы с пробками.** Для начала отметим, что существуют два основных направления решения проблемы пробок, вытекающих из причин их появления. Они противоположны друг другу.

1. Увеличение пропускной способности дорог.

А) Локальное расширение дорог.

— Известно, что расширение дорог на определённых участках ни к чему хорошему не приведёт, т. к. будут образовываться заторы в местах сужения дорог. Двухполосная дорога будет работать эффективнее, чем трёхполосная с дальнейшим сужением. Эффект бутылочного горлышка.

— Как правило, расширение дорог производится за счёт тротуаров, зелёных насаждений и выделенных полос для движения общественного транспорта.

В) Строительство новых дорог.

— Не всегда этот вариант будет производить положительный эффект. Если между районами города проходит всего одна магистраль (остальные не пробиты в силу каких-то барьеров типа водных объектов или железных дорог), то пробивка новых дорог даст определённый эффект. Но в отдельных случаях будет проявляться парадокс Браеса, когда введение новых мощностей в самоорганизующуюся систему приведёт к падению общей производительности.

— Новые дороги привлекут ещё большее число людей к пользованию автомобилями.

С) Организация улиц или участков непрерывного движения, строительство новых транспортных развязок.

— Организация непрерывного движения сопровождается организацией подземных или надземных переходов, увеличением времени ожидания для перехода дороги, уменьшением числа наземных пешеходных переходов, что снижает уровень безопасности дорог и повышает уровень неудобств для пешеходов.

— Подобные меры лишь привлекают автомобилистов со всех остальных улиц, а также людей, которые ещё не пользовались автомобилями.

Д) Правильно организованное движение. Эффективное управление транспортными потоками с помощью дорожных знаков, светофоров. Направление потоков и их распределение.

Подытог. Таким образом, данное направление борьбы с пробками бесперспективно, более того, оно уродует город и ухудшает жизнь пешеходам.

2. Уменьшение числа автомобилей.

А) Развитие общественного транспорта с организацией выделенных полос для него. Часть автомобилистов переседают на удобный общественный транспорт.

В) Сужение проезжей части, разрушение транспортных развязок, уничтожение непрерывного движения на обычных улицах города (установка светофоров и пешеходных переходов). После таких мер часть автомобилистов переседают на удобный общественный транспорт. Одновременно с этим улучшатся условия перемещения пешеходов.

С) Запрет или ограничение личного автотранспорта в центре города или на определённых улицах, исторически не рассчитанных на большие потоки автомобилей. Например, введение платного проезда на определённых дорогах или в районах, запрет физического въезда.

Д) Сокращение мест для бесплатной парковки, введение платных парковок. Бесплатные парковки могут быть организованы на специально оборудованных обочинах дорог в виде кармана для заезда автомобилей, как показано на рисунке 1. Отсутствие карманов на обочине дороги говорит о запрете парковки в этом месте.



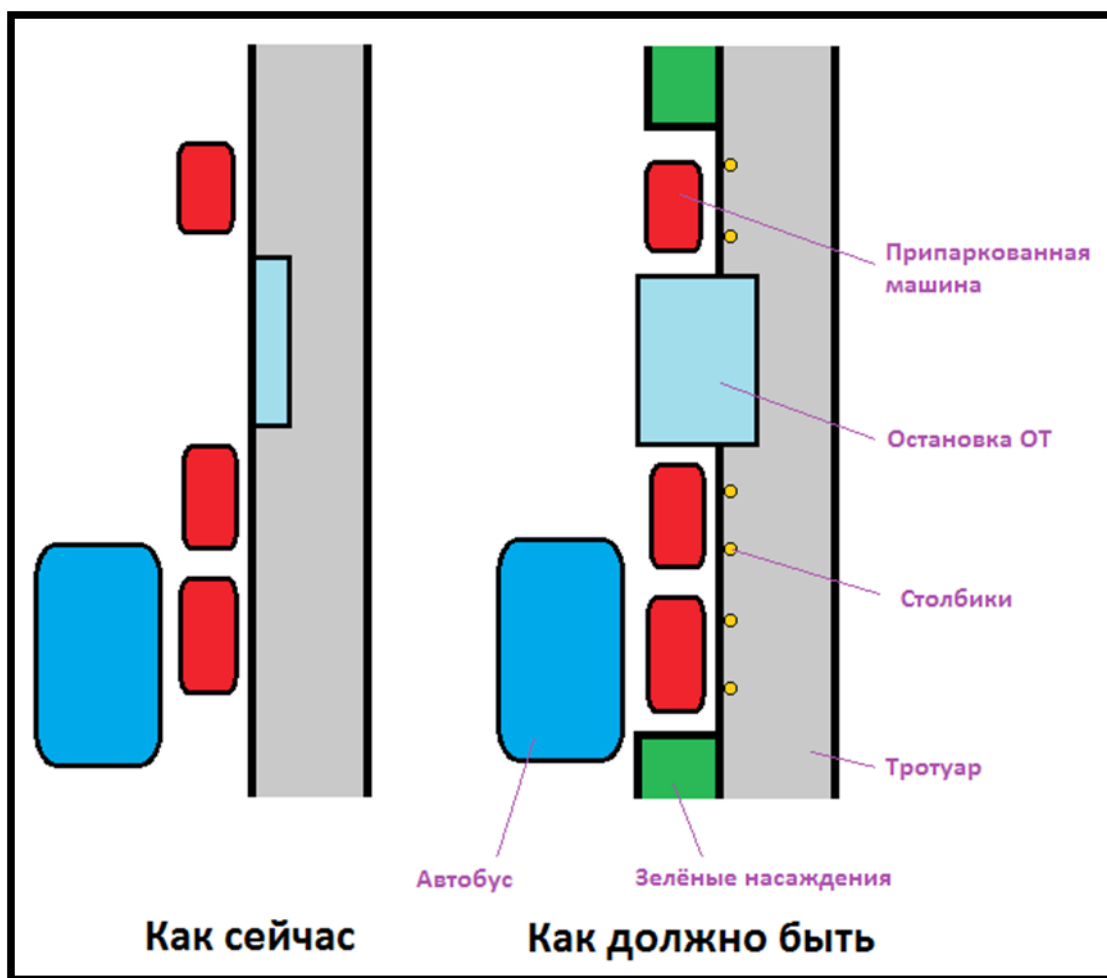


Рис 1. Организация бесплатных парковок на обочинах дорог

Е) Ограничение числа автомобилей на семью или другую единицу общества.

Ф) Введение системы чётных/нечётных дней. По чётным дням имеют право выезжать в город автомобили с чётными номерами, по нечётным — с нечётными.

Г) Поощрение карпулинга, т.е. использования автомобиля для перевозки более одного человека (водителя).

Н) Уничтожение моды на автомобиль. Удаление из общества мнения об автомобиле как признаке превосходства.

Подытог. Это самое эффективное, на мой взгляд, решение, которое позволяет пересадить часть автомобилистов на общественный транспорт, тем самым разгрузив дороги. Как правило, один автомобиль везёт в себе всего одного человека — водителя, занимая при этом много места на дороге. А одна единица общественного транспорта может везти в себе в разы больше, занимая при этом места чуть больше.

Таким образом, из двух противоположных направлений разумнее выбрать второе. Существуют и другие методы борьбы с пробками (эффективное планирование города, уменьшение числа препятствий на дорогах и т.п.), но они являются дополнительными к этим. Теперь рассмотрим основные ошибки, которые допускают города.

### Основные ошибки городов в решении проблемы пробок.

#### 1. Выбор неправильного метода борьбы с пробками.

Из двух основных методов борьбы с пробками — уменьшение числа автомобилей и увеличение пропускной способности дорог — город зачастую выбирает второй. Происходит расширение дорог, строительство новых дорог и развязок, организация непрерывного движения и т.п. На это дело тратятся сотни миллиардов рублей, дорожная инфраструктура постоянно улучшается. При этом чуть ранее наблюдалось сворачивание общественного транспорта, из-за чего он сейчас выглядит крайне неудобным. Но города не учитывают один момент: такими действиями можно бесконечно стимулировать людей превращаться в автомобилистов. Автомобилями на данный момент пользуется меньшинство населения городов (например, для Санкт-Петербурга эти цифры порядка 30%), все остальные — пешеходы и пассажиры общественного транспорта. Т.е. числу автомобилистов есть куда расти. Чуть только становится свободнее на дорогах, как очередные пользователи общественного транспорта превращаются в автомобилистов. Сколько ни улучшай дорожную инфраструктуру, пробки будут только расти. Куча денег

тратится впустую. Более эффективно было бы направить эти средства на большинство населения городов — пользователей общественного транспорта. Во-первых, это логичнее, так как пассажиров общественного транспорта больше автомобилистов. Во-вторых, общественный транспорт не требует постоянного нового строительства, достаточно довести до приличного состояния то, что есть — и он будет работать эффективнее системы личного транспорта.

2. Чёткое разделение скоростного и обычного рельсового транспорта. Проекты типа Надземного Экспресса в Санкт-Петербурге [2].

При создании подобных проектов был допущен целый ряд ошибок (отмечены числами в скобках). Были озвучены планы строительства на основе легкорельсового транспорта линий Надземного Экспресса, который, по сути, являлся бы наземной линией метро с редкими остановками и закрытыми остановочными пунктами, оборудованными турникетами (1), а сами эти линии проходили бы в некоторых местах на эстакадах в непосредственной близости от жилых домов на уровне 4–5 этажей (2). При этом НадЭкс при всех его скоростных достоинствах стал бы очередным подвозочным средством к и без того перегруженному метро (3). В то же время, скорее всего, не было бы организовано маршрутное движение (4), что резко бы снизило эффективность такой системы, так как её невозможно развить. НадЭкс оказывался не интегрированным в остальную трамвайную сеть. Таким образом, допускалось существование в городе нескольких рельсовых систем: метрополитен, НадЭкс, городская электричка и обычный трамвай. Такое обилие не связанных друг с другом систем лишь усложняло бы планирование наземных маршрутов, вызывая неудобство использования.

Людям не нужны существующие сами по себе линии скоростного транспорта типа НадЭкса, им нужно ещё ехать к себе домой и в другие места. Проекты типа НадЭкса такое организовать не смогут из-за предельной ограниченности возможностей пролегания трассы: в центре города и в районах плотной застройки такое невозможно по определению, но метро и дороги надо как-то разгружать. А замена подобным проектом линии трамвая и тем более убьёт возможность реализовать альтернативную метро систему (5), так как НадЭкс в центр не пустишь, а трамвай, который мог бы ехать в центр и иметь разветвлённую сеть, в этом месте уже не проложишь, так как есть НадЭкс.

3. Бездумная организация выделенных полос для автобусов, использование общественного транспорта как подвоз к станциям метро на примере Санкт-Петербурга.

#### Литература:

1. Вукан, Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни/пер. с англ. А. Калинина под научн. ред. М. Бликина. — М.: Территория будущего, 2011. — 413 с.
2. Метро. Надземный экспресс [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://spb-projects.narod.ru/metro/express.htm>, свободный. — Язык русский.

К чему приведёт нынешняя политика города в организации выделенных полос для автобусов? Город создаёт выделенные полосы для автобусов и троллейбусов. Появляется свободный коридор для общественного транспорта. Такое делается для двух вещей: во-первых, чтобы обеспечить беспрепятственное передвижение уже существующих пассажиров общественного транспорта, во-вторых, для того, чтобы часть автомобилистов пересели на общественный транспорт, чтобы и самим ехать без пробок, и сделать дороги свободнее для других автомобилистов. Но общественный транспорт сейчас перегружен, куда же они будут пересаживаться? То есть простым созданием выделенных полос для автобусов мы лишь заберём пространство у автомобилистов, число которых не уменьшится. Вывод первый: выделенным общественным транспортом должен быть транспорт вместительный.

Теперь посмотрим, куда идёт большинство существующего общественного транспорта. Автобусы подвозят людей к станциям метро, которое уже сейчас перегружено. То есть город хочет пересадить автомобилистов на перегруженный общественный транспорт, который повезёт их к перегруженному метрополитену. Вряд ли найдётся автомобилист, который на такое согласится. Вывод второй: выделенным общественным транспортом должен быть транспорт, следующий на большие расстояния, не ориентированный только лишь на подвоз к метро. Тем самым разгрузятся и дороги, и метрополитен.

Проанализировав оба вывода, можно прийти к мнению, что таким общественным транспортом должен стать трамвай.

Таким образом, одних выделенных полос недостаточно, это не решит проблему пробок. Только лишь сеть развитого общественного транспорта позволит сократить число автомобилей на дорогах, тем самым избавив город от пробок. Простое предоставление выделенных полос автобусам лишь ещё больше загрузит город. Тем более если это делается не комплексно, а лишь в определённых местах.

4. Превращение трамвайных выделенных полос в трамвайно-автобусные.

У трамвая и автобуса несколько разные назначения. Поэтому такие полосы плохи по двум причинам.

А) Автобусы мешают трамваю и снижают его скорость.

В) Автобусы снижают общую пропускную способность выделенной полосы своей меньшей вместимостью.

Таким образом, далеко не все действия городов направлены на реальное снижение пробок на дорогах. При разработке автоматизированной системы проектирования транспортной системы следует учесть данные ошибки.

## Каталитические нейтрализаторы для дизельных двигателей

Сексенбаева Рысты Базаралиевна, кандидат технических наук, доцент;

Данияров Нұрлан Асылханович, доктор технических наук, доцент;

Жалғасбеков Абзал Зарубаевич, кандидат технических наук, доцент;

Минбаев Жигер Сансызбаевич, магистрант

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (г. Астана)

**В** настоящее время машины с приводом от дизельных двигателей получили большое распространение. Количество их постоянно возрастает. В мировой практике получили распространение машины с приводом от дизельных двигателей как основного технологического, так и вспомогательного комплексов. Одним из препятствий для более широкого использования таких машин является необходимость борьбы с загрязнением атмосферы отработанными газами (ОГ) дизелей.

Стремление преодолеть трудности, связанные с загрязнением атмосферы токсичными компонентами, привело к проведению широких исследований по изысканию способов обезвреживания ОГ двигателей внутреннего сгорания. Многочисленными научно-исследовательскими организациями, производственными предприятиями и санитарно-гигиеническими учреждениями проведены и проводятся целые комплексы исследований в этой области.

Для уменьшения содержания токсичных компонентов в ОГ, после выброса их из двигателей, используется различная газоочистительная аппаратура. Разработаны каталитический, жидкостный, пламенный, термический и другие типы нейтрализаторов. Наибольшее распространение в мировой практике получили каталитические и жидкостные нейтрализаторы различных модификаций.

Каталитический нейтрализатор, как правило, состоит из двух основных частей: корпуса и катализатора. Катализатор наносится на носитель, который может состоять

из первичного и вторичного. При этом первичный носитель обеспечивает механическую прочность, а вторичный обеспечивает необходимую площадь контакта с газом.

Для повышения прочности носителя на основе  $Al_2O_3$  вводятся добавки оксидов щелочных металлов, которые при высокотемпературной обработке образуют соответствующие алюминаты с основным материалом носителей.

Для создания из гладкой ленты блока первичного носителя необходимо придать ленте определенную форму. Удобной формой для каталитических нейтрализаторов будет гофрированная лента с гофрами треугольной формы. Для этой цели используется специальный станок типа АГ-062 (рисунок 1).

На столе 22 закрепляется бобина 3 с гладкой лентой, свободный конец которой пропускается через компенсатор 6 и вводится в узел гофрирования 9. Узел гофрирования состоит из двух зубчатых валков, один из которых приводится во вращение электродвигателем 23 через редуктор 17. Зубчатые валы, заходя в зацепление, сминают ленту, образуя гофры заданной величины. Высота зубьев на валах определяется необходимостью создания плотности ячеек блока на  $1 \text{ дм}^2$ , которая, в свою очередь, зависит от назначения нейтрализатора. Гофрированная лента 10 сматывается на бобину 12 [1, с. 142].

Геометрический объем блока первичного носителя для каждого типа нейтрализаторов определяется в зависимости от количества ОГ, выбрасываемых двигателем

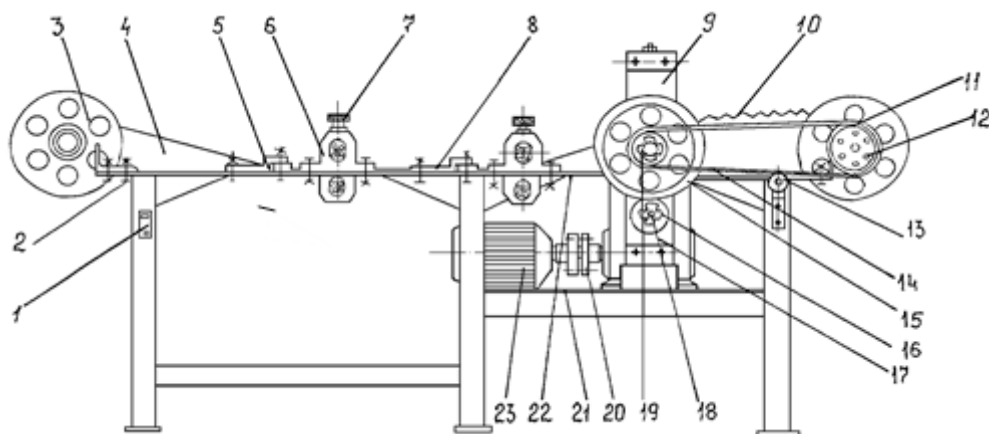


Рис. 1. Стенд для гофрирования ленты АГ-062: 1-кнопка управления; 2-болт; 3-бобина; 4-плоская лента; 5-крышка; 6-компенсатор; 7-винт регулировочный; 8-винт-прижим; 9-узел гофрирования; 10-гофрированная лента; 11-шкив; 12-бобина; 13-ролик; 14-клиновой ремень; 15-шестерня; 16-шестерня; 17-редуктор; 18-вал приводной; 19-шкив; 20-муфта; 21-полка; 22-стол; 23-двигатель

при работе на номинальном режиме, объемной скорости и выбранного катализатора. Таким образом, зная необходимый объем первичного носителя и ширину ленты, можно определить диаметр каталитических блоков и необходимое их количество для разрабатываемого нейтрализатора.

Сформированные блоки подвергаются термообработке, в результате чего, на поверхности металлического носителя образуется оксидная пленка  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , которая необходима для соединения металлической ленты со вторичным носителем.

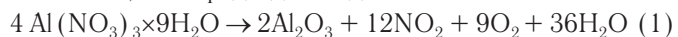
Чтобы оксидная пленка была устойчивой и не разрушалась, перед термообработкой блок первичного носителя необходимо тщательно очистить от масел (консервантов). Для этого в технологию изготовления катализаторов вводится стадия обезжиривания.

Моющий раствор при помощи центробежного насоса прокачивается через каналы блока и обезжиривает его. Продолжительность щелочной обработки составляет 20–30 мин. Для удаления остатков щелочного раствора блоки промываются в горячей и холодной воде, а затем обильно ополаскиваются дистиллированной водой. После удаления из каналов блока избыточной влаги они помещаются в сушильные шкафы и сушатся при температуре 250–300°C [2, с. 430].

Одним из важных этапов работы по изготовлению блочных катализаторов на металлическом носителе является приготовление вторичного носителя, который готовится в виде суспензии определенной плотности, вязкости и химического состава.

Суспензия вторичного носителя готовится из следующих соединений: азотнокислого алюминия, 11 %-ного водного раствора аммиака, азотнокислого церия, гидрата оксида алюминия и дистиллированной воды.

**Азотнокислый алюминий** ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), ГОСТ 3757–75. Кристаллы белого или желтого цвета, хорошо растворимы в воде, при нагревании распадаются на оксид алюминия, кислород и диоксид азота:



Содержание воды в  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  составляет 43,2 %.

**Водный раствор аммиака** (11 %-ный) ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), ГОСТ 760–79, содержание  $\text{NH}_3$  не менее 25 %. Бесцветная жидкость с резким, удушливым запахом, хорошо растворима в воде, плотность составляет 0,91 г/см<sup>3</sup>.

**Азотнокислый церий** ( $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), ТУ 6–09–4081–84. Бесцветное, лучистое, кристаллическое вещество, хорошо растворяется в воде и спирте, содержание воды в данном соединении составляет 25 %.

**Гидрат оксида алюминия** ( $\text{AlOOH}$ ), ТУ 38–101190–80. Метагидроксид алюминия, белые гранулы с содержанием влаги в количестве 22–24 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 0,02 %,  $\text{NaOH}$  — 0,02 %.

Суспензия плотностью 1,042 г/см<sup>3</sup> и содержанием до 97 % частиц менее 1,6 мкм может наноситься на поверхность металлического носителя методом электрофоретического осаждения [3, с. 118].

Электрофорез широко используется для электроокраски или грунтовки деталей в автомобилестроении (без применения токсичных растворителей), при изготовлении металлополимерных покрытий и композиционных материалов, создании полупроводниковых терморезисторов на основе сложных оксидных материалов, для нанесения каталитически активных покрытий из коллоидных металлов.

Основное преимущество электрофореза — высокая кроющая способность. При нанесении неорганических непроводящих материалов, например,  $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$  и др., по мере блокировки непроводящим покрытием наружных участков изделия — электрода, увеличивается напряженность поля в полостях и изгибах изделия, что обеспечивает равномерное покрытие сложнопрофилированных деталей. Наряду с этим, нанесение покрытий методом электрофореза позволяет автоматизировать процесс, контролируя его основные параметры: напряжение, ток, pH и расход суспензии в ванне. В отличие от других методов, например, воздушной электростатической окраски или метода окунания, потерь сырья в электрофоретической ванне практически нет, суспензия легко регенерируется. Это свидетельствует о высокой экономичности процесса. Получение покрытий методом электрофоретического осаждения позволяет создавать слои с любыми функциональными свойствами, в том числе и каталитическими. Время осаждения электрофоретических покрытий в зависимости от толщины слоя колеблется от нескольких секунд до нескольких минут. Толщина слоя может составлять, соответственно, несколько десятков мкм, а при более длительном осаждении достигать 2–3 мм.

При образовании электрофоретических осадков выделяют несколько стадий: транспортировка частиц к электроду (покрываемой детали), агрегирование частиц в приэлектродном пространстве (коагуляция) и прилипание частиц к поверхности электрода (гетерокоагуляция). Формирование покрытия завершается при термообработке электрофоретического осадка.

При проведении электрофоретического осаждения используется импульсный источник тока. В качестве катода служит стальная пластина. Минимальное межэлектродное расстояние — 50 мм.

После осаждения покрытие (без промывки) высушивается при температуре 80°C теплым воздухом, а затем термообработывается в сушильном шкафу при температуре 320°C в течение 30 минут. Такая термообработка обеспечивает спекание покрытия, удаление из него стабилизаторов и разложение адсорбированных носителей заряда.

Толщина наносимого на металлическую поверхность слоя бемита составляет 20–30 мкм. Распределение покрытия по поверхности сотовых каналов получается равномерным.

Электрофоретический метод нанесения вторичного носителя может быть использован для модификации вторичного носителя каталитически активными компонентами. Это можно осуществить, осаждая электрофорети-

ческое покрытие из гетеросупензий, содержащих кроме  $\gamma$ -AlO (ОН) или  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, например, дисперсные, нерасстворимые в воде оксиды или гидроксиды кобальта.

Кроме электрофоретического нанесения вторичного носителя возможны режимы катодного электрохимического соосаждения вторичного носителя (бемита) с металлическим кобальтом и рением, т.е. осаждения композиционных покрытий. Однако такой метод может использоваться только при осаждении композиционных покрытий на исходную гофрированную и негофрированную ленты до смотки их в готовые конструкции. В узкие каналы уже свернутых блоков такое покрытие, в отличие от электрофоретического, осадить сложно.

