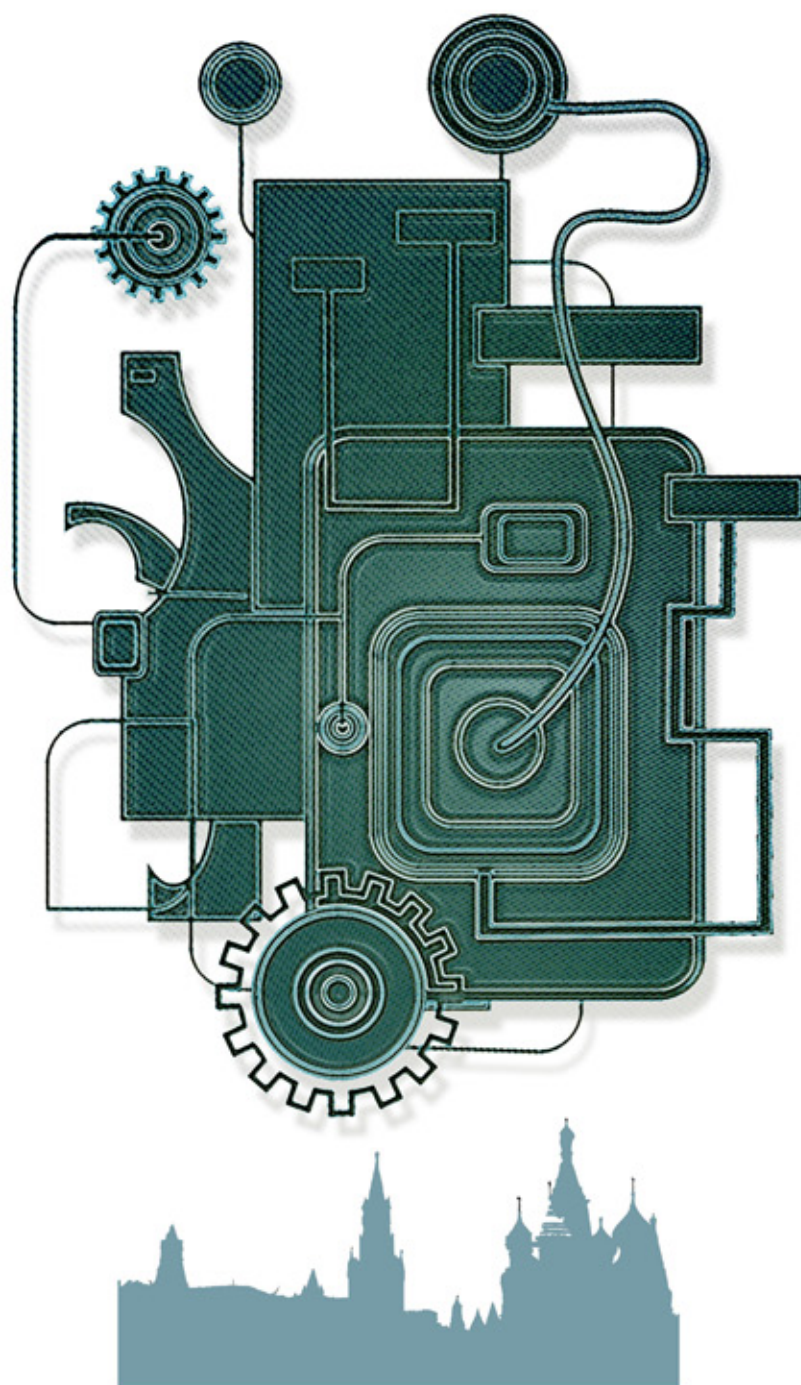


Международная заочная научная конференция

# «Технические науки в России и за рубежом»



Москва

УДК 001:62(063)

ББК 30.1

Т38

Редакционная коллегия сборника:

*Г.Д. Ахметова, М.Н. Ахметова, О.А. Воложанина, С.Н. Драчева,  
Ю.В. Иванова, М.Г. Комогорцев, К.С. Лактионов*

Ответственный редактор: *О.А. Шульга*

**Технические** науки в России и за рубежом: материалы междунар. заоч. науч. конф.  
Т38 (г. Москва, май 2011 г.). / Под общ. ред. Г.Д. Ахметовой. — М.: Ваш полиграфический  
партнер, 2011. — 128 с.