Катодное нанесение композиционных электролитических покрытий можно осуществить на ленту стальной (гофрированной и негофрированной) фольги при продвижении ее через ванны электрохимического обезжиривания, травления, промежуточных промывок, осаждения покрытия с последующей сушкой и намоткой в блок [4, с. 375], [5, с. 153], [6, с. 196].

При создании каталитических нейтрализаторов в малых количествах более выгодно использовать метод раздельного приготовления и нанесения вторичного носителя с последующей термической обработкой блоков.

Для получения вторичного носителя приготовленная суспензия наносится на металлический окисленный блок послойно, с последующей термообработкой.

После нанесения вторичного носителя на металлический блок на поверхность его наносится катализатор.

Чтобы равномерно распределить активные компоненты по поверхности носителя, нанесение их производится методом пропитки по влагоемкости соединениями металлов из растворов. Метод пропитки представляет собой суммарный процесс адсорбции и осаждения растворенного вещества в порах носителя. Затем в процессе сушки удаляется растворитель, блоки прокаливаются

до разложения соли, а катализатор восстанавливается до металла.

В некоторых случаях в качестве катализатора в каталитических нейтрализаторах используются **платина** или **рений**. Платина и рений наносятся на блок в определенном количестве от веса блока с вторичным носителем. Нанесение осуществляется методом пропитки блока раствором платинохлористоводородной кислоты и перрената аммония.

**Платинохлористоводородная кислота** —  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$ .

ТУ 6–09–2026–78, содержание платины — 37,5%, получается растворением платины в царской водке с избытком соляной кислоты, легко растворяется в воде, спирте, эфире.

**Перренат аммония** —  $NH_4ReO_4$ , ТУ 48–7–1–90, ПДК — 6 мг/м<sup>3</sup>, содержание рения — 69,2%,  $T_{\text{плав (разл)}} > 200^\circ\text{C}$ , растворим в воде.

Расчет необходимого количества  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$  или  $NH_4ReO_4$  для каждого блока ведется по формуле:

$$Q = (A_1/A_2) \cdot Q_1, \quad (2)$$

где  $Q$  — масса  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$  или  $NH_4ReO_4$ , г;

$Q_1$  — масса блока с вторичным носителем, г;

$A_1$  — содержание платины или рения на блоке, %;

$A_2$  — содержание платины в  $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$  или рения в  $NH_4ReO_4$ , %.

Объем поглощаемого раствора для некоторых блоков определен экспериментально (см. табл. 1).

При эксплуатации машин с приводом от дизелей требуется использование надежной в работе газоочистительной аппаратуры. Катализаторы должны обеспечивать реакции окисления токсичных компонентов при работе дизеля во всем диапазоне нагрузок, выдерживать перепады температур, не изменяя при этом, существенно, свой химический состав, структуру и активность. Важно и то, чтобы для носителя катализатора использовались бы недорогие и недефицитные материалы.

Таблица 1

Объем поглощаемого раствора для некоторых блоков

NN п/п	Диаметр блока, мм	Масса $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$ (0,2% от веса блока), г	Масса $NH_4ReO_4$ (0,2% Re от веса блока), г	Объем поглощаемого раствора, мл
1.	66	1,1	0,6	50
2.	88	2,0	1,1	95
3.	105	2,7	1,5	120
4.	124	3,3	1,8	140
5.	150	4,2	2,3	145
6.	156	4,9	2,6	170
7.	174	5,7	3,7	200
8.	177	7,2	3,9	220
9.	190	8,2	4,5	250
10.	199	8,5	4,6	330
11.	242	9,0	4,9	350
12.	245	9,6	5,2	390
13.	350	19,9	10,8	600



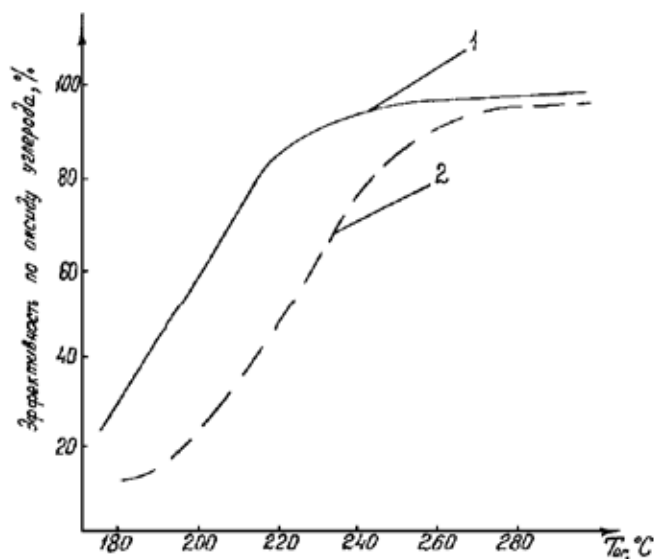


Рис. 2. Эффективность комбинированного катализатора (Pt, Re, Co) в зависимости от температуры отработавших газов: 1-содержание Co — 0,3%, Re — 0,2%, Pt — 0,1% (от массы блока); 2-содержание Pt — 0,1%

Для выполнения этих требований в нейтрализаторах отработавших газов дизелей могут быть использованы смешанные катализаторы, содержащие соединения активных металлов, например: платины, рения, кобальта и т.д. Приготовление этих смесей может осуществляться несколькими способами.

В первом случае кобальт вводится в состав суспензии в виде раствора  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , а платина и рений наносятся методом пропитки. Восстановление активных компонентов катализатора (Co, Re, Pt) проводится ОГ карбюраторного двигателя в установленном порядке. При этом, в результате окислительно-восстановительного процесса, на поверхности вторичного носителя происходит образование металлических Pt, Re, Co.

Во втором случае кобальт наносится на блоки с предварительно нанесенным вторичным носителем методом пропитки. После этого послойно наносятся Re и Pt.

В третьем случае Co наносятся на вторичный носитель вместе с Re методом пропитки, после чего этим же методом осуществляется введение Pt.

В четвертом случае вводятся только два активных компонента: Co и Pt. Нанесение этих компонентов осуществляется методами, описанными выше.

На рисунке 2 показана эффективность комбинированного катализатора, в который активные компоненты введены послойно: Co, Re, Pt.

Сравнивая эффективность комбинированного катализатора с эффективностью стандартного, можно отметить, что более высокие результаты показывают катализаторы, содержащие добавку Co и Re. Так при 180°C катализаторы с добавкой Co и Re имеют 32% очистки ОГ от оксида углерода, а платиновый — 12%. В интервале температур 200–220°C эта разница составляет 50%. С повышением температуры наблюдается увеличение активности катализатора, содержащего только платину. При 300°C их эффективности достигают порядка 95%.

Введение кобальта в состав комбинированного катализатора дает положительные результаты. Комбинированный катализатор с добавкой Co работает более эффективно при низких температурах ОГ (180–220°C) [7, с. 318].

#### Литература:

1. Попова, Н. М. Катализаторы очистки выхлопных газов автотранспорта. — Алма-Ата: Наука, 1987. — 224 с.
2. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — М.: Машиностроение, 1975. — 560 с.
3. Альтшуль, А. Д. Гидравлические сопротивления. — М.: Наука, 1970. — 216 с.
4. Дейч, М. Е. Техническая газодинамика. — М.: Энергия, 1974. — 592 с.
5. Виноградов, Б. С. Прикладная газовая динамика. — М.: Университет дружбы народов, 1965. — 350 с.
6. Тепловая изоляция. — М.: Энергия, 1982. — 442 с.
7. Шейкин, В. А. Строительные материалы. — М.: Стройиздат, 1985. — 507 с.



## 10. АРХИТЕКТУРА

### Тенденция «кирпичного» стиля в творчестве кубанских зодчих конца XIX — начала XX вв.: историко-архитектурный аспект изучения

Береговина Надежда Борисовна, аспирант  
Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

В 1870-х гг. возникает рационалистическое течение в архитектуре, обусловленное отходом от инородного для русской культуры классицизма и угасающих подражательных тенденций, стилиобразующие факторы которых в архитектурных формах, эмпирически отражали истоки того или иного всемирно известного архитектурного стиля. Вторая половина XIX в. отличающаяся стилевым многообразием и расцветом «зрелой эклектики» способствует поиску компромиссных решений, в перспективе которых возникают новые представления о переосмыслении художественной идеи связанной в первую очередь с функциональным предназначением здания.

Так называемый «кирпичный» стиль сформировался в промышленной архитектуре гораздо раньше, чем в гражданской. Причиной этого был, во-первых, ранний отказ от внешних форм классицизма (1836 г.), а во-вторых, существовавшая еще с петровских времен тенденция к простоте строительства и экономичности при эксплуатации. [1, 345] Отказ от ордера, ритмичность членений, простой и практичный способ отделки фасадов без использования штукатурки и дополнительных средств, — отличают здания фабрик, построенных из кирпича в 1830—1840 гг. В тот период, подобный способ возведения промышленных объектов, не представлял собой каких-либо утвержденных образцов зарождавшегося «кирпичного» стиля в русской архитектуре, но определенно стал его предвестником.

Преподаватель Петербургского строительного училища А.К. Красовский является признанным основоположником рационалистического направления в русской архитектуре. «Направление архитектуры, — пишет Красовский — не должно состоять в исключительном стремлении к одному полезному или одному изящному; основное правило ее есть преобразование одного в другое, то есть полезного в изящное... Техника или конструкция есть главный источник архитектурных форм. Участие художества при сочинении этих форм состоит только в общении грубым формам техники художественной оконченности» — определяет Е.И. Кириченко кредо зарождающегося стилистического течения, ссылаясь на учебное руководство А.К. Красовского «Гражданская архитектура. Части зданий» изданное в 1851 г. [2, 160]

Архитекторы, приверженцы новой тенденции в строительстве, при возведении зданий, поверхность кирпичной кладки стали все чаще оставлять обнаженной. Чтобы обогатить художественные возможности этого приема, стену из искусственного камня, облицовывали керамическими плитками, полихромным (разноцветным) кирпичом, изразцами, терракотовыми вставками, природным камнем. [1, 346] На пике стиля, одним из наиболее выразительных средств, становится рельефная кладка, нередко обогащенная сложной орнаментальной выразительностью архитектурных деталей.

Идеи рационализма, постулированные А.К. Красовским, вплоть до Октябрьской революции пропагандировал Петербургский институт гражданских инженеров (в 1867 г. строительное училище было преобразовано в институт), в котором получали образование многие известные кубанские зодчие, но в их архитектурной практике эта стилистическая направленность оказалось мало выраженной. Некоторый из построенных в Кубанской области храмовых сооружений, по ряду характеристик, скорее определяют стилистический «стык» между рационализаторской тенденцией в строительстве конца XIX в. и приверженностью южных архитекторов в поисках переосмысления исторически сложившихся на Руси форм.

Храм во имя Святой Троицы города Майкопа (Адыгея, Краснодарский край), заложенный в феврале 1881 г. возвели к марту 1889 г. при содействии коллежского асессора Г.А. Коваленко, собравшего деньги на его постройку. В архитектурно-художественном решении храм во имя Святой Троицы города Майкопа определяется одним из образцов «кирпичного стиля». Нетрадиционный для храмового строительства Кубани внешний облик культового сооружения, в гладкой кирпичной кладке которого изначально заложена декоративная функция, ассоциируется с влиянием фабричной архитектуры. Скромно декорированный, вытянутый по продольной оси, крестообразный в плане храм, центральный объем которого венчает оригинальное пятиглавие, чьи глухие барабаны, поддерживающие купола необычной формы, напоминают заводские трубы.

В стилистике эклектичных версий «кирпичного» зодчества построенных в Кубанской области (Краснодарский



Рис. 1 Храм во имя Святой Троицы г. Майкоп (Адыгея, Краснодарский край) (Фото И. Платонов)

край) можно отметить; храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы город Кропоткин, церковь во имя Святой

Троицы станица Вознесенская, храм во имя Святого Николая Чудотворца село Великовечное.

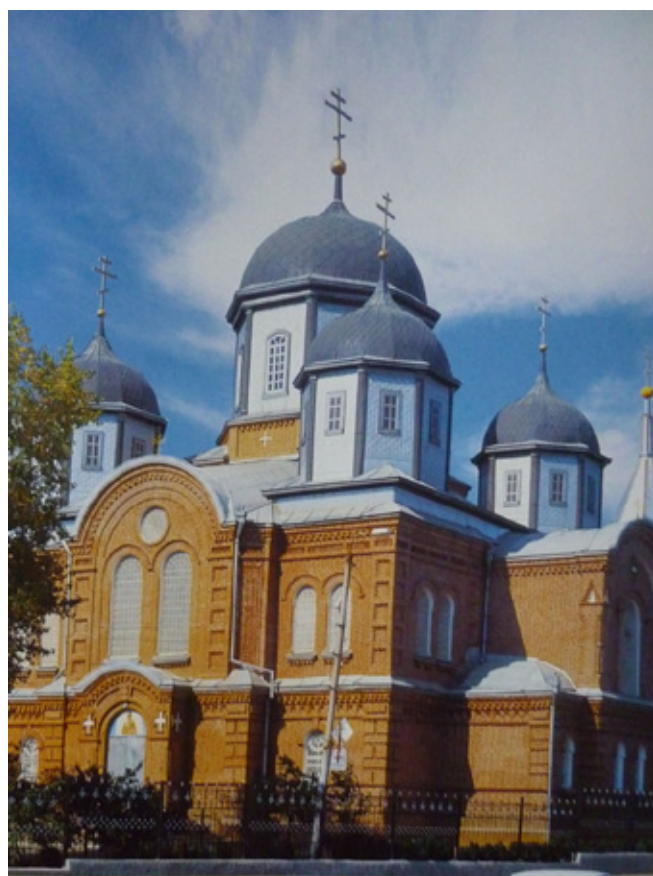


Рис. 2. Храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы г. Кропоткин (Фото И. Платонов)

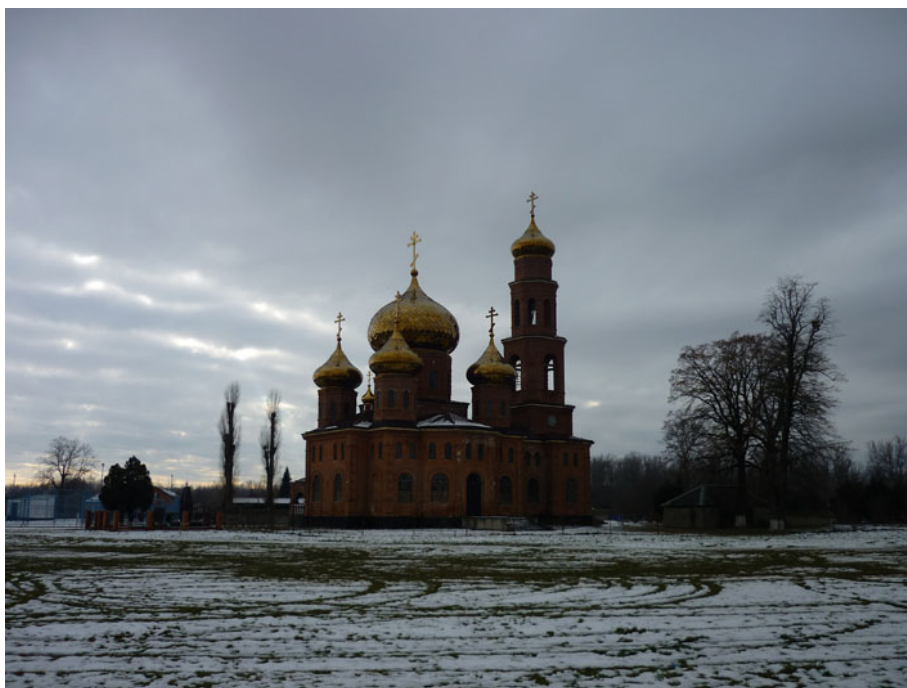


Рис. 3. Храм во имя Святого Николая Чудотворца с. Великовечное (Краснодарский край) (Фото автора)

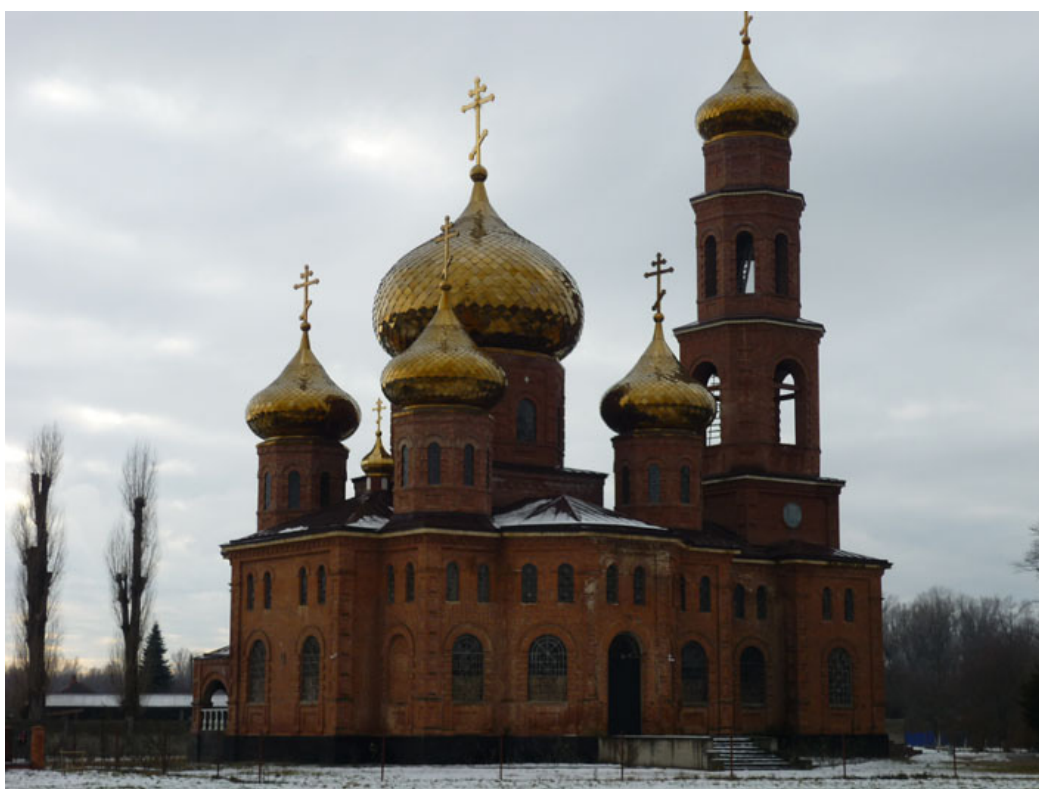


Рис. 4. Храм во имя Святого Николая Чудотворца с. Великовечное (Краснодарский край) (Фото автора)

Храмовое здание во имя Святой Троицы станицы Вознесенской, построенное в 1906 г., хотя в основе содержит типичную для русской архитектуры форму, в которой четверик церкви венчают пять глав, имеет кладку стен и отдельные детали архитектурного декора, ориентирующие

общую эклектичную стилистику здания, как интеграцию рационалистического мотива в привычный образ отечественного культового сооружения.

Не предусмотренные по проекту в храме колокольня и хоры, а также параллелепипед алтарного выступа то-



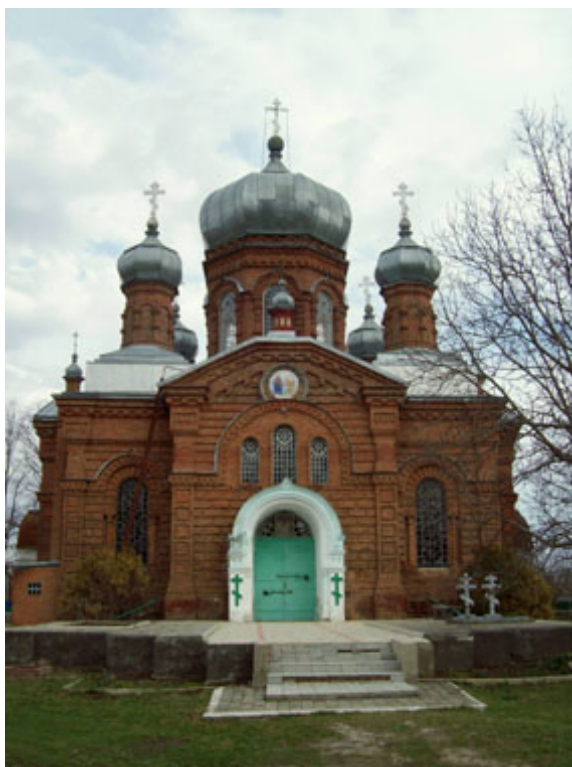


Рис. 5. Храм во имя Святой Троицы (западный фасад)  
ст. Вознесенской (Краснодарский край)  
(Фото Н. Ивановой)

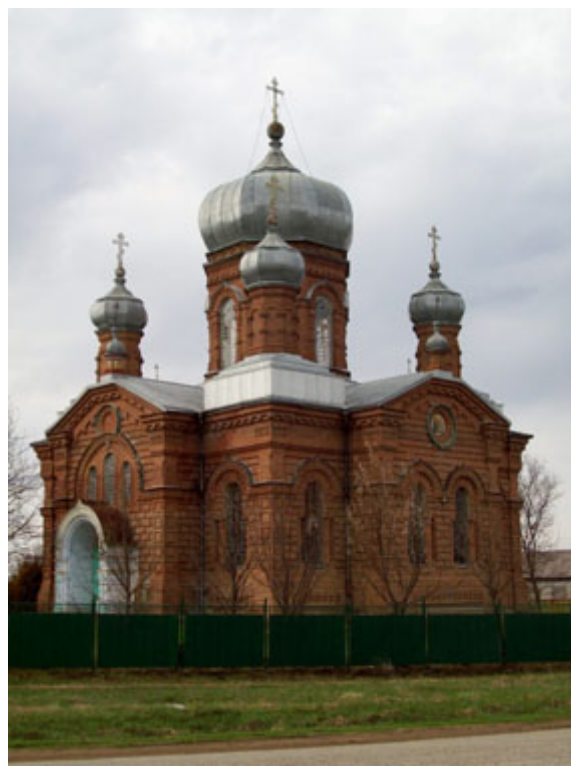


Рис. 6. Храм во имя Святой Троицы (юго-восток)  
ст. Вознесенской (Краснодарский край)  
(Фото Н. Ивановой)

жественный объемам трех приделов только усиливают эту тенденцию. Акцент на ключевую роль влияния «русского стиля» с использованием мотивов византийского зодчества, задуманного архитектором, смещен посредством нестандартной обработки стен храма во имя Святой Троицы станицы Вознесенской и особенностями его планировки. Лишенный красок, монохромный декор стен строго упорядочен, вписанный в систему зеркальной симметричности фасадов церкви.

Основной объем здания представляет собой обстроенный приделами четверик с выступающей алтарной частью. В концепции единого облика, храмовое сооружение во имя Святой Троицы, производит впечатление целостности, лаконичности и подчеркнутой функциональности. Конфигурация греческого креста, положенная в основу при проектировании плана здания, обуславливает компактность его объемно-пространственной формы. На линии восток-запад, в симметрично — осевой композиции здания, расположены помещения: алтарь (апсида), центральный зал с боковыми приделами, трапезная и притвор.

Дополнительную выразительность экстерьеру здания придают, кроме четырех угловых главков на глухих барабанах, с доминирующим над ними центральным куполом, завершающих четверик, дополнительные малые главки на шеях, по одной, установленные на трапециевидные по форме щипцы, декорирующие все фасады храма. Восьмигранный высокий световой барабан опоясан лентой

полуциркульных окон, декорированных кокошниками килевидной формы, пята арок которых опираются на колончатое обрамление оконных проемов. Декорирует центральный барабан два ряда венчающего карниза. Высокий гзисм, проходящий над окнами выполнен из двух скомбинированных поясков: нижнего арочного и верхнего зубчатого. Завершает барабан отделенный трехступенчатым пояском от нижнего гзисма карниз из полукруглых кокошников. Венчает объем храма купол луковичной формы. Малые угловые барабаны с главками, установлены на высокие кирпичные постаменты, имеющие архитектурную деталь, выложенную в виде имитации полукруглой арки в центральных частях на каждой грани параллелепипеда. Глухие барабаны декорирует аркатурно-колончатый пояс и венчающий карниз, выполненный ступенчатым гладким пояском. Конструкция кирпичных стен здания церкви сложена с использованием однорядной (цепной) перевязки и имеет трехчастное горизонтальное деление всего декора рельефной кладки по высоте храма. Первый уровень, это кирпичный высокий и гладкий цоколь здания с небольшим вкраплением архитектурных деталей в виде рамок с квадратными сердечниками. Второй ярус проходит от верхней точки завершения цоколя до центра верхней части полукруглого обрамления трехчастной композиции, составленной из полуциркульных окон, которые находятся над порталами северного, южного, западного фасадов храма. Вторым уровнем стен, усиленных угловыми лопатками, обработан с помощью

квадрового руста. Полуциркульные оконные проемы обрамляют арочные переемы, пяты которых опираются на  $\frac{3}{4}$  круглые колонки, вырезанные в стенах храма на  $\frac{1}{2}$  высоты окна. Тяга над окнами, бегущая по периметру храмового здания, выполнена в виде пояса с зубчиками (сухариками), который над световыми проемами четверика образует форму килевидных кокошников. Доштатый руст, использованный для третьего яруса декоративной отделки четверика и притворов храма, прерывается тягой, организованной на  $\frac{1}{2}$  высоты последнего уровня декоративного убранства основного объема здания, переходя в гладкую кладку, завершенную ступенчатым карнизом, обрамленным по нижнему краю зубчиками. В кладке стен притворов, руст подведен под зубчатый карниз, мотив которого повторен в кирпичном орнаменте щипца. Над трехчастной композицией окон устроены круглые медальоны. Лопатки становятся гладкими и увенчанными импровизированными капителями на тему куба, декорированного зубчиками. Каменные крыльца входов, увенчанные килевидными арками, выдержаны в общей тематике к декоративному убранству всего здания. Временная звонница устроена внутри храма. Эстетика восприятия северного фасада частично искажена необходимостью пристроить к храмовому зданию котельную.

По характеру организации внутреннего пространства храмовое здание во имя Святой Троицы станицы Вознесенской относится к типу четырехстолпного крестово-купольного храма, пилоны которого поддерживают световой барабан с куполом, переходы к которому заполнены парусами. Рукава «креста» перекрыты коробовыми сводами и ориентированы по сторонам света.

Храм во имя Святой Троицы станицы Вознесенской, расположенный в центральной части станицы, имеет хорошо просматриваемые обзорные точки со всех сторон и играет доминирующую роль в организации застройки сельского поселения.

Станица Новоивановская (Краснодарский край), расположенная в ровной степной местности на небольшой речке Водяной, впадающей в реку Ею, была основана как хутор Новоивановский Ейского отдела Кубанской области в 1891 г. казаками-переселенцами.

В своих исследованиях, относящихся к истории и архитектуре храма во имя Покрова Пресвятой Богородицы станицы Новоивановской (Краснодарский край), архитектор — реставратор И. Г. Семенова упоминает о сохранившихся исторических документах, в которых затронуты вопросы строительства церквей в 1872 г. при пособии Кубанского казачьего войска для 25-и станиц Кубанской области.

В хуторе Новоивановском 23 марта 1897 г., при здании церковно-приходской школы, построенной на 2 года раньше, был устроен молитвенный дом: на каменном фундаменте, деревянный, покрытый железом и холодный. Престол в нем освятили во имя Святителя и Чудотворца Николая Мирликийского. С этого периода хуторским сообществом начинают изыскиваться средства на по-

стройку большого каменного храма. К 1906 г. имелся план церкви и строительная смета на сумму в 43916 руб. В середине 1907 г. архитектор И. К. Мальгерб для начальника Строительного комитета Кубанского областного правления подготовил акт освидетельствования грунта, расчет устойчивости и прочности сооружения, засвидетельствованные лично. И. К. Мальгерб писал: «Площадь, избранная для постройки церкви, находится в середине хутора, представляет ровное место без бугров и ям. Размер 120x120 сажень. На восток на площадь фасадом расположена постройка молитвенного дома, на запад — хуторское правление». (ГАСК-Ф135, оп. 64, лл. 16–18) Утвержденный проект каменной церкви со всеми необходимыми приложениями в хуторе Новоивановском от 7 мая 1908 г. Строительным комитетом Кубанского областного правления был передан в Ставропольскую Духовную консисторию. Через год было получено разрешение на постройку новой кирпичной церкви во имя Покрова Пресвятой Богородицы в хуторе Новоивановском. Согласно архивным источникам: «8 августа 1909 г. Благочинный Св. Николай Парадиев освятил место и закладку храма. Подрядчиком по строительству был определен Иван Мациковский, десятником — крестьянин Константин Рощенко. Жители хутора организовали хуторской строительный комитет по постройке церкви, в который вошли казаки Федор Капустин, Евграф Шенгерей, Яков Рипа, Иван Брик, Иван Городицкий, Савва Собачка, Аким Жованый и др». (ГАСК-Ф135, оп. 64, д. 442, л. 43)

Спустя три года, избранным главой комиссии, освидетельствовавшей только что построенный храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы 17 июня 1912 г., по приглашению строительного комитета хутора Новоивановского, становится архитектор-инженер А. П. Косякин. Тогда же был составлен акт о приемке деревянного эмалированного трехпрестольного иконостаса, установленного И. В. Фатьяновым.

По благословлению Архипастыря Архиепископа Агафедора, возведенный во имя Покрова Пресвятой Богородицы храм был освящен 15 сентября 1912 г. В тот же день хутор Новоивановский переименовали в станицу.

Ставропольские Епархиальные ведомости за 1912 г., №44 напечатали статью учительницы Зои Массальской, впечатленную событием освящения храма в станице Новоивановской: «Храм наш кирпичный, стоимость его около 80000 руб., архитектура его довольно оригинальна. Главный купол царит надо всей церковью, он массивен в византийском стиле и выше всей церкви. Видевшие храм на станции «Борки» говорят, что наш храм внешним видом напоминает тот. Внутри храма очень много света. Свет падает сверху из купола... Иконостас деревянный эмалированный, дороговизной глаз не бьет, позолоты очень мало в нем, но он поражает своим изяществом, он весь как кружевной, а соединение цветов розового, фиштакшского и голубого приятно ласкает глаза».

Стилистическое решение здания храма во имя Покрова Пресвятой Богородицы в станице Новоивановской опре-

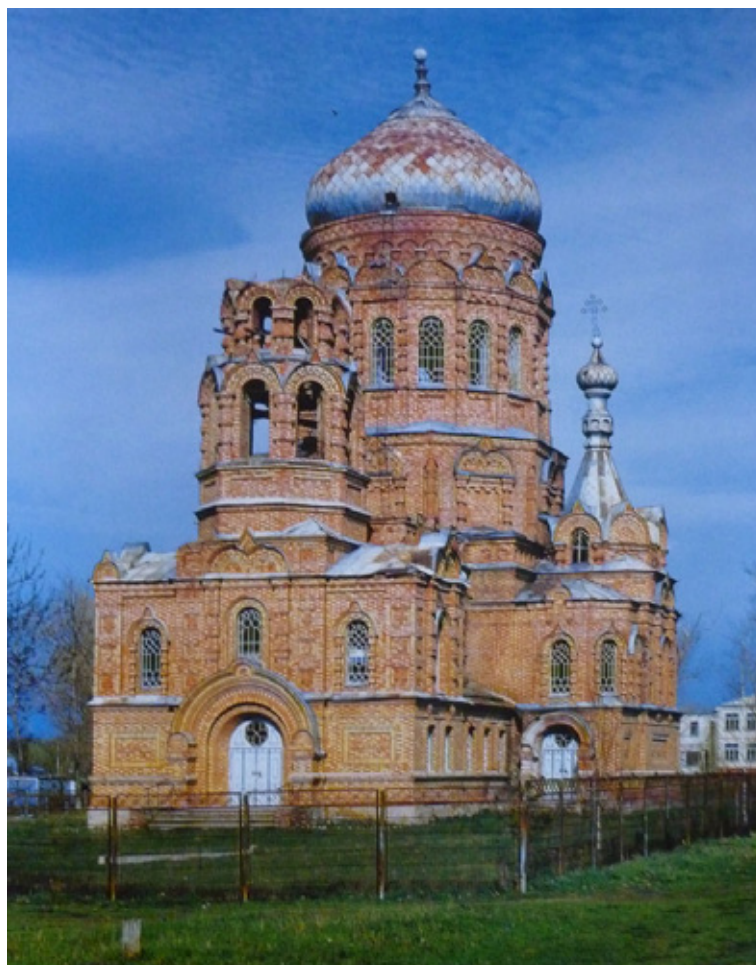


Рис. 7. Храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы ст. Новоивановская (Краснодарский край) (Фото И. Платонов)

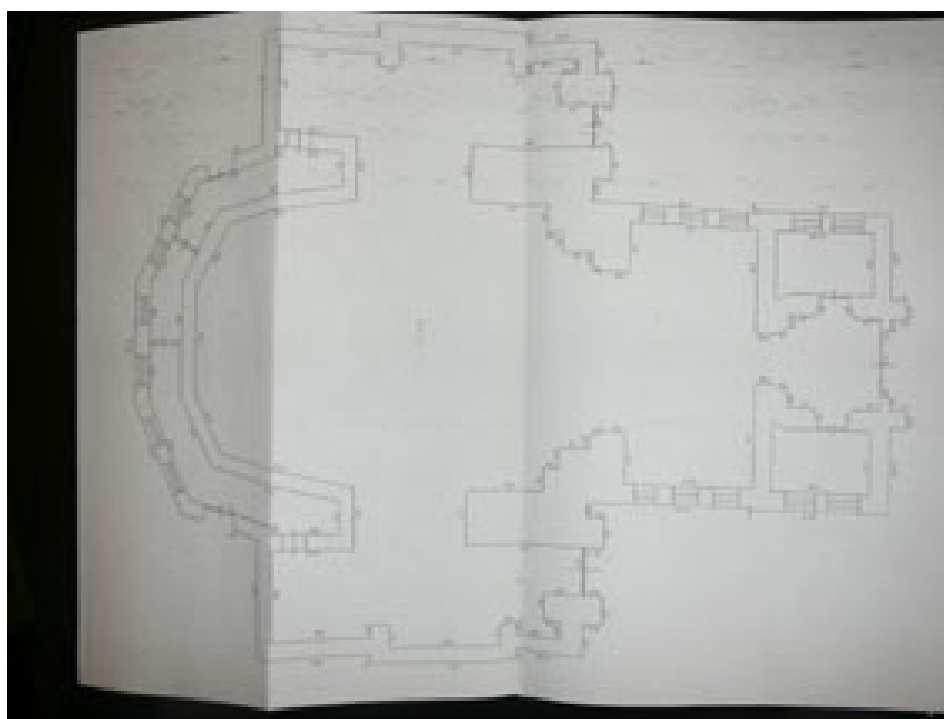


Рис. 8. План храма во имя Покрова Пресвятой Богородицы ст. Новоивановская (Краснодарский край)  
(Из авторских материалов архитектора – реставратора И.Г. Семеновой)





Рис. 9. Храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы ст. Каневская (Краснодарский край) (Фото И. Платонов)

деляется эклектичной версией «русского стиля» в образе одного из ее разнообразных кирпичных вариантов. Подобный проект церкви в честь Богоявления Господня был реализован на Гутуевском острове г. Санкт-Петербурга в 1899 г. Проект храма в г. Санкт-Петербурге вместимостью на 1400 человек с большим куполом создали гражданский инженер В.А. Косяков и инженер Б.К. Правдзик. Принимая во внимание тесное сотрудничество Б.К. Правдзика с кубанскими зодчими, наиболее вероятно, что данный типовый проект, являющийся прототипом для церкви хутора Новоивановского, был позаимствован у него.

Храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы в станице Новоивановской относится к типу церквей с симметрично-осевой композицией (вытянутой по линии восток — запад): апсида, центральный объем храмового здания с северным и южным боковыми приделами, трапезная с хорами на втором ярусе, колокольня (притвор). Доминирующая вертикаль объемно-пространственной композиции — масса бесстолпного храма, в основе которой лежит восьмерик на четверике. Храм во имя Покрова Пресвятой Богородицы в станице Новоивановской и аналогичное ему здание храма в честь Богоявления

Господня в г. Санкт-Петербурге, организованы по традиционному в православии плану типа «крест», который в объемно-пространственной композиции обусловил построение масс, растущих в ритмическом порядке по высоте к центру.

Четверик храма во имя Покрова Пресвятой Богородицы в станице Новоивановской, примыкающая к нему граненая апсида и второй ярус трапезной (хоры) читаются единым объемом, венчающая часть которого над алтарем и хорами, перекрытыми бочарным сводом, разрывается световыми чердачными закомарами. На четверике, с переходом через тромпы, устроен глухой восьмерик, декорированный по каждой плоскости грани — слепыми окнами с кокошниками, устроенными на колончатом обрамлении, по углам (на стыках граней) — врезкой круглых  $\frac{3}{4}$  колонн. На восьмерик установлен граненый мощный барабан, прорезанный 16 арочными световыми проемами и увенчанный карнизом в виде пояса из кокошников. Завершение верхней части стен шестнадцатигранного барабана, на который опирается сферический свод, по диаметру его окружности, представляет глухой аттик, декорированный зубчиками и аркатурно-колончатым поясом. Завершает объем храма шлемовидный купол. Пятигранная апсида

алтаря с арочными проемами второго света перекрыта конхой (возможно веерный свод), увенчана миниатюрным шатром с луковичной главкой. Вокруг апсиды на уровне первого яруса устроен крытый обход, который декоративным убранством фасадов тождественен первому ярусу трапезной.

Эклектичный кирпичный декор имеет явный уклон в сторону «русского стиля». Лицевая кладка здания выполнена фламандской перевязкой из красного и желтого кирпича. Разнообразные приемы кирпичного декора, выполненные за счет выдвигания и углубления кирпича различной конфигурации, полученного путем тески или использованием лекальной формы, и создающим многообразие ширинок, бегунков, колонок в многочисленных вариантах.

Колокольня с шатровым покрытием, увенчанная главкой, — четырехъярусная, пирамидальной композиции: двухъярусный четверик поддерживает два восьмерика, верхний из которых меньших размеров. Все грани восьмериков прорезаны оконными проемами с полуциркульным завершением и обрамлены архивольтами в виде кокошников.

Параллелепипед двухъярусной части колокольни по высоте, горизонтали членений, габаритными пара-

метрами проемов, декору композиционно дублируется с двухъярусными объемами северного и южного приделов, имеющих аналогичное колокольне шатровое покрытие с главками. С западной стороны центрального объема, в боковых приделах расположены отдельные входы с полуциркульными завершениями и декорированные в общей, но упрощенной стилистике по отношению к главному portalу храма.

Изящные формы колокольни, в контрасте к основному объему храма во имя Покрова пресвятой Богородицы станицы Новоивановской, подчеркивая значительность его главной массы, одновременно усиливают единство кругового декора всего здания храма и в сочетании с двухцветной кирпичной кладкой создают впечатление легкости и полной гармонии.

Тот же принцип построения объемно-пространственной композиции и подобную стилистику в архитектурных деталях художественного образа культового здания использовал при строительстве храма во имя Покрова Пресвятой Богородицы в станице Каневской (Краснодарский край) архитектор И. Х. Морбель. Внушительное храмовое здание, заложенное 13 июня 1902 г., возвышается в центре Южной площади станицы Каневской с 1912 г.

#### *Литература:*

1. Санкт-Петербург Архитектурные стили/Автор-составитель М. С. Зимина// Санкт-Петербург, 2005.
2. Е. И. Кириченко. Русская архитектура 1830—1910-х годов. Москва, 1978.
3. И. Г. Семенова. Авторские материалы исследования мастерской архитектора-реставратора И. Г. Семеновой храма во имя Покрова Пресвятой Богородицы станицы Новоивановской (Краснодарский край). Краснодар, 2003.
4. И. Платонов. Кубань Православная — Первозванная. Фотоальбом. Краснодар, 2000.

## 11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

### Исследования зависимости гранулометрического состава материалов от энергии нагружения

Абдуллаев Айдар Бердиханович, магистрант

Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауезова (г. Шымкент)

Для моделирования и математического описания процесса изменения дисперсного состава материалов в шаровых мельницах необходимо определение гранулометрических характеристик материалов (вероятность разрушения, распределительная функция размеров частиц после разрушения и т.д.) при динамических нагружениях [1,2]. Для этой цели нами был использован вертикальный копер с различным набором массы и высоты сбрасывания бойка, что позволяло варьировать в широком диапазоне величину энергии удара. Образцы неправильной формы с размерами, находящимися в пределах узких фракций, устанавливались на плоский столик с концентрическими окружностями, которые облегчали быструю установку образцов по центру. В качестве испытуемых были выбраны материалы, имеющие различную кристаллическую структуру. Ниже приведены результаты экспериментальных исследований с  $NaCl$  (ионно-кристаллическая решетка) и  $CaCO_3$  (островная структура кристалла). Разрушаемые на вертикальном копере частицы фракций: (2,0–2,5); (2,5–3,0); (3,0–5,0); (5–7,0) мм после ударного нагружения взвешивались и рассеивались на стандартных ситах с целью определения гранулометрического состава. На рисунке 1 представлена одна из интегральных величин распре-

ления частиц после каждой серии экспериментов, из которого видно, что с увеличением скорости движения бойка содержание тонких фракций возрастает, несмотря на то, что вероятность разрушения была равна 100%. Такая закономерность характерна как для  $NaCl$ , так и для  $CaCO_3$ . Анализ гранулометрического состава продуктов разрушения крупных и мелких фракций частиц показывает (рисунок 2), что с одной стороны, мелкие частицы имеют более высокую динамическую прочность, а с другой стороны, гранулометрический состав продуктов разрушения их во много раз тоньше, чем у более крупных частиц. Наиболее интересная картина наблюдается при постоянном значении кинетической энергии удара ( $E = \text{const}$ ). Методика экспериментов заключалась в том, что масса бойка ( $M$ ) и высота его сбрасывания ( $h$ ) подбирались таким образом, чтобы кинетическая энергия удара оставалась постоянной. В ходе проведения экспериментов было установлено, что вероятность разрушения не зависит от массы бойка, но на изменение гранулометрического состава продуктов разрушения частиц масса бойка оказывает заметное влияние. При сохранении равенства энергии удара, бойки с большей массой разрушают частицы с более тонким гранулометрическим составом.

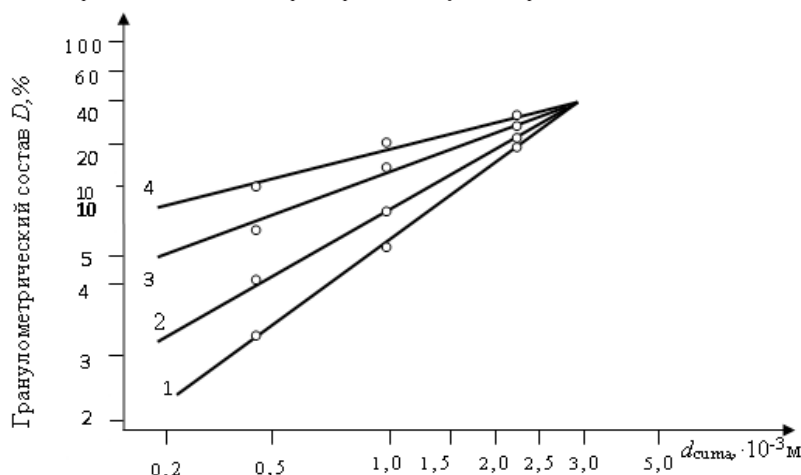


Рис. 1. Зависимость гранулометрического состава  $CaCO_3$  при 100% разрушении частиц фракций  $d = 2,5 \dots 3,0$  мм и различных скоростях удара ( $W$ ) при массе бойка 5 г:  
1 —  $W = 3,43$  м/с; 2 —  $W = 3,70$  м/с; 3 —  $W = 3,20$  м/с; 4 —  $W = 4,43$  м/с

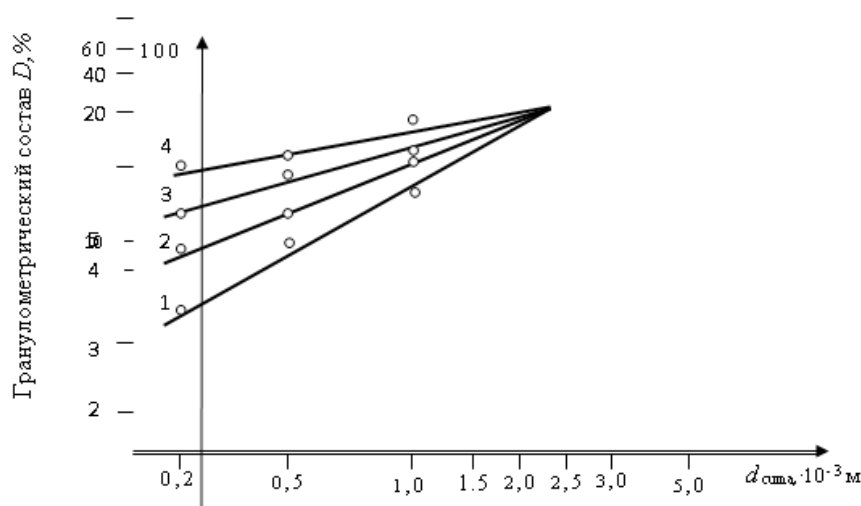


Рис. 2. Зависимость гранулометрического состава  $NaCl$  от энергии падающего бойка ( $E$ ) для частиц  $d = 2,0...2,5$  мм:

1 —  $E = 25 \cdot 10^{-3}$  кгм; 2 —  $E = 75 \cdot 10^{-3}$  кгм;  
3 —  $E = 150 \cdot 10^{-3}$  кгм; 4 —  $E = 200 \cdot 10^{-3}$  кгм

#### Литература:

1. Гундоров, И. М., Гельперин Н. И. Определение энергии, затрачиваемой на измельчение частиц твердых эпоксидных композиций // Химическое и нефтяное машиностроение. — 1974. — № 6. — с. 17–19.
2. Сариев, А. А. Экспериментальное исследование изменения гранулометрического состава дисперсного материала при многократных нагружениях // Химия и хим. технология. — 2003. — Т. 46, № 5. — С. 162–163.

## Разработка методики по определению усилия удержания пуха в шерстно-пуховом покрове коз

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент;  
Ваньков Алексей Валерьевич, инженер  
Оренбургский государственный аграрный университет

Козоводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства. Повсеместно широко ценится сырье, производимое данной отраслью — пух, шерсть, шкуры, а также продукты питания — мясо и молоко. Козы гораздо лучше других сельскохозяйственных животных добывают себе корм в труднодоступных горных условиях, поэтому в этой отрасли меньше затраты труда на содержание животных.