ISBN 978-5-4253-0163-5

В сборнике представлены материалы международной заочной научной конференции «Технические науки в России и за рубежом».

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

УДК 001:62(063)  
ББК 30.1

## СОДЕРЖАНИЕ

## 1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

**Корягин А.Г.**

Оптимизация методов создания водяных знаков при помощи вейвлет-преобразования и генетических алгоритмов ..... 6

**Ле Н.В., Панченко Д.П.**

Распознавание речи на основе искусственных нейронных сетей ..... 8

**Нардин Д.С., Ревякин П.И.**

Разработка концепции информационно-аналитической системы для прогнозирования развития сельскохозяйственных организаций ..... 11

**Насейкина Л.Ф., Биктимиров М.С.**

Анализ внедрения программного средства в ООО «Информсервис» с целью повышения уровня продаж СПС «КонсультантПлюс». .... 14

**Нго К.Х. Шабалина О.А.**

Метод оптимизации модели мобильного робота для системы эволюционного моделирования ..... 17

**Пихтулов А.А., Михайлов Д.М.**

Обзор bluetooth-атак на мобильные устройства, использующих уязвимости алгоритмов шифрования. . 20

**Сингина А.А., Набока М.В.**

Управление ИТ-рисками при эксплуатации информационных систем ..... 22

**Хан В.Л.**

Сопровождение систем автоматизации ТОиР. .... 25

**Харитонов И.Б., Силантьева Л.А.**

Проектирование состава композиций лекарственных растений методом математического моделирования ..... 27

## 2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**Кашуба Н.С., Кирсеев К.П.**

Схема управления дидактическим стендом по основам пожарной безопасности на базе логических интегральных микросхем ..... 31

**Павлов А.П., Семенов Э.В.**

Синтез эффективного тестового сигнала для обнаружения нелинейного контакта металл-окисел-металл ..... 34

## 3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Ву Т.З., Кизим А.В.**

Исследование методов автоматического управления умным домом ..... 39

**Завражин В.В.**

Разработка алгоритма работы системы автоматического выделения поврежденных секций . . . . . 41

**Тимченко Д.Н.**

Синтез логико-динамической системы оптимального управления нелинейным неголономным объектом типа «мобильный робот» . . . . . 43

**4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА****Галикеева Ю.Р.**

Исследование области притяжения нелинейной системы в условиях интервальной неопределенности . 48

**Идиятуллин Р.Г., Смердова Т.Е., Вдовин А.М., Попов А.В.**

Разработка методики оценки ранга элемента в системе возникновения электрической машины. . . . . 51

**Терукова Е.Е., Мошников В.А., Кошкина Д.В.**

Высокоэффективные методы прямого нанесения каталитических слоев на протонпроводящую мембрану для формирования мембранно-электродных блоков твердополимерных топливных элементов . . . . . 54

**5. ЭНЕРГЕТИКА****Мазурова О.В.**

Оценка влияния новых технологий на снижение энергоемкости промышленности . . . . . 58

**Узаков Г.Н., Вардияшвили А.Б., Раббимов Р.Т., Хужакулов С.М., Раббимов Л.Р.**

Энергоэффективное плодовоовощехранилище с использованием нетрадиционных источников энергии . 65

**Раббимов Р.Т., Узаков Г.Н., Хайитов Р.М., Сафаров И.Э., Халикова Х.А.**

Исследование физико-химических и теплотехнических свойств различных древесных и растительных отходов для получения альтернативных моторных топлив . . . . . 68

**6. МЕТАЛЛУРГИЯ****Раскатов Е.Ю., Соловьев Д.А.**

Теоретическое и экспериментальное исследование нагрузок главной линии пильгерстана . . . . . 72

**7. МАШИНОСТРОЕНИЕ****Данатаров А.**

Повышение эффективности использования МТП . . . . . 75

**Данатаров А.**

Новые почвообрабатывающие орудия для адаптивных технологий производства сельскохозяйственной продукции в аридной зоне . . . . . 77

**Данатаров А.**

Борьба с засухой и урожай . . . . . 78

**Розметов К.С.,**

Технологии сева хлопчатника в условиях луговых почв нижнего течения Аму-Дарьи. . . . . 80

**Розметов К.С.**

Экономическая эффективность применения технологии сева хлопчатника . . . . . 81

**Сейтасанов И.С.**

Исследование закрутки всасываемого потока в гидроэлеваторах. . . . . 83

**8. СТРОИТЕЛЬСТВО****Ильина С.В.**

Проблемы при выборе типа морской стационарной платформы для работы в ледовых условиях . . . . . 86