Пуховых коз разводят в различных зонах страны: в Поволжье, на Южном Урале, в Горном Алтае, на Северном Кавказе [1]. Козий пух представляет особую категорию шерстного сырья. Группу пухового козоводства составляют оренбургская, придонская, горно-алтайская породы пуховых коз, а также узбекские черные, киргизские придонского типа и дагестанские белые улучшенные пуховые козы [2, 3].

Пух вычесывается из шерсти коз в период их естественной линьки. Ческа пуха — важная специфическая компания в козоводстве. Подлежат ческе козы пуховых

пород, их помеси и грубошерстные козы с хорошо развитым пуховым подшерстком. Ческа пуха коз начинается во второй половине зимы — в начале весны. При этом конкретные сроки определяются временем начала линьки пуха у коз, это зависит от хозяйственно-климатических условий их содержания, состояния упитанности, их пола и возраста.

Огромное значение для предприятий и хозяйств имеет сохранение качества пуха (длина, тонина, прочность и извитость). Качество пуха и его свойства определяются не только принадлежностью самого животного к той или иной породе, но и тем, в каком состоянии упитанности и опрятности оно содержится, и еще в большей мере, при каких условиях и технических правилах классифицируется и хранится продукция. Большое влияние на качество пуха оказывают сроки проведения чески коз [4].

Кроме того, пух подвержен сезонной изменчивости (рисунок 1). В зависимости от времени года технологические показатели пуха (длина, тонина, прочность) изменяются. Влияние на эти изменения оказывают не только

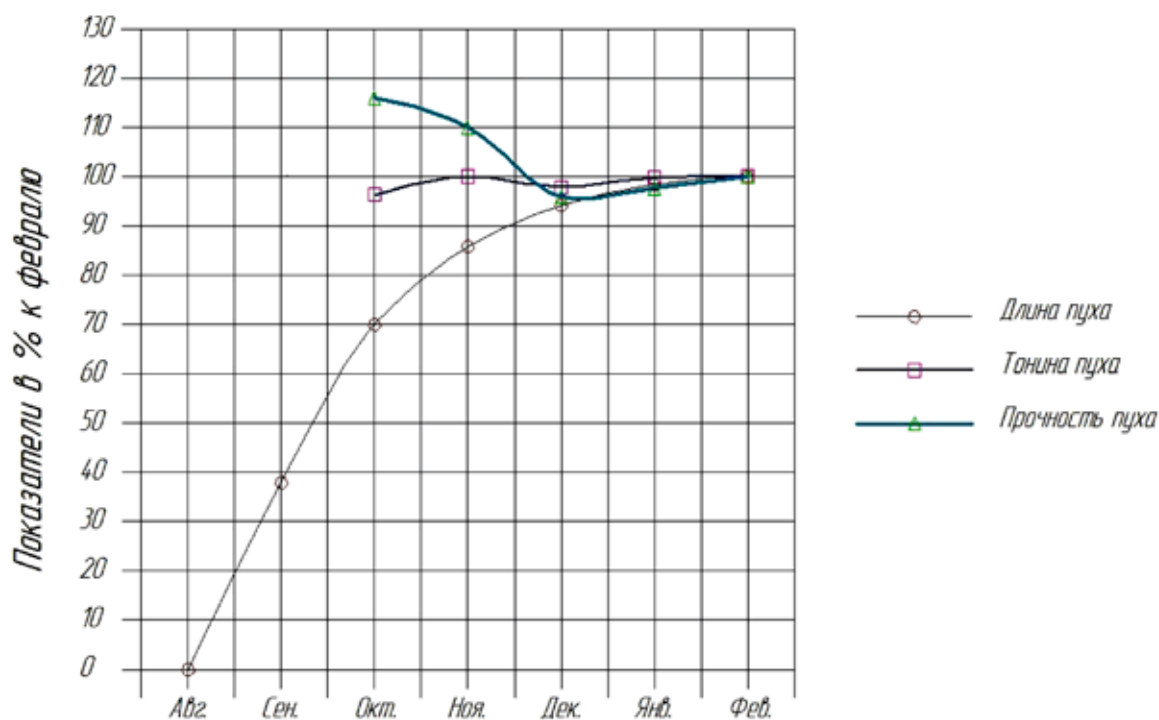


Рис. 1. Сезонная изменчивость технологических показателей пуха

природные факторы и среда обитания, но и кормление (содержание) и принадлежность к группе продуктивности [5].

Процесс чески пуха является одним из основных звеньев в технологии получения продукции пухового козоводства. От правильной его организации, от совершенствования средств механизации зависит качество пуха, изменение его технологических свойств [6].

Для соблюдения требований, предъявляемых при ческе пуха у коз и сохранения качества вычесанного пуха, необходимо знать, на различных участках тела животного кожный и шерстно-пуховой покров животных различен. Следовательно, глубина залегания корней волос и пуха разнообразна и чтобы извлечь пух при вычесывании, потребуются различные усилия, прилагаемые оператором (при ручной ческе) и вычесывающим устройством (механическое вычесывание пуха). Для этого нужно определить, какие усилия необходимо приложить, чтобы преодолеть усилия удержания пуха в кожном покрове. Для этого нами проведены исследования, направленные на изучение основных частей тела коз, выделены основные участки тела и проведены промеры технологических показателей пуха и кожи коз (рисунок 2).

Наибольшее количество пуха, получаемое во время чески коз, располагается на спине, крестце, шее, лопатках, ребрах и ляжках животного. Эти участки составляют основную часть тела коз и обладают самым густым волосным покровом, который содержит более ценный по своим качествам (тонина, длина) пух [7].

В качестве оборудования для определения усилия удержания пуха в пухо-шерстном покрове коз (рисунок 3) нами было использовано устройство, которое разработано

на кафедре «Механизация животноводства» ОГАУ [8].

Методика проведения эксперимента заключается в следующем. Оператор внедряет данное устройство в пухо-шерстный покров козы на различных участках тела козы и проводит вычесывание пуха. При этом усилия, которые преодолевают пуховычесывающие элементы, измеряются динамометрическим блоком и фиксируются блоком регистрации. Вычесывание проводилось до полного извлечения пуха из пухо-шерстного покрова животного.

Регистрирующий блок проводит суммирование затраченных усилий на извлечение пуха (таблица 1). Зная полную площадь очесываемой поверхности животного и суммарные усилия, можно определить среднее усилие удержания пуха на определенном участке тела животного:

$$P_{CP} = \frac{\sum F}{S}, \text{ Н/мм}^2 \quad (1)$$

где  $\sum F$  — суммарное усилие, затраченное на вычесывание пуха на конкретном участке (Н),

$S$  — площадь участка, на котором проводилось вычесывание пуха ( $\text{мм}^2$ ).

Данное устройство универсально. Оно выполнено разборным и позволяет менять вычесывающие элементы и гребни любого вида и конструкции, что дает возможность проводить исследования по совершенствованию вычесывающих элементов, для выбора оптимальных параметров вычесывающих устройств.

Данная методика универсальна и может быть применена при определении усилий удержания пуха не только в шерстно-пуховом покрове коз, но и любых животных пухового направления.



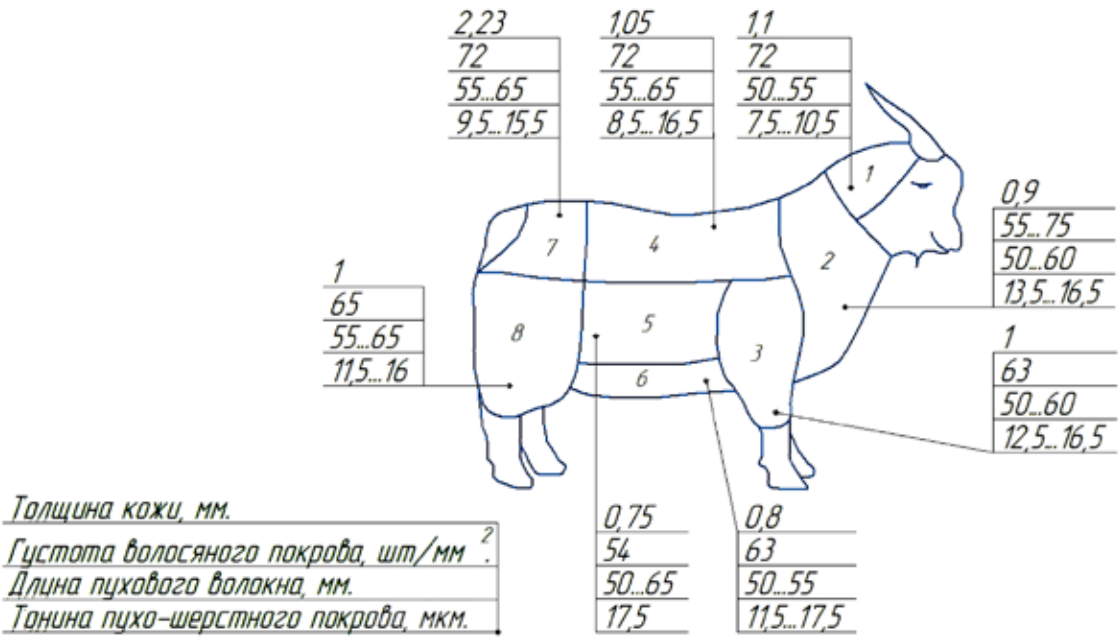


Рис. 2. Распределение толщины кожи и шерстного покрова по густоте, длине и тонине (1-затылок, 2-шея, 3-лопатки, 4-спина, 5-ребра, 6-брюхо, 7-крестец, 8-ляжка)

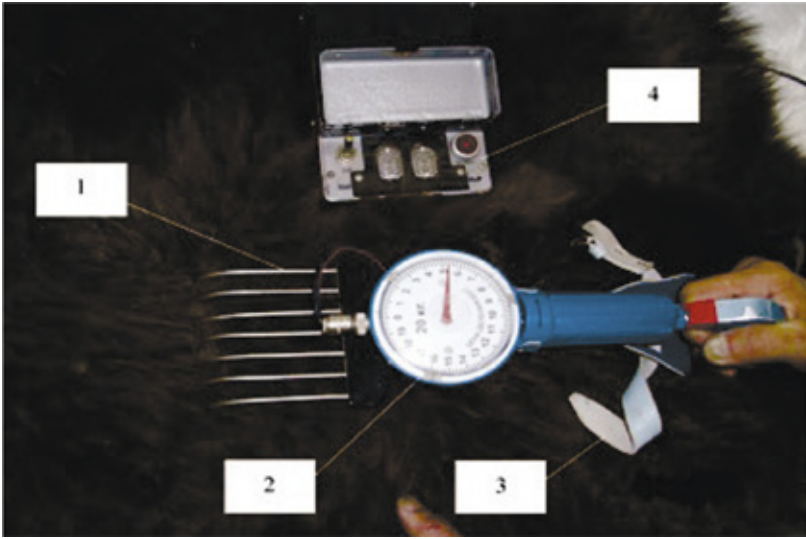


Рис. 3. Устройство для определения усилия удержания пуха в пухо-шерстном покрове животного: 1-гребень со сменными вычесывающими элементами, 2-динамометрический блок, 3-фиксирующие элементы, 4-регистрирующий блок

Таблица 1

Усилие, необходимое на преодоление удержание пуха на участке тела козы

Номер участка	Площадь части тела козы, мм <sup>2</sup>	Величина среднего усилия на удержание пуха Н/мм <sup>2</sup>	Усилие на удержание, Н
1	54000	1,55	91500
2	54000	1,75	94500
3	54000	2,5	135000
4	81000	2,5	202500
5	108000	1,8	194400
6	54000	1,8	97200
7	108000	2,5	270000
8	108000	1,8	194400



Определение усилий удержания пуха в шерстно-пуховом покрове животных необходимо для проектирования механических пуховычесывающих устройств, поскольку

является основополагающим при разработке рабочих органов и компоновке устройства, и, соответственно, позволит сохранить ценные технологические показатели пуха.

#### *Литература:*

1. Ерохин, А. И., Ерохин С. А. Разведение овец и коз. — Л.: АСТ, Транзиткнига, Астрель. — 2004. — 336 с., ил.
2. Ерохин, А. И., Соколов В. В. Куц Г. А. Храиченков В. Д., Задулина В. И. Козоводство: Учебн. пособие. — М.: Изд. МСХА, 2001. — 208 с., ил.
3. Запорожцев, Е. Б. Пуховое козоводство в России // Зоотехния. — М. — 2001, № 4. — с. 7–8.
4. Лебедько, Е. Я., Никифорова Л. Н. Коза в личном хозяйстве. Выбор породы, содержание, разведение и профилактика заболеваний. — М.: Аквариум ЛТД. — 2006. — 160 с., ил.
5. Чикалёв, А. И. Сезонная изменчивость свойств пуха горноалтайских коз / А. И. Чикалёв // Овцы, козы, шерстяное дело. — 2003. — № 2. — с. 41–42.
6. Герасименко, И. В., Ваньков А. В. Методика оценки качества пуха при вычесывании коз механическими устройствами // Технические науки: теория и практика: материалы II междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2014 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. — с. 93–96.
7. Чикалёв, А. И. К вопросу исследования тонины пуха у коз / А. И. Чикалёв // Овцы, козы, шерстяное дело. — 2006. — № 2. — с. 62–64.
8. Ротова, В. А. Совершенствование технологии и технического средства для механизированного вычесывания пуха коз. Дисс. на соиск. уч. ст. к. т. н. — Оренбург, 2009. — 146 с.

## **Химическая обработка бурового раствора при бурении на Средне-Итурском месторождении**

Живая Галина Иосифовна, преподаватель

ГБОУ СПО «Ноябрьский колледж профессиональных и информационных технологий» (Ямало-Ненецкий автономный округ)

**К**ачество бурового раствора должно обеспечивать успешную проводку скважины, крепление ее обсадными колоннами и эффективное вскрытие продуктивного пласта.

Используемый буровой раствор и химические реагенты, применяемые для его обработки, должны быть малоопасны с точки зрения охраны окружающей природной среды.

Система очистки бурового раствора должна обеспечивать эффективную очистку его от выбуренной породы, в том числе избыточного содержания коллоидной глинистой фракции.

С учетом вышесказанного, для бурения скважин на Средне-Итурском месторождении предусмотрено применение отечественных и импортных химреагентов.

Рецептура бурового раствора для бурения под эксплуатационную колонну и колонну-хвостовик основана на применении реагентов КМЦ, ГКЖ, НТФ в сочетании со смазочной добавкой. Указанная рецептура раствора обеспечивает качественное вскрытие продуктивных пластов и требуемые технологические параметры раствора, в том числе при высокой температуре (до 1120, пласты Ю).

Буровой раствор, обработанный по принятой рецептуре, малоопасен для окружающей природной среды.

Для бурения под промежуточную колонну используются также акриловые полимеры, малоопасные для окружающей среды.

Рецептура бурового раствора, нормы расхода материалов и реагентов, а также технологические показатели бурового раствора по интервалам бурения сведены в регламент.

Буровой раствор, обработанный по принятой рецептуре, малоопасен для окружающей природной среды.

Для бурения под промежуточную колонну используются также акриловые полимеры, малоопасные для окружающей среды.

Рецептура бурового раствора, нормы расхода материалов и реагентов, а также технологические показатели бурового раствора по интервалам бурения сведены в регламент. В качестве основного варианта проектом предусмотрено амбарное бурение с применением эффективной системы очистки бурового раствора, включающей отечественное оборудование.

#### ***Химические реагенты и их приготовление для обработки бурового раствора***

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) — натриевая соль простого эфира целлюлозы и гликолевой кислоты. Чем выше степень полимеризации КМЦ, тем выше ее термостойкость и стабилизирующее действие на буровой раствор, поэтому наиболее эффективны реагенты марки

КМЦ-600 и КМЦ-700. Представляет собой мелкозернистый порошкообразный материал белого или кремоватого цвета, содержание влаги не более 10%. Хорошо растворяется в воде, при подогреве растворимость улучшается. Применяется для регулирования фильтрационных свойств буровых растворов, рекомендуемые концентрации КМЦ в пресных растворах — до 0,5%. Реагент эффективен в области pH раствора 6–9 [23,27]. Применяется при температурах 130–160°C, а в сочетании со специальными добавками — до 180–200°C. Приготовление водного раствора КМЦ на буровой производится в глиномешалках или с помощью гидромешалки ГДМ-1. Глиномешалка МГ2–4 заполняется на 2/3 водой, загружается расчетное количество реагента со скоростью 10–15 минут на мешок, перемешивается до получения равномерной консистенции, доливается водой до полного объема, после чего производится дополнительное перемешивание в течение 20–30 минут. Приготовление раствора КМЦ осуществляется из расчета получения 2–5% водного раствора [23,26], на практике обычно используется 1–2%-ый водный раствор КМЦ.

В настоящее время выпускаются различные торговые марки КМЦ, как импортные, так и отечественные, в частности Камцел-3, который по данным ТУ соответствует марке КМЦ 85/800. Приготовление и применение его для обработки раствора аналогично марке КМЦ-600.

НТФ — нитрилотриметилфосфоновая кислота-порошок белого цвета, эффективно снижает вязкость глинистого раствора, хорошо растворяется в воде, оптимальная концентрация — 0,01–0,03% мас. от объема бурового раствора. Термостойкость до 200°C. Не требует специального приготовления, но для более равномерной обработки бурового раствора рекомендуется использовать в виде водного раствора 1–10%-ой концентрации [23,27]. Обычно используют 1%-ый раствор НТФ, который готовят с помощью глиномешалки (гидромешалки), время перемешивания — 15–20 минут.

FK-Lube — смазочная добавка для буровых растворов, представляет собой смесь анионных поверхностно-активных веществ и добавок, диспергированных в воде. Рекомендуемые концентрации для буровых растворов — 0,5–1%, добавляется в буровой раствор без дополнительного растворения в воде, не оказывает отрицательного влияния на реологию раствора. Пл. внешнему виду представляет собой жидкость темно-коричневого цвета, pH 1%-го водного раствора 8–11, температура замерзания -80°C, легко диспергируется в холодной воде. Биоразлагаемая.

Графит — маслянистый порошок серебристого цвета, применяется как противоприхватная добавка к буровому раствору. Обычно используется в количестве 1–2% от объема бурового раствора. Эффективно применение графита в сочетании со смазочными добавками на жировой основе.

Пеногаситель Пентор-2001 — прозрачная вязкая жидкость, значение pH в пределах 6,0–7,5, содержание

воды не более 0,1%. Является продуктом полимеризации окиси пропилена с глицерином с последующей блоксополимеризацией с окисью этилена, молекулярная масса 3000–4000 а. е. м. Применяется в качестве пеногасителя в водных средах. Токсикологические характеристики и требования безопасности при работе с Пентор-2001 приведены в приложении 4 книги 2 проекта.

Кальцинированная сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) — мелкокристаллический порошкообразный продукт белого цвета, плотностью 2,5 г/см<sup>3</sup>, содержание основного вещества 99%, водорастворим, применяется для связывания ионов кальция и магния в буровом растворе, а также может применяться для регулирования pH раствора и с целью улучшения диспергирования глинопорошков.

Для обработки бурового раствора применяется в виде раствора 5–10%-ой концентрации [23,27], который готовят по технологии, аналогичной приготовлению КМЦ, но время дополнительного перемешивания водного раствора в глиномешалке составляет 10–15 минут.

Гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость (ГКЖ-10, ГКЖ-11) — водноспиртовый раствор этил (ГКЖ-10) или метил (ГКЖ-11) силиконата натрия. Щелочность в пересчете на NaOH — 13–17%. Представляет собой жидкость светло-желтого цвета плотностью 1,17–1,19 г/см<sup>3</sup>. Термостойкость — до 2000°C. Применяется для регулирования структурных свойств бурового раствора, для снижения темпа наработки глинистого раствора в интервале из-под кондуктора и как противоприхватная добавка. Рекомендуемая концентрация в пресном растворе — до 0,6–0,8%.

ГКЖ не требует специального приготовления, но для более равномерной обработки бурового раствора рекомендуется трехкратное разбавление водой товарной ГКЖ [23,27].

ВОКС-11 — универсальный водоотталкивающий кремнийорганический антисептический состав. Представляет собой жидкость от бесцветного до светло-коричневого цвета, плотностью 1,10–1,25 г/см<sup>3</sup>; массовая доля щелочи в пересчете на NaOH 10–15%, массовая доля сухого остатка 26±2%. В основе состава — водноспиртовый раствор метилсиликоната натрия. Назначение и применение аналогично ГКЖ..

Гипан — термостойкий полимерный реагент акрилового ряда, является продуктом щелочного гидролиза полиакрилонитрила. Представляет собой вязкую жидкость желтого цвета с аммиачным запахом, выпускается двух марок: гипан-1 и гипан-0,7 (марки отличаются в химическом отношении содержанием карбоксильных и амидных групп) в виде 10%-го (гипан-07) и 15%-го (гипан-1) водного раствора. Предназначен для снижения показателя фильтрации пресных и минерализованных ( $\text{NaCl}$ ) буровых растворов, но неустойчив к действию двухвалентных катионов кальция, магния. Повышает вязкость пресных растворов, для обработки которых рекомендуется гипан-1; содержание его в растворе обычно до 0,2–0,3%. Термостойкость пресных растворов. обра-

ботанных гипаном — до 200°C, оптимальная область pH для работы реагента — 8–9.

Гипан не требует специального приготовления, но для более равномерной обработки бурового раствора рекомендуется производить двадцатикратное разбавление водой товарного гипана [23,27].

В настоящее время выпускается реагент ВПРГ (сухой гипан) в виде порошка серо-желтого цвета, массовая доля воды 10 % и 15 % (для марок А и В соответственно), растворимость в воде полная, pH 1 %-го водного раствора 9–12,5 (марка А) и 8–12,5 (марка В). Назначение и применение ВПРГ аналогично гипану.

Барит — баритовый утяжелитель ( $BaSO_4$ ) представляет собой порошкообразный продукт, предназначен для утяжеления буровых растворов. В соответствии с ГОСТ 39–981–84 баритовый утяжелитель 1 сорта содержит  $BaSO_4$  не менее 92 %, имеет плотность 4,25 г/см<sup>3</sup>, содержание воды не более 1,5 %. Для утяжеления растворов на водной основе применяется также утяжелитель баритовый порошкообразный модифицированный (УБПМ), плотность 4,20 г/см<sup>3</sup> (для УБПМ-1), влажность менее 2 %.

Гематитовый утяжелитель — относится к группе железистых утяжелителей. Гематит  $Fe_2O_3$  — один из основных минералов железных руд вишнево-красного цвета. Плотность его без примесей 5,3 г/см<sup>3</sup>. Природные руды с содержанием гематита 54–60 % могут иметь цвет от черного до серо-стального и плотностью 4,15–4,4 г/см<sup>3</sup>. В настоящее время выпускается гематитовый утяжелитель по ТУ 0708–53394926–01–2001, которыми регламентируются следующие показатели: плотность — 4,4–4,7 г/см<sup>3</sup>; влажность не более 2 %; pH — не более

9, содержание водорастворимых солей — не более 0,3 %, массовая доля остатка после просева на сите 0,071 мм — не более 6 %, массовая доля фракций менее 5 мкм — не более 15 % (по АНИ).

Кем-Пас (Kem-Trop. Inc.) — среднемолекулярный сополимер полиакрилата натрия с высоким анионным зарядом. Основное функциональное свойство — регулирование показателя фильтрации буровых растворов с малым содержанием твердой фазы. Взаимодействие полимера и глины обеспечивает образование эластичной глинистой корки на стенке скважины. Полимер стабилен до 200°C. Представляет собой белый порошкообразный материал, растворимый в воде. Приготовление водного раствора реагента на буровой аналогично КМЦ, но из расчета получения 1 %-го раствора.

Poly-Кем-Д (Kem-Trop. Inc.) — высокомолекулярный полиакриламид анионного типа, обладает высокой ингибирующей способностью и используется для приготовления полимерглинистых растворов. Наилучший результат стабилизации глинистых суспензий достигается в сочетании с КМЦ и полимерными реагентами на основе нитрила акриловой кислоты таких, как Кем-Пас, Сауран, гипан и др. Представляет собой порошок белого цвета, растворимый в воде. Водный раствор полимера на буровой готовится аналогично КМЦ из расчета получения 0,5–1 %-го раствора.

На применение химических реагентов Заказчиком должно быть получено разрешение Ростехнадзора в соответствии с РД 153–39–026–97 «Требования к химпродуктам, обеспечивающие безопасное применение их в нефтяной отрасли» (письмо №10–01/602 от 14.06.2002 г., Госгортехнадзор России).

#### Литература:

1. Рабочий проект на строительство скважины №923 Средне-Итурского месторождения, Тюмень, 2008 год

## Автоматизация моделирования продольного распределения магнитного поля полигармонических магнитных периодических фокусирующих систем в среде MATHCAD

Кожанова Евгения Романовна, кандидат технических наук, доцент  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал)

Известно, что для обеспечения фокусировки электронного потока в лампах бегущей волны (ЛБВ) применяются магнитные периодические фокусирующие системы (МПФС) различных видов [1]:

- 1) моногармонические МПФС (рис. 1а);
- 2) полигармонические МПФС (рис. 1б);
- 3) реверсивные МРФС (рис. 1в).

Возможность применения вейвлет-функций как аппроксимирующих функций для моделирования про-

дольного распределения магнитного поля различных видов магнитных периодических фокусирующих систем (МПФС) рассмотрены в [1–3] и базируется на их графическом сходстве.

Моделирование всех видов МПФС, в том числе и полигармонических МПФС, разделено два основных этапа (рис. 2) [3]:

— моделирование продольного распределения магнитного поля ячейки МПФС (отдельного магнита);

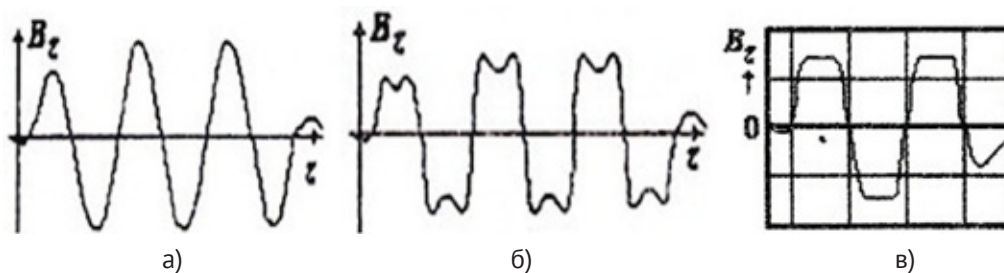


Рис. 1. Продольное распределение магнитного поля в магнитных периодических фокусирующих системах (МПФС)

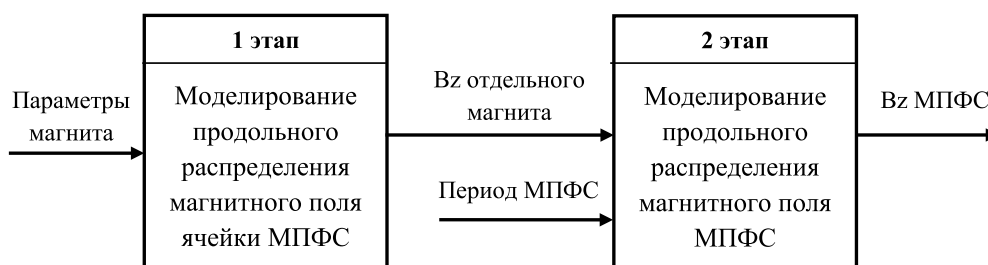
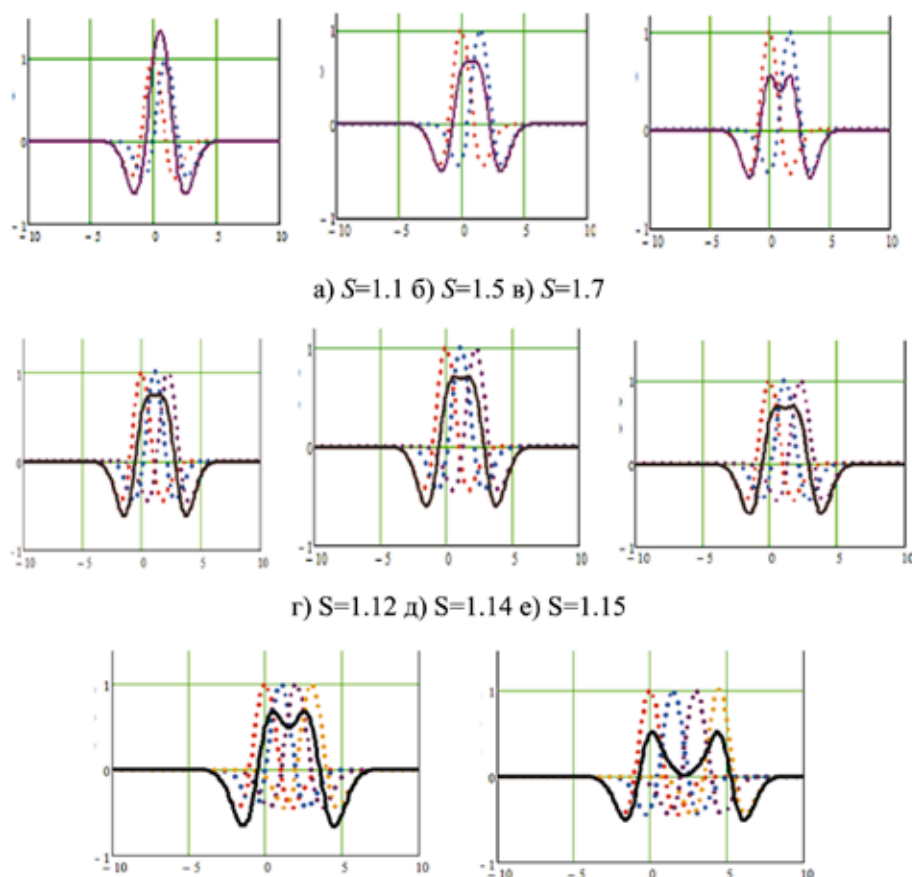


Рис. 2. Два этапа моделирования продольного распределения магнитного поля всех видов МПФС

Рис. 3. Суммирующее распределение ячейки (сплошная линия) из двух (а-в), трех (г-е) и четырех (ж-з) вейвлет-функций Гаусса второго порядка с различными значениями сдвига  $S$ 

— моделирование продольного распределения магнитного поля МПФС, которое реализуется с использованием реального механизма формирования распределения [4].

Для моделирования продольного распределения магнитного поля ячейки (отдельного магнита) полигармони-

ческих МПФС предложен подход, основанный на суммировании однополярных вейвлет-функций Гаусса второго порядка [1].

Рассмотрим формирование суммирующего распределения ячейки полигармонических МПФС, полученное суммированием двух (рис. 3а-в), трех (рис. 3г-е) и че-

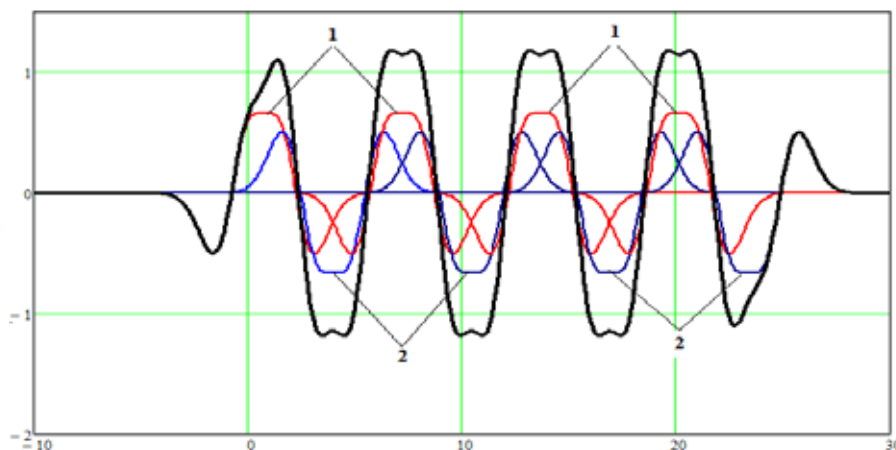


Рис. 4. Суммирующее распределение (сплошная линия) полигармонической МПФС из восьми суммирующих распределений: 1 – распределение (рис. 3а), 2 – обратное распределение

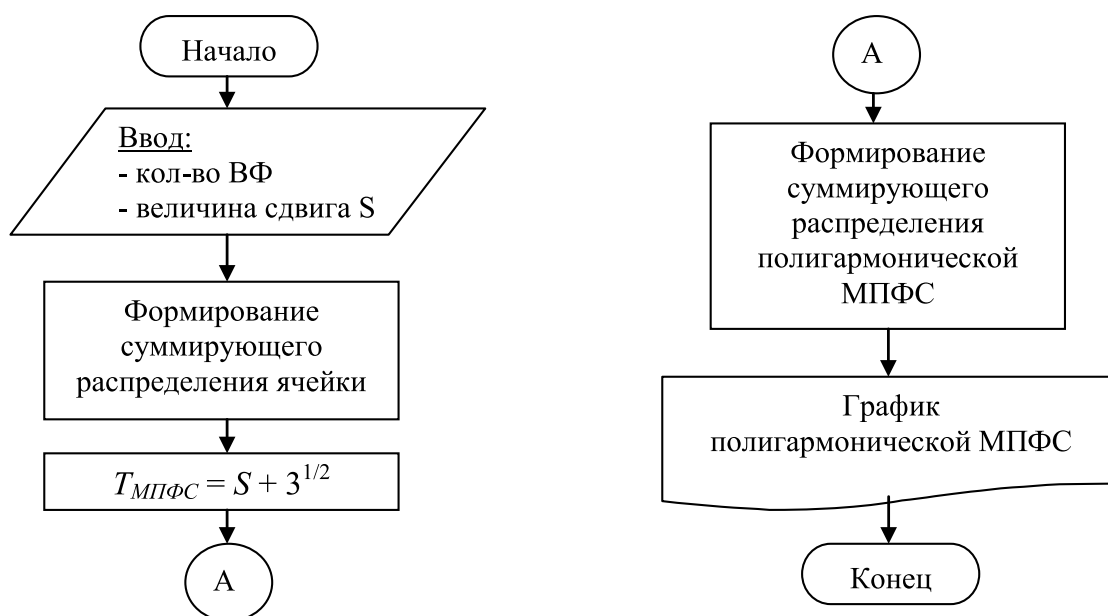


Рис. 5. Алгоритм моделирования продольного распределения магнитного поля полигармонической МПФС

тырех (рис. 3ж-з) вейвлет-функций Гаусса второго порядка со сдвигом на величину  $S$  [1].

Из полученных суммирующих распределений ячеек (рис. 3) создаются распределение обратной полярности, чтобы образовать суммирующее распределение полигармонического МПФС. Для этого необходимо суммирующие распределения ячеек разной полярности сложить с учетом реального механизма формирования продольного распределения магнитного поля МПФС [5], сдвигая центры распределений ячеек на период МПФС [1]:

$$T_{МПФС} = S + 3^{1/2} \quad (1)$$

где  $S$  — сдвиг относительно центров двух соседних функций,  $3^{1/2}$  — абсцисса точки минимума функции.

Получим суммирующее распределение, по данной методике (рис. 4).

Составим алгоритм для моделирования продольного распределения магнитного поля полигармонической МПФС (рис. 5).

На рис. 6 представлен листинг программы, позволяющий моделировать продольное распределение магнитного поля полигармонической МПФС в два этапа (см. рис. 2).

В дальнейшем планируется разработать пользовательское приложение, которое позволило бы моделировать продольное распределение магнитного поля различных видов МПФС с привязкой к параметрам магнитов, из которых состоит МПФС.



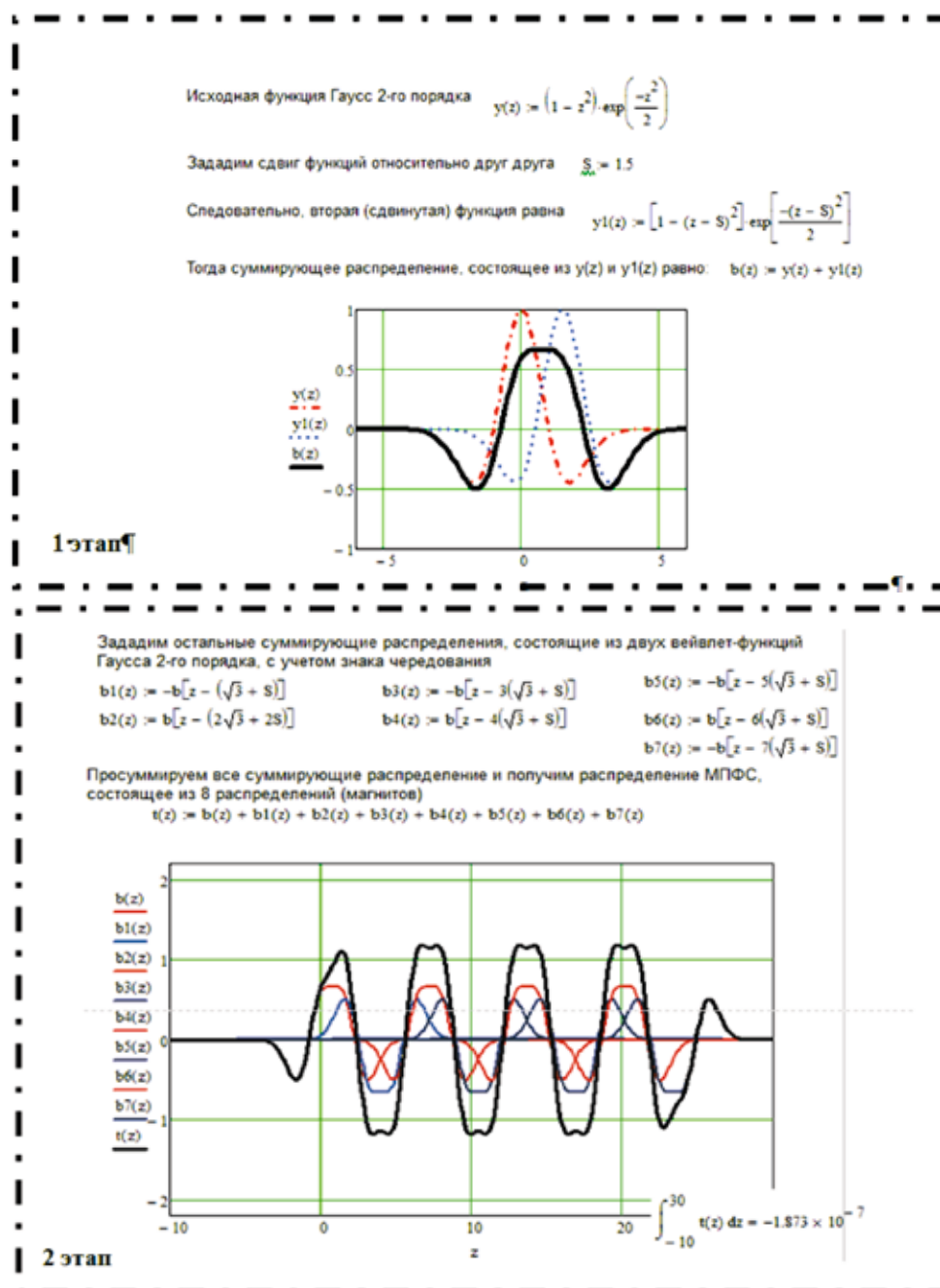


Рис. 6. Листинг программы моделирования продольного распределения магнитного поля полигармонической МПФС в среде MATHCAD

#### Литература:

1. Кожанова, Е.Р., Захаров А.А., Ткаченко И.М. Применение вейвлет-функций Гаусса второго порядка для аппроксимации продольного распределения магнитного поля различных видов МПФС // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП — 2012: Материалы 10-й юбилейной междунаро. научно-технич. конференции (19–20 сентября 2012, Саратов). Саратов, 2010. с. 446–451.
2. Кожанова, Е.Р., Захаров А.А. Применение модернизированной вейвлет-функции «Французская шляпа» для аппроксимации продольного распределения магнитного поля в магнитных реверсивных фокусирующих системах // Молодой ученый. 2012. №9. с. 25–29.
3. Кожанова, Е.Р., Захаров А.А., Ткаченко И.М. Возможность применение вейвлет-функции Гаусса первого порядка для моделирования магнитного поля реверсивных магнитных периодических систем // Молодой ученый. 2014. №2. с. 149–152.

4. Кожанова, Е. Р. Программа для моделирования продольного распределения магнитного поля магнитной реверсивной фокусирующей системы в среде MATHCAD // Новый университет. Серия: Технические науки. 2014. № 1. с. 20–24.
5. Кожанова, Е. Р., Захаров А. А. Формирование распределения суммирующих вейвлет-функций для моделирования продольного распределения магнитного поля магнитных периодических фокусирующих систем // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 4., № 1. с. 83–88.

## Синтропия и эксформация как основные закономерности инновационных бизнесобразующих технологий

Лавриченко Олег Вячеславович, кандидат экономических наук  
Концерн «Моринформсистема-Агат» (г. Москва)

В современных условиях развития мировой экономики, основными тенденциями которой являются глобализация и ужесточение конкуренции, в решении задачи обеспечения динамически устойчивого развития промышленного предприятия первостепенная роль принадлежит его инновационной системе. Ее эндогенной основой являются инновационные бизнесобразующие технологии, поэтому через их внедрение возможно обеспечить не только обновление производственной базы, но и модернизацию промышленного предприятия в целом.

Информационные и когнитивные технологии, к которым относятся и инновационные бизнесобразующие технологии, наряду с технологиями информационных и управляющих систем, входят в перечень критических технологий современной России, определенных в Указе Президента России №899 от 7 июля 2011 года, а также являются приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники согласно «Прогнозу научно-техно-

логического развития Российской Федерации на период до 2030 года».

### Почему именно инновационные бизнесобразующие технологии?

В 2011 году Минэкономразвития разработало ключевые показатели развития национальной экономики по данным «Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» (Таблица 1).

Состояние эффективности инновационной активности российских предприятий, несмотря на позитивную оценку общей направленности национальной доктрины развития экономики, на сегодняшний день, к сожалению, не является основанием для оптимизма.

Это подтверждается и отсутствием взаимосвязи между затратами на технологические инновации и долей отгруженной инновационной продукции в национальном товарообороте (по данным Федеральной службы государственной статистики в 2011 году). Так, если затраты

Таблица 1

Ключевые показатели развития национальной инновационной экономики России [1]

Наименование индикатора	Период		
	2010	2016	2020
Коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок на изобретения, поданных в России, в расчете на 10000 населения)	1,95	3	4
Число созданных передовых производственных технологий	864	1500	2500
Интенсивность затрат на технологические инновации (удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг)	1,39	2	2,5
Удельный вес инновационных товаров, работ и услуг в общем объеме экспорта товаров, работ, услуг в %	7	12	15
Место России в рейтинге стран мира в области развития информационного общества (в соответствии с международными рейтингами)	59	30	18
Уровень соответствия международным стандартам нормативно-правовой базы в России в области инновационной деятельности в %	30	80	100

на технологические инновации составляли: в 2003 г. — 200, в 2007 г. — 230, в 2008 г. — 260, а в 2010 г. — 350 млрд. руб., — то объем отгруженной инновационной продукции составил по годам соответственно: 300, 350, 430 и 350 млрд. руб. После 2008 года наблюдается постоянное снижение объема инновационной продукции, а в настоящее время затраты на инновации даже превысили его. [2]

На основании этих данных нами сделан вывод о том, что низкая эффективность развития национальной сферы нововведений определяется отсутствием эффективных инновационных технологий непосредственно на российских хозяйствующих субъектах. А современные научно — теоретические концепции инновационного развития на микроуровне не могут в полной мере ответить на ключевые вопросы: [3]

- каковы вариативность и релевантность предлагаемых параметров инновационного потенциала предприятия применительно к различным отраслям промышленности и комплексам народного хозяйства;

- каковы методы оценки перспективной структуры баланса — количественных отношений между технологическими, маркетинговыми и организационными инновациями;

- в чем проявляются динамические отношения, алгоритмы реализации процессных и продуктовых инноваций в практике хозяйственной деятельности промышленных предприятий.

Таким образом, было установлено, что в современной теории инновационного развития регулярный менеджмент инновационной активностью промышленных предприятий актуально рассматривать во взаимосвязи с разработанной концепцией инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий, а все попытки упорядочить инновационную систему промышленного предприятия без учета этой взаимосвязи приведут лишь к ее нестабильности.

#### **В чем суть концепции инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий?**

В современной теории инновационного развития основное внимание сосредоточено на выделении экономических циклов, технологических укладов в развитии экономики. [4] Однако, на наш взгляд, основные усилия необходимо направить на развитие новых инновационных технологий, так как темп экономических перемен с каждым годом будет только нарастать. По нашему мнению, решающую роль будет играть фундаментальный экономический рост, который, в свою очередь, зависит не от регулирования экономики на макроуровне, а от развития инновационных бизнесобразующих технологий на микроуровне.

Разработанная концепция инновационных бизнесобразующих технологий базируется на двух главных постулатах: [5] а) современная экономика в большей степени основана на инновационных идеях, чем на инновационных предметах. Поэтому нужна совершенно иная институцио-

нальная инфраструктура, совершенно иная система ценообразования на инновационные идеи. Главное отличие инновационных идей от инновационных предметов состоит в том, что последние сохраняют примерно постоянную стоимость за единицу продукции, тогда как инновационные идеи имеют огромную стоимость за первую единицу продукции и очень низкую за каждую последующую. Именно поэтому и нужны институциональные изменения, чтобы обеспечить разработчику монопольное право на его идею, что позволит ему делать существенные вложения в их разработку; б) учитывая огромные прибыли от внедрения новых идей, необходимо сбалансированное (оптимальное) распределение инновационных ресурсов промышленных предприятий между объектами инноваций на основе инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий. Именно от оптимального распределения инновационных ресурсов, а также от способности менеджмента промышленных предприятий постоянно перераспределять баланс между производством и процессом инновационного поиска, открытий и генерированием инновационных идей и будет зависеть экономический рост в будущем.

Во второй половине 20 века появилось множество логически законченных, имеющих свойства адаптированности и универсальной переносимости экономических когнитивных моделей и алгоритмов, использование которых приносит достаточно точно прогнозируемые результаты. Поэтому на первый план сейчас выходят умения и навыки их правильного использования, а умение комбинировать их составные части является уже просто необходимым условием развития инновационной системы любого промышленного предприятия.

Таким образом, единицей инновационной активности и объектом приложения управляющих воздействий менеджеров предприятий являются инновационные бизнесобразующие технологии, которые представляют из себя упорядоченную совокупность регламентов и процедур, способствующих адаптации современных способов разработки и принятия управленческих решений к реальной практике инновационной деятельности. Данное определение было дано нами в кандидатской диссертации и в ранее опубликованных работах [6], однако на данном этапе исследования нас интересует другой, более высокий и сложный уровень инновационных бизнесобразующих технологий — уровень их самоорганизации.

Под инновационными самоорганизующимися бизнесобразующими технологиями мы понимаем стратегическую интегрированную самоорганизующуюся системную совокупность формализованных регламентов и процедур, объединяющую и использующую известные инновационные бизнесобразующие технологии и другие формы инновационной деятельности, комплексно решающую проблему взаимодействия информации, знания и общения между участниками инновационных процессов, автоматизирующую и регламентирующую процесс принятия технологического, организационного или маркетингового

решения. Данный уровень инновационных бизнесобразующих технологий относится к когнитивным технологиям.

Инновационные бизнесобразующие технологии данного уровня — это неизмеримо более сложное социально-экономическое явление, чем простая технология или алгоритм. Они относятся к архитектурному уровню организации инновационных систем, так как систематизируют, объединяют и управляют интегрированными модулями реализации инновационных стратегий как объектами, задействованными в реализации стратегий развития промышленного предприятия.

Поэтому отличие нашего подхода от традиционных состоит в том, что инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие технологии являются эндогенной, центральной частью инновационной системы предприятия. То есть, они развиваются прямо пропорционально вкладываемым в них ресурсам, что для экономической науки является функцией затраченных усилий. Инвестиции добавляют ценности инновационным самоорганизующимся бизнесобразующим технологиям, а они — инвестициям. Это замкнутый круг, способствующий экономическому росту. Именно эту идею мы и пытаемся формализовать. Традиционно же инновационные технологии считались экзогенными, то есть случайными, возникающими сами по себе.

Фундаментальной основой инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий является информация о способах управления функциональными модулями реализации инновационных стратегий развития, навигационными вектор-связями итераций интеграционных моделей и алгоритмов моделей инновационных стратегий. [7]

Базовую, наиболее статичную основу инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий можно определить как онтологическую «библиотеку» моделей и алгоритмов инновационных стратегий развития, систему знаний о возможных вариантах развития и осуществления инновационных систем предприятий. В данном ракурсе инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие технологии можно назвать еще и энергоинформационными, так как их основной принцип — взаимодействие энергии и информации, их взаимная трансформация.

Например, автоматизировать инновационную деятельность предприятия, ввести безбумажную бухгалтерию на предприятии, создать спрос на новый товар — это простые инновационные бизнесобразующие технологии. Они опробованы, отработаны, способны к тиражированию. Из них, как из «кирпичиков», с использованием других «стройматериалов» строятся более сложные «конструкции» — инновационные бизнесобразующие технологии более высокого уровня — уровня самоорганизации.

Этими «стройматериалами» могут быть инновационные ресурсы предприятия, личное влияние и лидерские качества отдельных людей, их коммуникации и коннект

между собой, а также многие другие социально-экономические явления. Например, структурные изменения состояния любого сегментированного рынка товаров, услуг или комплексное воздействие на сознание большого количества потребителей в целях формирования новых потребностей в инновационных товарах возможны уже только с применением инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий.

Главное отличие инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий от простых — это невозможность их механического переноса в другое время и пространство. Прямое воспроизведение возможно только периферийных, видимых частей стратегических совокупностей формализованных регламентов и процедур. Однако, даже в этом случае, придется делать их «семантический тюнинг», подстраивать набор смыслов под существующие условия, что обусловлено разной ментальностью потребителей. И даже при таких условиях их тиражирование даст результаты только при реализации краткосрочных инновационных проектов. [8]

Инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие технологии (ИСБОТ) можно представить как алгоритм действий по внедрению идеи, так и как технологию общения, коннекта между участниками реализации когнитивной интеграционной модели реализации инновационной стратегии развития, и как технологию обмена и структурирования коннекта между ними. Их можно описать как в виде сокращенного алгоритма, в виде элементарной понятийной схемы, так и создать в подробнейшем самосовершенствующемся мультимедийном формате. «Идеальная инновационная бизнесобразующая технология» — это самосовершенствующийся интерактивный алгоритм в структуре интеграционной модели реализации инновационной стратегии развития. [9]

Коннект (в переводе с английского) означает: соединять, устанавливать взаимоотношения, налаживать контакты, связываться, соединяться, ассоциировать, то есть ставить в причинную связь, быть согласованными, устанавливать непосредственную связь. В данном случае этот термин лингвистически более близок к описанию процессов взаимодействия участников, реализующих интеграционные модели инновационных стратегий развития, чем термин «коммуникация».

Важнейшей ролью инновационной самоорганизующейся бизнесобразующей технологии является капитализация инновационных идей и действий, которые необходимо совершить для получения инноваций или нового знания, то есть они призваны не только отвечать на вопросы, но и формировать их, отправляя импульсы организаторам инновационных процессов на предприятии. Участники, включенные в процесс реализации инновационных стратегий развития, совместно принимают решения, а также вносят необходимые изменения в тот раздел инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий, за который они отвечают. Инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие

технологии как средство корпоративного коннекта и технологии обмена эксформацией способны создавать новое знание постоянно, да еще и в полуавтоматическом режиме.

Основными закономерностями инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий, как системной совокупности регламентов и процедур, являются синтропия и эксформация.

Термин «синтропия» был впервые предложен в 1940 году итальянским математиком с русским корнями Луиджи Фантаппие, который пытался в своей теории объединить биологический и физический мир. Синтропия означает движение к упорядочению, к самоорганизации системы. По отношению к когнитивным технологиям, в которые включен человек, для того, чтобы системная совокупность действовала более эффективно и продуктивно она противодействует окружающему хаосу путем организации и упорядочения последнего, что и объясняет поведение (действие) самоорганизующихся когнитивных технологий. Синтропические процессы ведут к гибкости инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий (ИСБОТ).

Термин «синтропия», на наш взгляд, лингвистически более близок и более логично подходит для описания когнитивных технологий, каковыми являются инновационные самоорганизующиеся бизнесобразующие технологии, в то время как для описания живой системы используют термин «негэнтропия» (отрицательная эн-

тропия), а для физической системы — термин «экстропия».

Следующей закономерностью инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологий является эксформация, означающая «намеренно удаляемую информацию», то есть гипертекст инновационной самоорганизующейся бизнесобразующей технологии (ИСБОТ) для непосвященного лица не имеет никакого смысла, так как удаляемый контекст уникален лишь для ее участников. Количество информации в условном знаке гипертекста инновационной самоорганизующейся бизнесобразующей технологии (ИСБОТ) бывает малым, однако из-за принципа эксформации она передается ясно. Данный термин впервые был введен датским физиком Тором Норре-трандерсом в его книге «Иллюзия пользователя» (1998) для описания систем криптографии.

**Вывод:** таким образом, в инновационных самоорганизующихся бизнесобразующих технологиях отражены все интеграционные модели и алгоритмы действий по созданию инновационного продукта, его брендингу и выводу на рынок. То есть, это системообразующий многоуровневый гипертекст, заключенный в форму четкой и понятной интерактивной инструкции, что требует от нас исследовать данную экономическую категорию не только в ином направлении экономической мысли, но и диктует необходимость разработки самостоятельной области экономических знаний — экономики активного коннекта (эконоконнекта).

#### *Литература:*

1. Российский статистический ежегодник. 2011. Статистический сборник. -М.:Росстат,2011. с. 38—39.
2. Яковенко, В. С. К вопросу об актуальности исследований процессов инновационного развития предприятий // Молодой ученый. — 2011. - № 5. - Т. 1. - с. 237—239.
3. Лавриченко, О. В. Инновационная стратегия как основа формирования конкурентноспособного предприятия // Научные труды Московского гуманитарного университета. -М.:Изд-во МосГУ,2009. -Вып. 103. -с. 90—95.
4. См. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. -М.:Экономика,2002. -с. 76—77; Шумпетер Й. А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. -М.:ЭКСМО,2007. -с. 28—54.
5. Лавриченко, О. В. Системный подход к определению экономической эффективности инновационных проектов // Креативная экономика. — 2013. - № 11 (83). -с. 91—94.
6. Лавриченко, О. В. Разработка инновационной стратегии устойчивого развития промышленного предприятия: дисс. ... канд. экон. наук. -М., 2013.
7. Лавриченко, О. В. Разработка инновационной стратегии устойчивого развития промышленного предприятия: автореферат дисс. ... канд. экон. наук. -М.:Изд-во МЭСИ,2013.
8. Лавриченко, О. В. Достижение устойчивого развития промышленного предприятия в процессе реализации инновационной стратегии // Креативная экономика. — 2013. - № 7 (79). -с. 59—63.
9. Лавриченко, О. В. Инновационная стратегия как механизм устойчивого развития предприятия // Национальная безопасность. — 2011. - № 5. -с. 88—93.



## Разработка компьютерной модели работы оператора технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта

Овсянников Виктор Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;  
Васильев Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор  
Курганский государственный университет

*В данной статье представлены результаты разработки компьютерной модели работы оператора технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта. Разработанная модель позволяет построить алгоритм деятельности оператора с любыми показателями стереотипности и логической сложности.*

**Ключевые слова:** модель, оператор, алгоритм, стереотипность, логическая сложность.

Одним из наиболее эффективных инструментов для исследования деятельности операторов машин на стадии их проектирования является моделирование. Выделяется два перспективных направления в моделировании деятельности операторов [1, 2]:

- знаковая или техническая имитация механизмов, процессов и результатов психической деятельности — моделирование психики;

- организация того или иного вида человеческой деятельности путем искусственного конструирования среды этой деятельности — моделирование ситуаций, связывающих изучаемые психические явления.

Использование моделирования позволяет достичь наиболее адекватного решения проблемы проектирования деятельности. Однако, для того, чтобы достичь качественного результата, необходимо учитывать основные требования к разрабатываемым моделям [1, 2]:

1. Модель должна быть непротиворечивой в рамках моделирования исследуемых процессов, способной вписываться в более общую модель и быть основой для детализации частных моделей.

2. Модели должны адекватно отображать существенные свойства реальной познавательной и исполнительской деятельности. Лишь при этом условии создаваемые модели окажутся пригодными для прогноза эффективности того или иного вида деятельности, а также с точки зрения затрат и времени на создание модели.

3. Модель должна выполнять определенные информационные функции, нести новые знания о структуре моделируемых процессов, обеспечивать прогноз их функционирования, выявление новых свойств этих процессов [1, 2].

Модели деятельности оператора можно классифицировать в зависимости от способа их построения на знаковые, вещественные и мысленные. В отдельный класс можно выделить имитационные модели.

Мысленные модели существуют исключительно в идеальном плане — в сознании оператора. К ним можно отнести планы, программы и цели предстоящей деятельности. Наиболее часто такого рода моделирование используется при тренировках операторов, когда иссле-

дуется, какие действия оператор будет предпринимать в рассматриваемой ситуации.

В знаковых моделях деятельность оператора описывается с помощью определенной системы знаков, которые подразделяются на словесные (вербальные), схематические, математические и символьные.

К главному недостатку знаковых моделей можно отнести то, что они рассматривают преимущественно внешнюю среду деятельности оператора, не погружаясь в содержание, которое является трудно формализуемым. Получая выигрыш в точности, знаковое моделирование отходит от реального протекания операторской деятельности в область абстракции.

Предметные модели представляют собой основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики оригинала. Основным требованием при разработке данных моделей является сохранение сущности реальной деятельности. Выделяют два класса предметных моделей: физические и эквивалентные.

Физическое моделирование предполагает процесс исследования путем замены составных частей реальной системы на другие объекты одной с ними физической природы. Т. е. оператор в данном случае — реальный человек, а технические звенья заменяются макетами. Данный вид моделирования позволяет достичь полного информационного представления свойств исследуемой системы и факторов деятельности оператора. При физическом моделировании производится замена исследуемого объекта неким аналогом, следовательно, точность моделирования определяется качеством такой замены.

Эквивалентное моделирование подразумевает тот факт, когда на модели производится реализация явлений, которые не подобны оригиналу в физической или математическом отношении, а эквивалентны ему (например, производят аналогичный результат).

Последним классом моделей деятельности оператора являются имитационные. С их помощью можно исследовать только подражание реальной деятельности, однако имеется возможность добиться удовлетворительной точности даже в условиях неопределенности исходных

данных. Т. о., для моделирования деятельности оператора технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта на стадии проектирования целесообразно использовать имитационные модели.

Для построения модели, нам необходимо выбрать способ описания деятельности оператора. В практике наиболее часто применяется пространственно-весовое и операционное описание деятельности оператора. Первый вид характеризует только общие характеристики деятельности без характеристики психологических особенностей, поэтому более перспективно использовать операционное описание.

Операционное описание может проводиться несколькими методами: алгоритмического описания, граф-схем, органиграмм, диаграмм оперативных планов. Метод диаграмм оперативных планов позволяет получать только последовательность передачи информации. Метод граф-схем применяется для схематичного изображения отдельных аспектов работы оператора, а, следовательно, не характеризует ее полностью. Метод органиграмм дает возможность получить наглядное представление всех логических условий и последовательность передачи информации, однако при его использовании нет возможности количественной оценки деятельности.

Выбираем алгоритмическое описание деятельности [3, 4], т. к. при его использовании имеется возможность численной оценки параметров деятельности посредством коэффициентов логической сложности и стереотипности [3–5].

Коэффициент стереотипности оценивается наличием в алгоритме непрерывных последовательностей без логических условий, а также по длительности этих последовательностей.

Коэффициент стереотипности принимает максимальное значение, когда в алгоритме отсутствуют логические условия, т. е. последовательность действий оператора однозначно определена и не зависит ни от каких условий. Минимальное значение этого коэффициента получается в том случае, когда после каждого оператора следует логическое условие.

Коэффициент логической сложности зависит от числа, а алгоритме непрерывных групп логических условий, соответственно его значение возрастает по мере увеличения количества таких групп.

В случае, когда имеется только одна группа операторов, коэффициенты обратно пропорциональны друг другу, т. е. чем больше логических условий, тем меньше единичных операторов.

Имитационную модель можно строить из набора таких групп с заранее заданными параметрами  $Z$  и  $L$ , получая, таким образом, алгоритм действий подобный исследуемому без необходимости построения физической или эквивалентной модели. Данный принцип был реализован в компьютерной программе «Виртуальный стенд для моделирования алгоритмов работы операторов технологических машин». Работа с моделью начинается с задания параметров одной группы операторов алгоритма (рис. 1).

Виртуальный стенд имеет два прибора: со стрелочной и цифровой индикацией. Логическое условие реализуется вводом в окна большего из показаний двух приборов. Единичное действие реализуется вводом показания одного прибора.

После завершения текущей части алгоритма вводятся параметры следующей. Разработанная имитационная модель дает возможность:

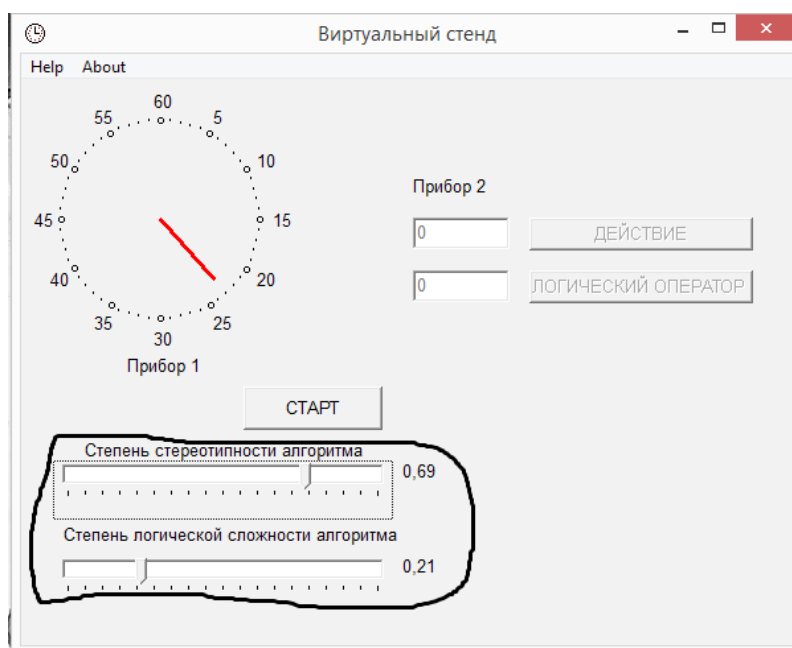


Рис. 1. Задание параметров алгоритма

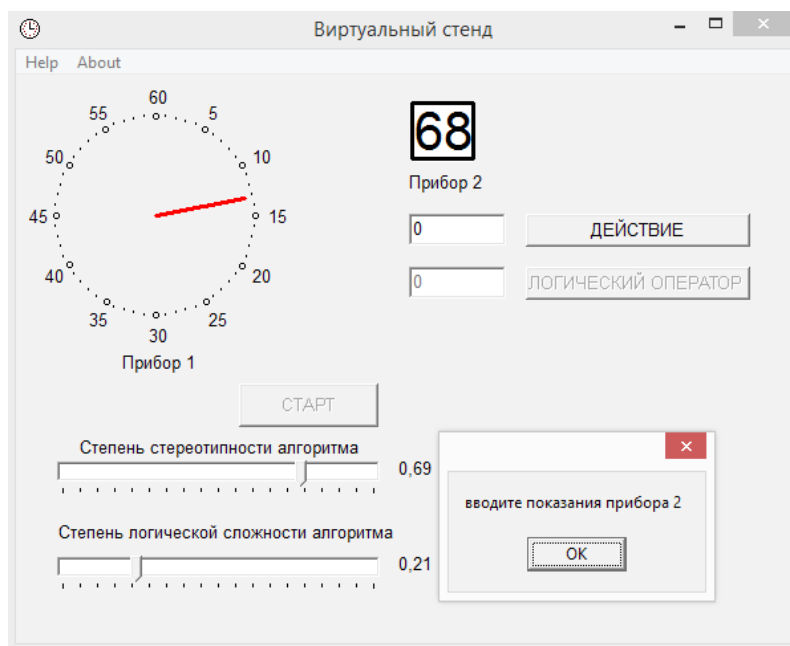


Рис. 2. Реализация единичных действий алгоритма

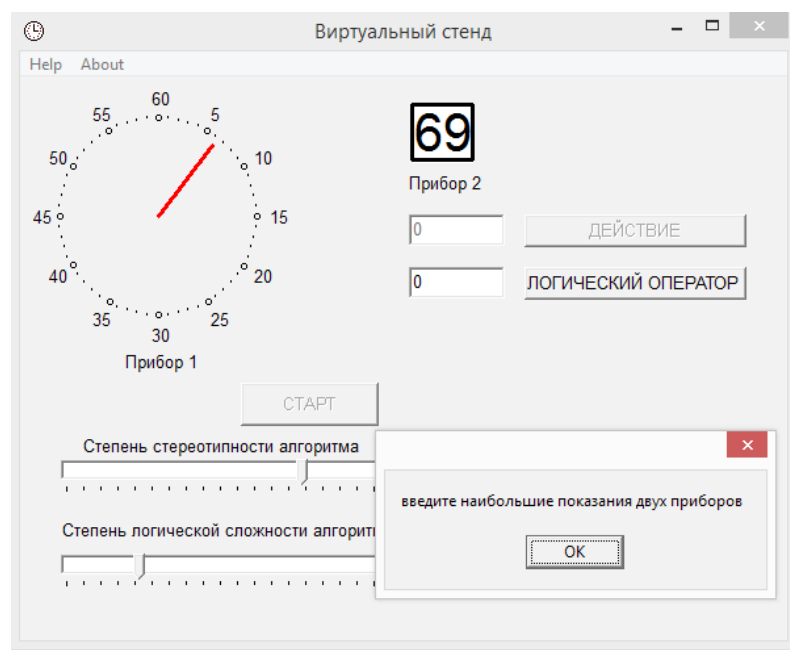


Рис. 3. Реализация логических операций

1. Строить модели работ операторов технологических машин на стадии проектирования посредством создания алгоритмов с любыми параметрами логической сложности и стереотипности;

2. Вводить различные элементы интерфейса модели, чтобы привести в соответствие виртуальный стенд и реальный проектируемый объект.

#### Литература:

1. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии [текст]: Учебник для вузов/Б. А. Душков. — М.: Академический проект, 2002. — 576 с.
2. Бодров, В. А. Психология и надежность. Человек в системе управления техникой [текст]/В. А. Бодров, В. Я. Орлов. — М.: Институт психологии РАН, 2002. — 176 с.

3. Каран, Е.Д. Алгоритмы труда операторов дорожных машин [текст]/Е.Д. Каран, Ю.О. Бобылев, Н. М Терентьева. — М.: МАДИ, 1981 г. — 116 с.
4. Основы инженерной психологии [текст]/Подред. Б. Ф. Ломова. — М.: Высшая школа, 1986. — 424 с.
5. Васильев, В. И. Анализ деятельности водителя в процессе управления автомобилем/В. И. Васильев, Дик И. И. // Темат. сб. науч. тр. — Челябинск: ЧГТУ, 1990. — с. 121–124.

## Применение центробежно-вихревых насосов для добычи нефти в ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз»

Пономарев Андрей Александрович, студент

ГБОУ СПО «Ноябрьский колледж профессиональных и информационных технологий» (Ямало-Ненецкий автономный округ)

Для увеличения добычи в скважинах с повышенным содержанием газа и повышения их надежности, фирмой «Новомет» была предложена новая для отрасли высокоточная технология изготовления ступеней. Были разработаны и применены новые износ- и коррозионностойкие материалы с повышенными эксплуатационными характеристиками и создано производство насосов нового поколения, которые были внедрены и хорошо себя зарекомендовали в Уральском и Западно-Сибирском регионах. Эта работа была отмечена премией правительства РФ за 2000 год.

Основные модификации насосов «Новомет»:

- базовая — радиальный и осевые нагрузки от рабочих колес воспринимаются непосредственно ступенями насоса;
- износостойкая — отличается от базовой наличием дополнительных радиальных подшипников, изготовленных из износостойких материалов, которые воспринимают радиальную нагрузку и уменьшают радиальный износ рабочих органов;
- пакетная — отличается от базовой наличием дополнительных радиальных и осевых подшипников, воспринимающих радиальные и осевые нагрузки от ступеней и минимизирующие радиальный и осевой износ рабочих органов;
- коррозионностойкая — элементы насоса изготавливаются из коррозионностойких сталей и сплавов.

Типы сборки ступеней «Новомет»:

- базовая — допускается свободное перемещение рабочих колес вдоль вала в пределах зазора в направляющих аппаратах;
- пакетная — рабочие колеса собраны в пакеты, ступицы рабочих колес в пределах пакета соприкасаются друг с другом, пакет опирается на осевую опору;
- компрессионная — все рабочие колеса закреплены на валу.

Рабочие колеса ВНН имеют дополнительные лопасти на верхней крышке рабочего колеса, выполняющие роль диспергатора (турбулизатора) и создающие вихревой эффект. Это обеспечивает эффективную диспергацию газ-о-водо-нефтяной среды и существенно повышает напорность ступеней.

Идея конструкции ступеней насоса состоит в совмещении центробежного и вихревого принципов перекачки жидкостей. За счет дополнительной турбулизации жидкости в периферийной зоне центробежных ступеней удалось существенно повысить рабочие характеристики при откачке газонасыщенных сред. Новая конструкция ступени насоса, совмещает высокий напор вихревых ступеней с высоким КПД центробежных. Вихревой венец монтируется вдоль края боковой поверхности рабочего колеса. На сопряженной колесу поверхности наружной крышки направляющего аппарата, располагается боковой кольцевой канал. Ячейки вихревого венца создают в боковом канале дополнительный турбулентный поток, который попадает на лопасти центробежного аппарата, выступающие за пределы боковой крышки. Приобретенная жидкостью турбулентная кинетическая энергия преобразуется в напор, который складывается с давлением создаваемым центробежной частью рабочего колеса. При этом в вихревой зоне происходит интенсивный процесс диспергирования, что повышает устойчивость работы насоса при перекачке нефтегазовых смесей. Вихревой эффект позволил увеличить напорность ступеней на 15–25 % (рисунок 1). Была получена крутопадающая напорная характеристика насоса, обеспечивающая устойчивость его работы, как в процессе эксплуатации, так и при запуске скважин. Одновременно возрос коэффициент полезного действия насоса. Удалось создать ступени с характеристиками, существенно превосходящими лучшие мировые образцы (рисунок 1 в).

На рисунке 1 сплошными линиями представлена работа центробежно-вихревых ступеней производства Новомет-Пермь, пунктирными линиями — центробежных ступеней: а) 1ВННП5–25 и ЭЦНМ5–18; б) 2ВННП5–79 и ЭЦНМ5–80; в) 2ВННП5А-124 и FC925 (США).

Наиболее ярко преимущества центробежно-вихревых насосов проявляются при перекачке газонасыщенных сред. Так согласно результатам стендовых испытаний на смеси воздух-вода, концентрация свободного газа на входе в центробежно-вихревой насос может быть в два раза больше, чем у насосов типа ЭЦН (рисунок 2). На практике это приводит к увеличению подачи на 8–15 % при одновременном снижении числа ступеней до 30 %.

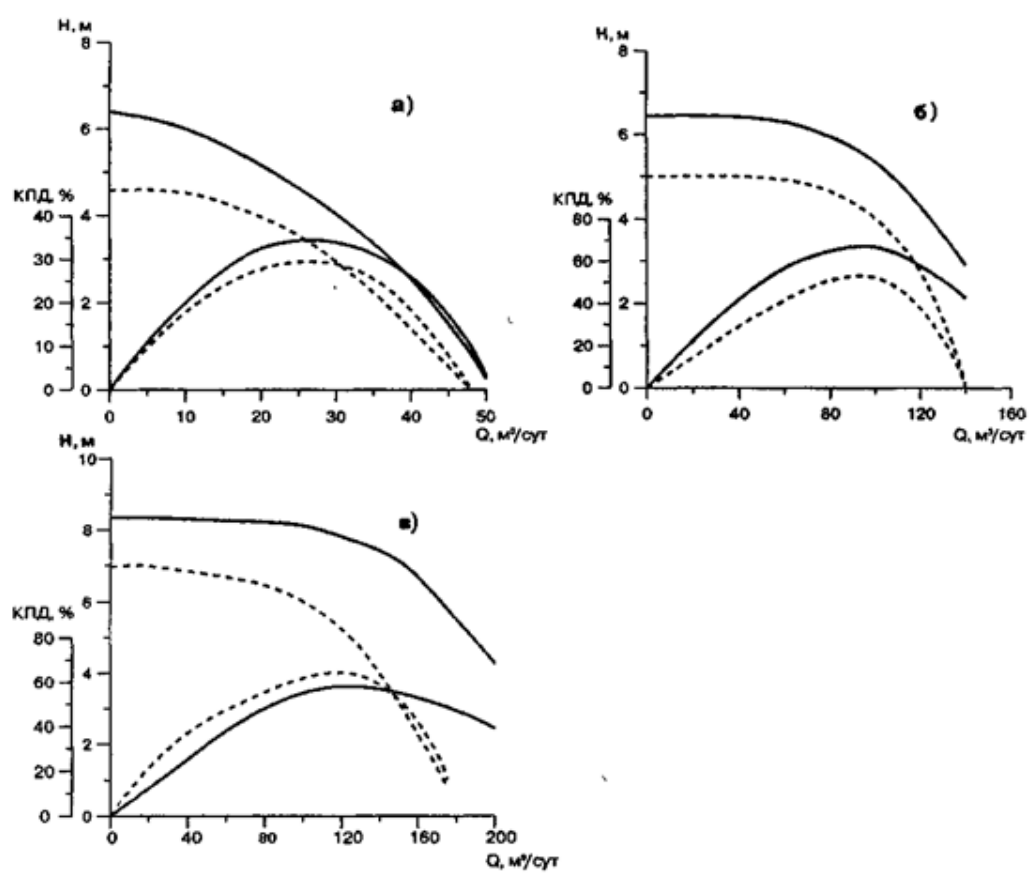
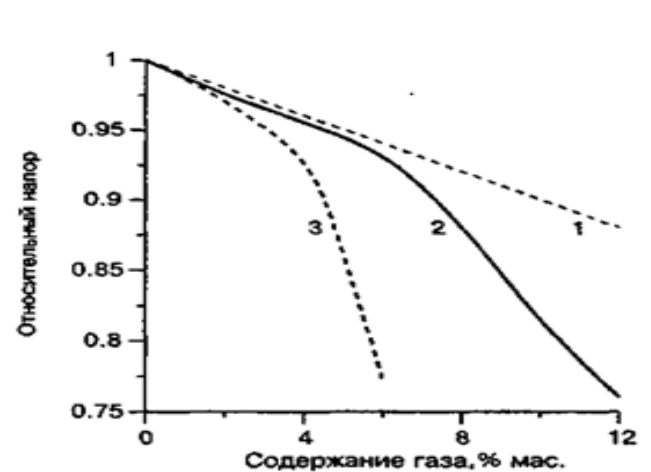


Рис. 1. Сопоставление зависимостей напора и КПД ступеней от расхода

Рис. 2. Зависимость относительного напора насосов от содержания нерастворенного газа на входе:  
1 – работа на пресной воде; 2–2ВННП5–59; 3–2ЭЦНП5–60

На рисунке 3 показана зависимость относительного напора от расхода. Относительный напор определяется в долях от напора при нулевом содержании газа. В качестве рабочей среды использовали смесь вода-ПАВ-воздух. Такая смесь принята в качестве модельной для изучения перекачки нефте-водо-газовых сред. При высоком содержании газа измерения удалось провести только в области больших расходов жидкости. Из рисунка видно, что преимущество центробеж-

но-вихревых ступеней тем больше чем выше содержание газа. Однако проблема откачки газонасыщенных сред в полной мере пока не решена в области малых подач характеристика напор-расход возрастающая, а не падающая, которая необходима для устойчивой работы насоса. На данную конструкцию ступеней получены патенты РФ и международный патент.

Детали погружных насосов имеют сложную форму и обычно изготавливаются методом литья в формы



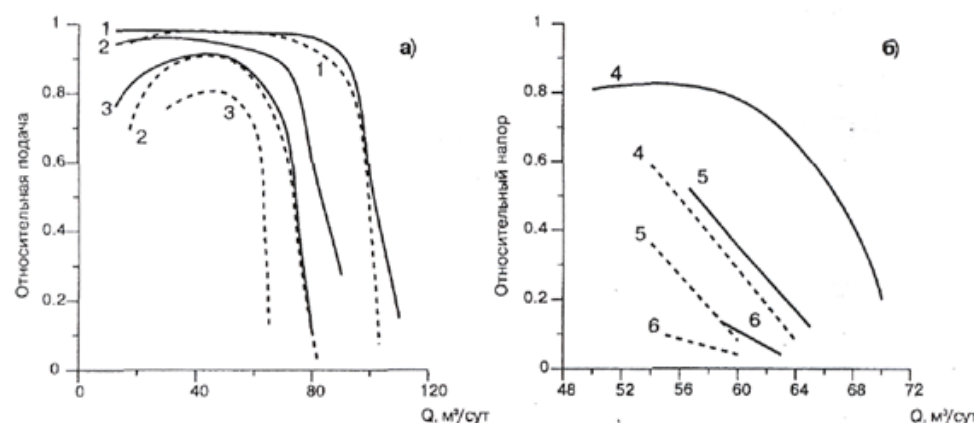


Рис. 3. Зависимость напор-расход при различном содержании газа в среде вода-ПАВ-воздух: 1–5%; 2–10%; 3–15%; 4–20%; 5–25%; 6–30%; сплошная линия – насос 2ВННП5–59; пунктирная линия – 2ЭЦНП5–60

из песка (при этом не обеспечивается необходимая гладкость поверхностей деталей) или по выплавляемым моделям (что дорого). Предложенный пермским заводом метод изготовления деталей состоит из двух стадий. На первой отдельные сложнопровольные элементы деталей формуются из порошка. Разработана оригинальная оснастка и автоматизированная высокопроизводительная технология изготовления таких изделий.

На второй стадии изделия соединяются в требуемые конструкции методами диффузионного соединения через термодинамически высоконерасовесный разделительный слой, совмещенного с пропиткой легкоплавкими компонентами используемых сплавов. Способ соединения обладает новизной и запатентован.

Предложенная технология обеспечивает:

- более высокую точность изготовления изделий, а значит, балансировку рабочих колес, что уменьшает вибрацию и увеличивает надежность насосов;
- обеспечивает гидродинамическую гладкость поверхностей деталей;
- создает возможность изготовления комбинированных изделий, состоящих из износостойких и конструктивных компонент.

#### Литература:

1. Насосы погружные центробежно-вихревые модульные производства «Новомет». ЗАО «Новомет-Пермь».
2. Рекомендации по применению насосов типа ВНН. ЗАО «Новомет-Пермь».

Разработка насосов для работы в осложненных условиях потребовала разработку и применение новых материалов. В скважинах детали насосов подвергаются кумулятивному воздействию гидроабразивного износа и коррозии. Поскольку детали насосов имеют сложную форму, требуются высокая технологичность материала, а также невысокая стоимость, т. к. насосы являются материалоемкой продукцией.

При конструировании новых материалов была применена технология порошковой металлургии, обладающая широкими возможностями управления структурой, а значит и физико-механическими свойствами. Этим методом был создан ряд новых износостойких сталей и разработаны способы их защиты от коррозии и солеотложений. Пары трения из новых материалов имеют в 5–10 раз большую износостойкость в чисто абразивной среде, чем типичные пары трения большинства выпускаемых насосов.

Коррозионная стойкость разработанных материалов на основе порошковых сталей находится на уровне нирезиста и литой нержавеющей стали. Кроме того, разработана и внедрена серийная технология производства ступеней из нержавеющей стали.

## Разработка кадастра особо охраняемых природных территорий

Скачкова Мария Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;

Ефимова Юлия Игоревна, студент

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

*Изучены нормативно-правовые и методические основы ведения государственного кадастра особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в Российской Федерации. Исследована структура и состав ООПТ России. Разработана модель автоматизированной информационной системы учета и мониторинга ООПТ с использованием ГИС-технологий. Апробация проведена на примере опытных объектов Санкт-Петербурга.*

**Ключевые слова:** кадастр, особо охраняемые природные территории, информационная система, заказник, заповедник.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) — участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны [4].

С учетом особенностей режима ООПТ и статуса находящихся на них природоохранных учреждений различаются 7 категорий указанных территорий (рис. 1):

**1. Национальные парки** являются природоохранными, эколого-просветительскими и научно-исследовательскими учреждениями, территории (акватории) которых включают в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность, и предназначены для использования в природоохранных, просветительских, научных и культурных целях и для регулируемого туризма.

**2. Государственные природные заповедники** являются природоохранными, научно-исследовательскими и эколого-просветительскими учреждениями, имеющими целью сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ

растений и животных, типичных и уникальных экологических систем.

**3. Природные парки** являются природоохранными рекреационными учреждениями, находящимися в ведении субъектов Российской Федерации, территории (акватории) которых включают в себя природные комплексы и объекты, имеющие значительную экологическую и эстетическую ценность, и предназначены для использования в природоохранных, просветительских и рекреационных целях.

**4. Государственными природными заказниками** являются территории (акватории), имеющие особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса.

**5. Памятники природы** — уникальные, невосполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношении природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения.

**6. Дендрологические парки и ботанические сады** являются природоохранными учреждениями, в задачи которых входит создание специальных коллекций растений в целях сохранения разнообразия и обогащения растительного мира, а также осуществление научной, учебной и просветительской деятельности.

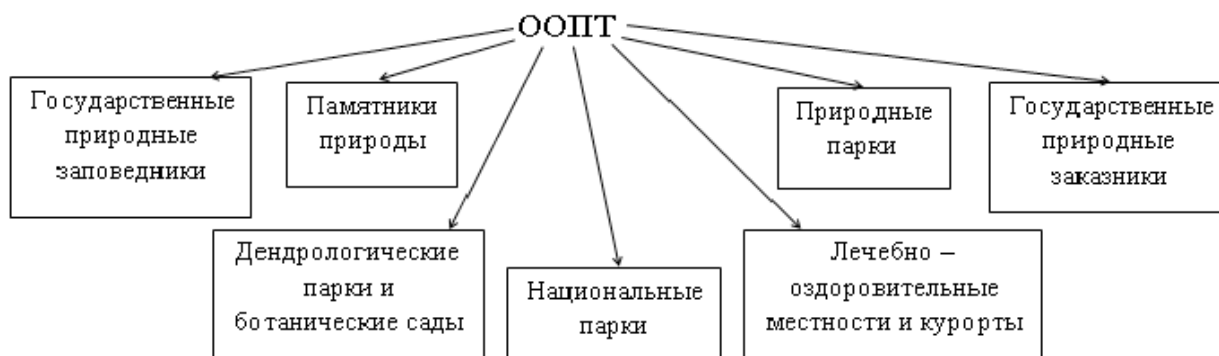


Рис. 1. Виды ООПТ

**7. Лечебно-оздоровительные местности и курорты** — территории (акватории), пригодные для организации лечения и профилактики заболеваний, а также отдыха населения и обладающие природными лечебными ресурсами (минеральные воды, лечебные грязи, рапа лиманов и озер, лечебный климат, пляжи, части акваторий и внутренних морей, другие природные объекты и условия), могут быть отнесены к лечебно-оздоровительным местностям [4].

В настоящее время на федеральном уровне ведется учет основных характеристик ООПТ (вид, количество, площадь) по заповедникам, национальным паркам, федеральным заказникам и т.д. В число федеральных ООПТ (ФООПТ) входят [2]:

- 101 государственный природный заповедник общей площадью 33,8 млн. га;
- 40 национальных парков общей площадью 7,74 млн. га;
- 69 государственных природных заказников общей площадью 12,54 млн. га;
- 28 памятников природы общей площадью 0,04 млн. га.

Распределение указанных выше ФООПТ по количеству и площади представлено на диаграммах (рис. 2).

Государственный кадастр ООПТ — это системный свод документационной информации об особо охраняемых территориях федерального, регионального и местного значения [3].

Он включает в себя сведения о статусе этих территорий, об их географическом положении и границах, режиме особой охраны этих территорий, природопользователях, эколого-просветительской, научной, экономической, исторической и культурной ценности.

Государственный кадастр ООПТ состоит из двух разделов:

- государственного кадастра ООПТ федерального значения, ведение которого осуществляется Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации;
- государственных кадастров ООПТ регионального и местного значения, ведение которых осуществляется уполномоченными органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Кадастр ООПТ решает следующие основные задачи:

1. накопление и систематизация данных о существующих и перспективных ООПТ, мониторинг ООПТ;
2. анализ состояния и эффективности функционирования разных категорий ООПТ федерального, регионального и местного значения;
3. обеспечение информацией об ООПТ органов государственной власти федерального и регионального уровней, органов местного самоуправления, министерств и ведомств, государственных и общественных организаций, частных лиц.

Актуальность темы исследования можно обосновать тем, что на данный момент в Санкт-Петербурге сформирована обширная система ООПТ, но единый автоматизированный учет и мониторинг ее объектов не ведется. Предлагается ввести такую систему, в которой будет размещаться комплексная информация об ООПТ, включая атрибутивную и картографическую.

В настоящее время система ООПТ Санкт-Петербурга включает ООПТ регионального значения в количестве 12 объектов, общая площадь составляет около 13400 га. До 2025 года планируется организация 16-ти новых ООПТ в г. Санкт-Петербург.

На рис. 3, 4 представлены существующие и планируемые ООПТ Санкт-Петербурга. С помощью программы MapInfo была создана картографическая и атрибутивная база данных. К созданной картографической базе была присоединена атрибутивная информация по всем ООПТ.

Дальнейший этап — наполнение атрибутивных табличных форм полной информацией о заказниках и заповедниках. Апробация разработанной модели информационной системы учета и мониторинга ООПТ Санкт-Петербурга происходило на примере ООПТ Елагин остров. В таблицу были занесены необходимые данные (дата создания, площадь, месторасположение, тип и т.д.) [3] (рис. 5).

Таким образом, на основании изученной нормативно-правовой документации, а также особенностей ООПТ Санкт-Петербурга была разработана модель автоматизированной информационной системы для целей ведения кадастра ООПТ Санкт-Петербурга, которая включает картографическую и атрибутивную информацию, позволяет проводить автоматизированный анализ текстовых и пространственных данных.

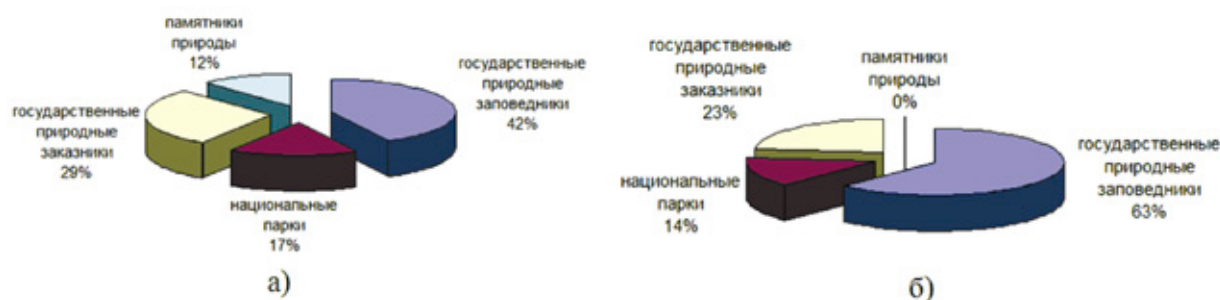


Рис. 2. Распределение ФООПТ а) по количеству; б) по площади

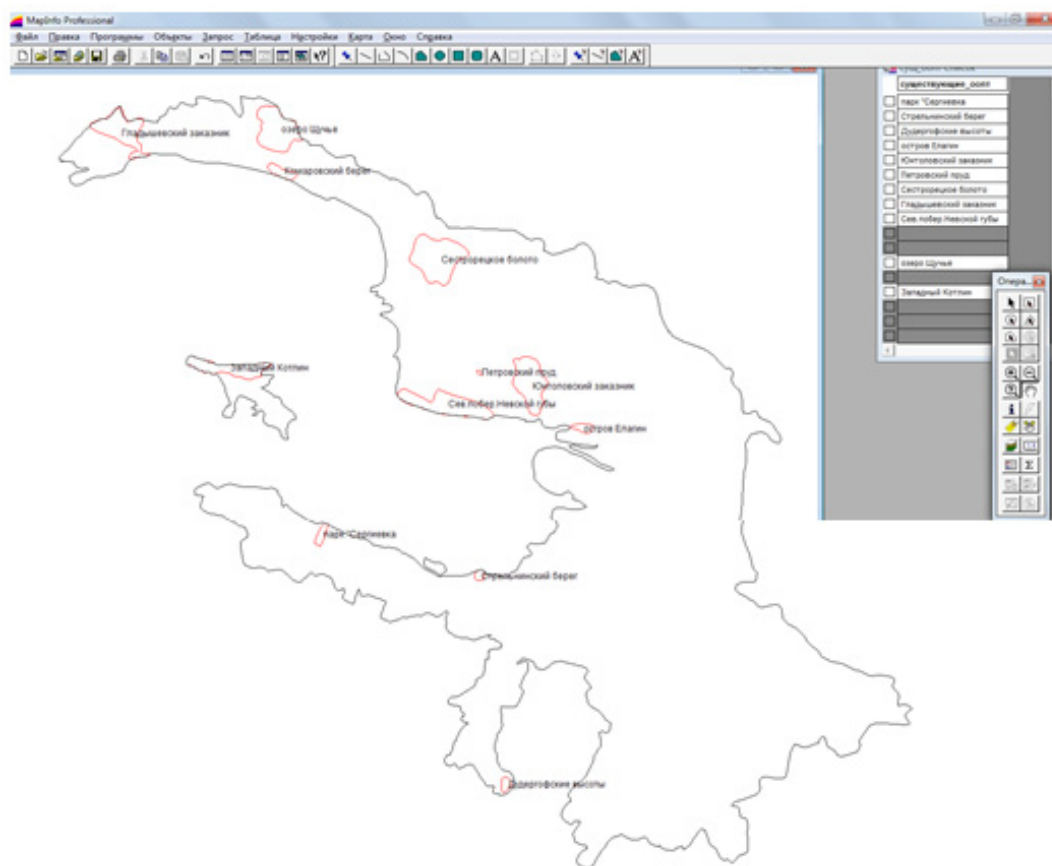


Рис. 3 Существующие ООПТ Санкт-Петербурга

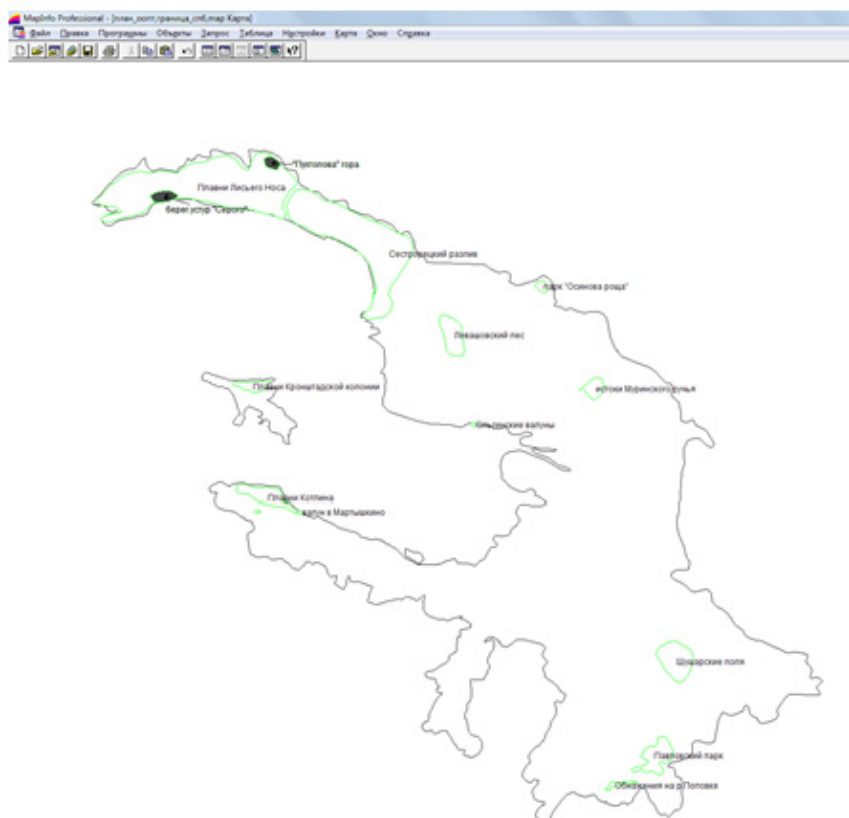


Рис. 4. Планируемые ООПТ Санкт-Петербурга

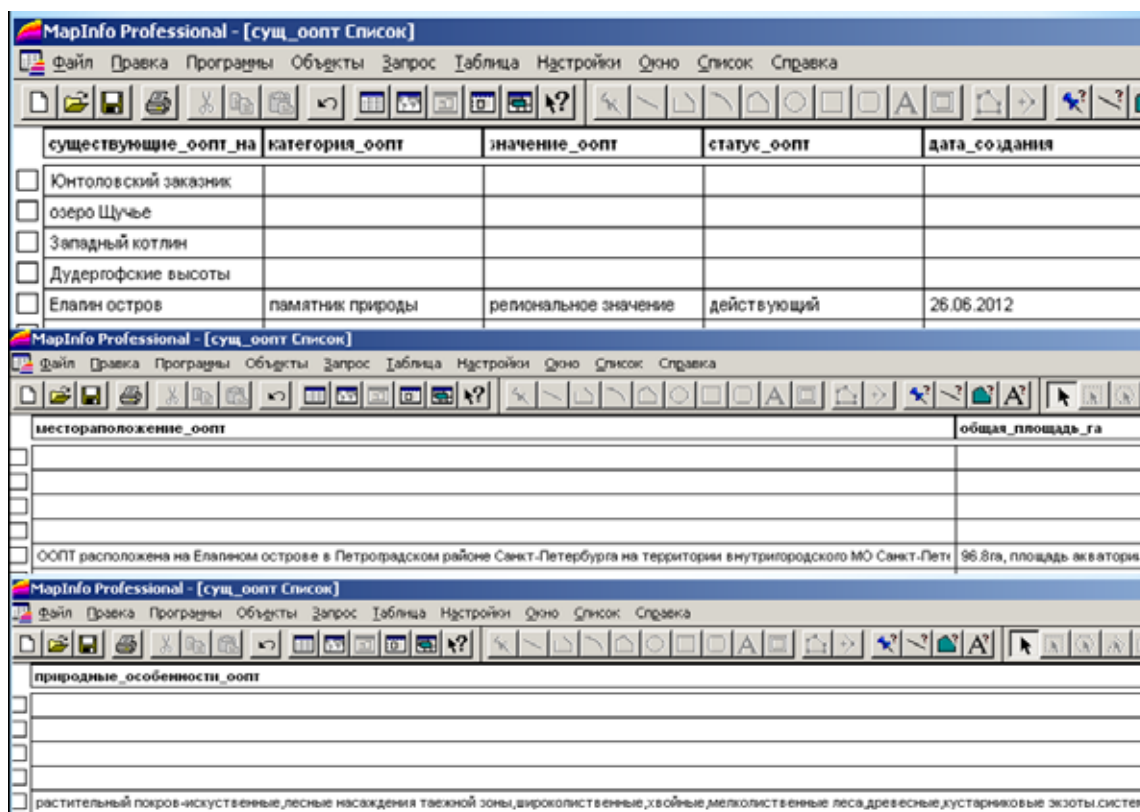


Рис. 5. Созданная база данных Елагина острова

*Литература:*

1. Закон Санкт-Петербурга №639–128 от 09.11.2011 «Об особо охраняемых природных территориях регионального значения в Санкт-Петербурге» [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс — надежная правовая поддержка. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>
2. Кревер, В. Г., Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития/В. Г. Кревер, М. С. Стишов, И. А. Онуфреня — Москва: «Орбис Пиктус», 2009. — 5 с.
3. Приказ Минприроды России №69 от 19.03.2012 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра особо охраняемых природных территорий» [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс — надежная правовая поддержка. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>
4. Федеральный закон №33-ФЗ от 14.03.1995 «Об особо охраняемых природных территориях [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс — надежная правовая поддержка. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>



## Особенности ведения государственного водного реестра

Скачкова Мария Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;

Иванова Надежда Александровна, студент

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

*Изучены нормативно-правовые и методические основы ведения государственного водного реестра в Российской Федерации. Исследована существующая автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр» (АИС ГВР). Выявлены ее недостатки. Даны предложения по усовершенствованию.*

**Ключевые слова:** водный реестр, кадастр, информационная система, водные ресурсы

Государственный водный реестр (ГВР) представляет собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, собственности физических и юридических лиц, об их использовании, о речных бассейнах, о бассейновых округах [3].

Целью ведения ГВР является информационное обеспечение комплексного и целевого использования и охраны водных объектов, а также планирование и разработка мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий.

В соответствии с законодательством Российской Федерации [1, 3] реестр содержит 3 раздела (рис. 1). На ос-

нове представленных разделов утверждена структура ведения ГВР.

Ведение ГВР осуществляется Федеральным агентством водных ресурсов в соответствии с водным законодательством и законодательством Российской Федерации об информации, информационных технологиях и о защите информации.

При регулировании любой деятельности всегда существуют субъекты и объекты отношений. Водный реестр не является исключением (рис. 2).

Объект водных отношений — водный объект, т.е. сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа или в недрах, имеющее границы, объем и черты водного режима, или его часть.

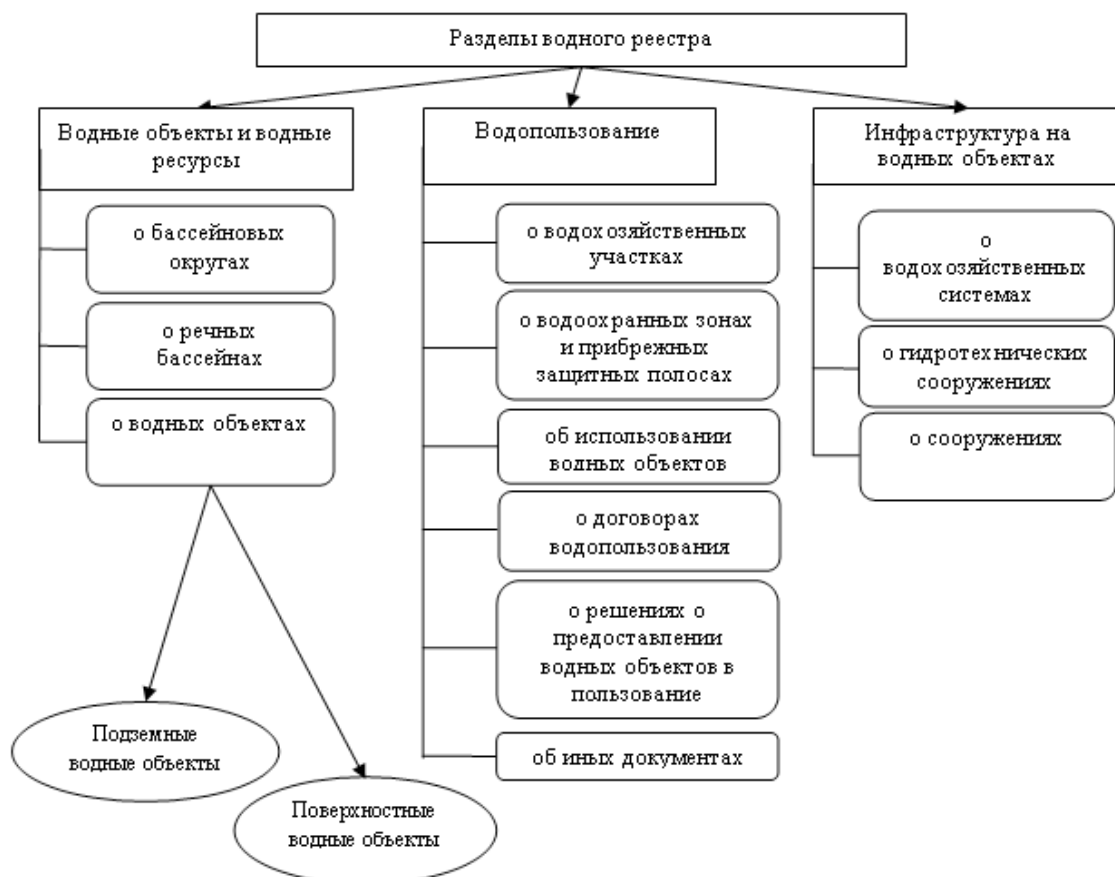


Рис. 1. Разделы водного реестра

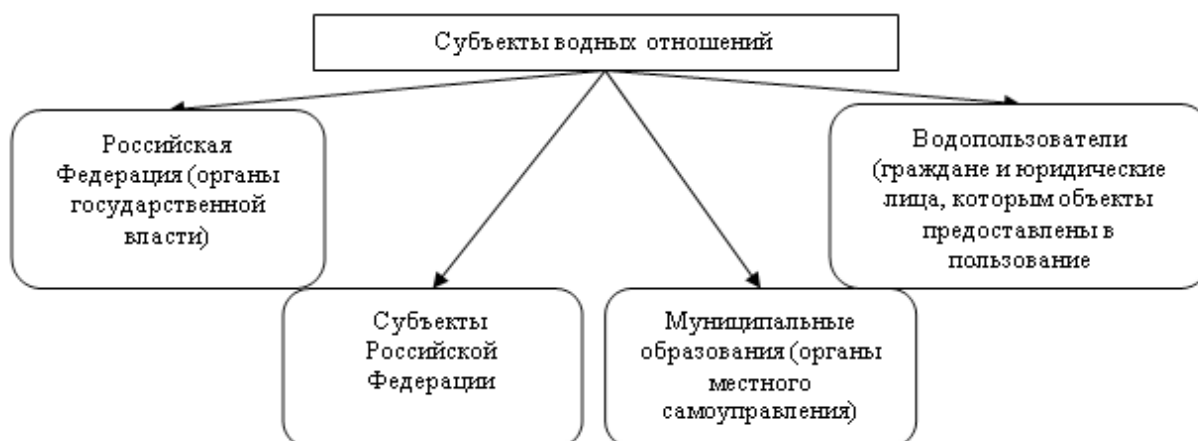


Рис. 2. Субъекты водных отношений

Настоящее время — век информационных и компьютерных технологий, поэтому существует Автоматизированная информационная система «Государственный водный реестр» (АИС ГВР), развернутая на всех уровнях управления Федерального агентства водных ресурсов (включая территориальные органы и подведомственные организации). Данный программный комплекс полностью соответствует законодательству РФ.

Основной функцией АИС ГВР является сбор, хранение и анализ документированных сведений о водных объектах, о водопользователях и инфраструктуре на водных объектах; ретроспективное хранение документированной информации о водных объектах, о водопользователях.

Главным недостатком этой системы является отсутствие картографических данных о водных объектах. Становится актуальным вопрос о прикреплении текстовой и табличной информации к картографической основе.

Для создания картографической и атрибутивной базы данных была использована геоинформационная система (ГИС) MapInfo Professional, т.к. данная ГИС высокоэффективное средство для визуализации и анализа пространственных данных. В качестве объекта исследования и апробации был выбран Балтийский бассейновый округ.

Была проведена попытка отображения на карте бассейновых округов Российской Федерации Балтийского бассейнового округа (01). Результат представлен на рис. 3.

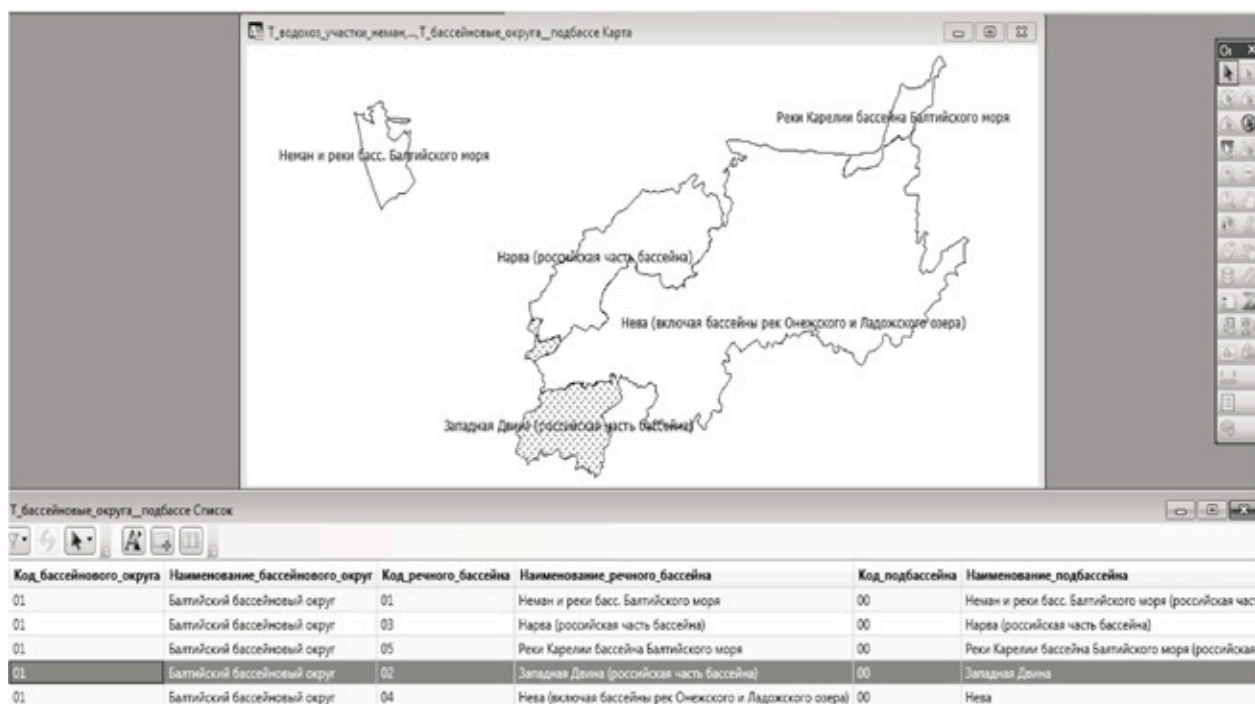


Рис. 3. Балтийский бассейновый округ. Состав

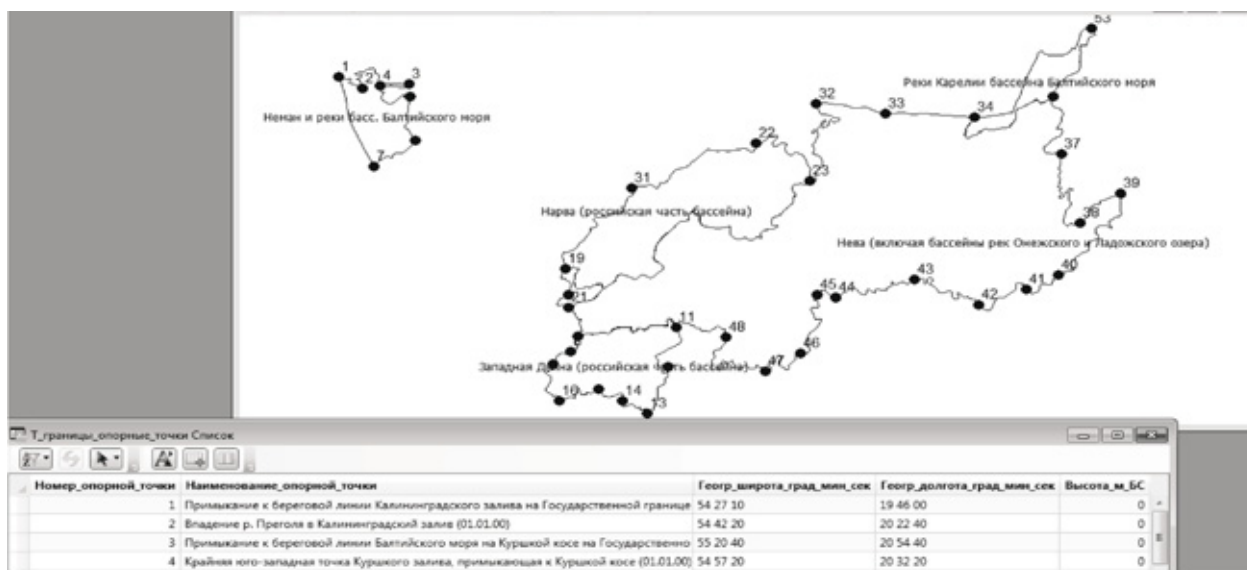


Рис. 4. Балтийский бассейновый округ. Границы. Опорные точки

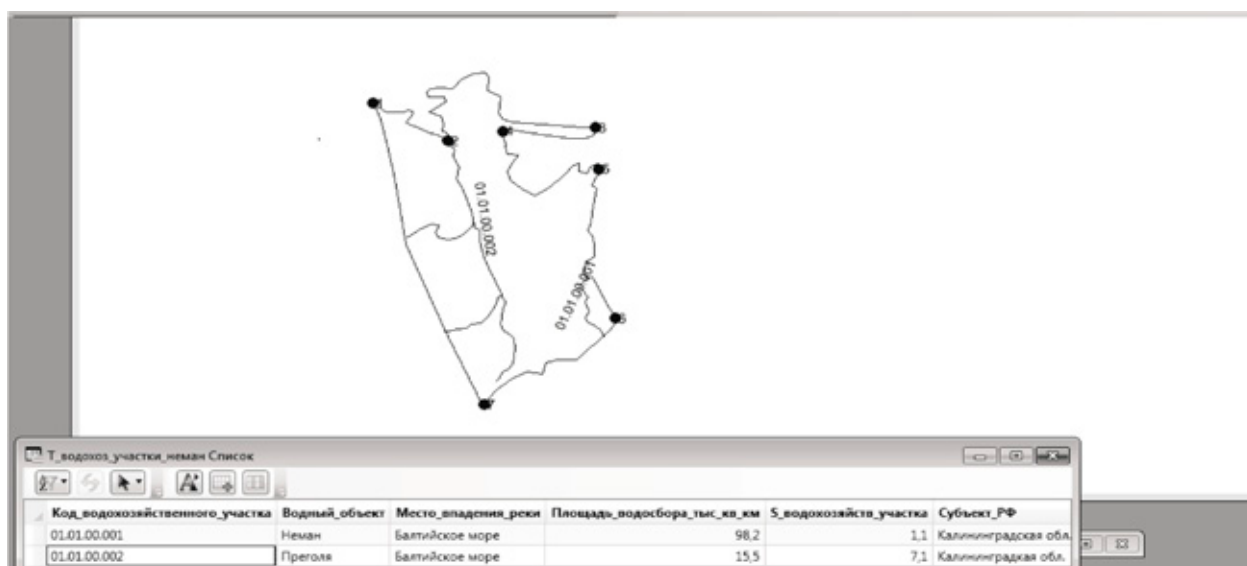


Рис. 5. Водохозяйственные участки речного бассейна Неман и реки Балтийского моря (русская часть Калининградской обл.)

Помимо картографической информации также прикреплена и атрибутивная в виде таблицы, которая отображает состав Балтийского бассейнового округа, включая речные бассейны и подбассейны. В качестве примера можно привести речной бассейн Западной Двины.

На рис. 4 представлено отображение границ Балтийского бассейнового округа с атрибутивной информацией реестр опорных точек границ, по границам гидрографических единиц, входящих в их состав. Данные границы нормативно утверждены законодательством РФ.

На рис. 5 представлены водохозяйственные участки речного бассейна Неман и реки бассейна Балтийского моря (русская часть бассейна) с атрибутивной информацией о данных водохозяйственных участках.

По аналогии были отекторизованы остальные водо-

хозяйственные участки речных бассейнов Балтийского бассейнового округа, которые представлены на рис. 6.

В качестве примера выделен речной бассейн Нева (включая бассейны Онежского и Ладжского озера) с отображением водохозяйственных участков.

Таким образом, была разработана картографическая база данных Балтийского бассейнового округа с его детализацией по речным бассейнам и водохозяйственным участкам. Разработанный водный реестр позволяет не только накапливать и систематизировать различного рода информацию, но также проводить анализ водных объектов, планировать хозяйственную деятельность в данной области. Особенностью разработанного автоматизированного реестра является наличие картографической составляющей, которая позволяет проводить пространственный анализ объектов реестра.

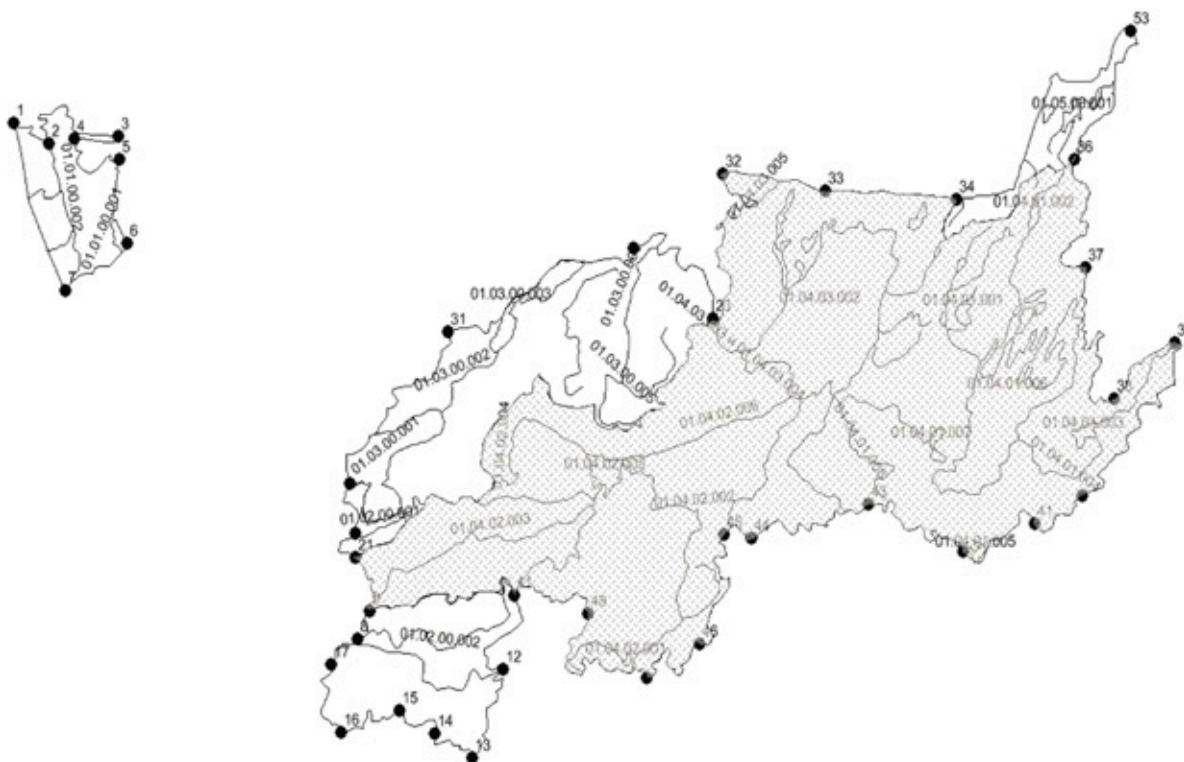


Рис. 6. Балтийский бассейновый округ. Водохозяйственные участки

#### Литература:

1. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс — надежная правовая поддержка. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>
2. Государственный учет объектов недвижимости водного фонда [Электронный ресурс]: публикация. — Режим доступа: <http://kadastr.org/conf/2012/pub/kadastr/obj-pedv-vodn-fond.htm>
3. Постановление Правительства РФ № 253 от 28.04.2007 «Положение о ведении Государственного водного реестра» [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс — надежная правовая поддержка. — Режим доступа: <http://base.consultant.ru>

*Научное издание*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

II Международная научная конференция  
Санкт-Петербург, апрель 2014 г.

*Материалы печатаются в авторской редакции*

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *П.Я. Бурьянов*

Подписано в печать 24.04.2014. Формат 60х90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 17,81. Уч.-изд. л. 12,05. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии «Заневская площадь»  
195112, г. Санкт-Петербург, Новочеркасский пр., д. 39/1