**Моховиков Е.С., Усов Б.А.**

Самоуплотняющиеся бетонные смеси с отдельным введением суперпластификатора . . . . . 91

**Юшков Б.С., Пугин К.Г., Юшков В.С.**

Вторичные материальные ресурсы для дорожной разметки. . . . . 98



## 9. ТРАНСПОРТ

### Нгуен Х.Х.

Оценка эмиссии отработавших газов дизелей эксплуатирующихся судов смешанного (река-море) плавания .....103

### Яблонев А.Л.

Определение эффективности инвестиций в операции по перевозке торфа с производственных участков к конечному потребителю .....111

## 10. АРХИТЕКТУРА

### Лисицин В.Г.

Провинциальный постконструктивизм на примере иркутских построек архитектора К.В. Миталья ....115

### Лисицина Я.Ю.

«Беспредметные элементы» в архитектурном формообразовании Якова Чернихова .....117

## 11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

### Розметов К.С.

Программирование урожаев хлопчатника на основе расчетных норм минеральных удобрений ..... 120

### Розметов К.С.

Агротехнические приемы повышения урожайности хлопчатника в орошаемых условиях Туркменистана .....121

### Розметов К.С.

Получение высококачественных и однородных семян хлопчатника для точного высева .....123

### Розметов К.С.

Рост, развитие и урожайность хлопчатника ..... 124

### Розметов К.С.

Агротехнические особенности программирования урожайности хлопчатника в условиях Туркменистана .....126

# 1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

## Оптимизация методов создания водяных знаков при помощи вейвлет-преобразования и генетических алгоритмов

Корягин А.Г., магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (г. Минск)

В настоящее время особенно остро стоит проблема защиты цифровой информации от незаконного копирования и оборота. Для защиты цифровых изображений широко применяются водяные знаки, добавление которых требует создания эффективных алгоритмов. Современные алгоритмы создания водяных знаков можно отнести к двум группам: пространственные и частотные. Пространственные алгоритмы вставляют водяной знак в изображение при помощи модификации его пикселей. Эти алгоритмы просты в реализации, не требуют серьезных затрат при вычислениях, но слабо устойчивы к операциям обработки сигналов, таким как сжатие, например. С другой стороны, пространственные алгоритмы модифицируют коэффициенты трансформируемого изображения в соответствии с предопределенной схемой. Это позволяет расcеивать водяной знак по нужной области, затрудняя при этом удаление или искажение этого водяного знака. По сравнению с пространственными методами, частотные зарекомендовали себя с лучшей стороны. Наибольшее применение находят частотные алгоритмы, использующие дискретное вейвлет-преобразование (ДВП) [1].

ДВП используется при создании водяных знаков намного чаще, чем другие преобразования. Это следствие гибкости алгоритма, отличной пространственной локализации, хорошего частотного масштабирования. На текущем этапе развития этого метода установлена связь данного преобразования с теоретической моделью визуальной системы человека [2]. Эффективное использование этой связи позволило вести работу над созданием ряда быстрых и устойчивых алгоритмов создания водяных знаков, основанных на ДВП. В ходе этих работ возникла идея применить генетические алгоритмы совместно в ДВП. Данный факт открывает ряд возможностей для улучшения и оптимизации метода.

Применение ДВП к двумерному изображению приводит к обработке его двумерными фильтрами по обоим измерениям. Фильтры делят изображение на четыре непересекающихся поддиапазона с большим расширением  $LL1$ ,  $LH1$ ,  $HL1$ ,  $HH1$ . Поддиапазон  $LL1$  представляет собой коэффициенты ДВП с грубым приближением, тогда как диапазоны  $LH1$ ,  $HL1$  и  $HH1$  представляют коэффициенты ДВП с хорошим разрешением. Чтобы получить следующее грубое приближение коэффициентов ДВП, не-

обходимо дальше преобразовать поддиапазон  $LL1$  до тех пор, пока не будет достигнут требуемый уровень  $N$ . По достижении уровня  $N$ , в результате остается  $3N+1$  поддиапазона, состоящих из  $LLX$  поддиапазонов,  $LHX$ ,  $HLX$  и  $HHX$ , где  $X$  изменяется от 1 до  $N$ . Благодаря свойству хорошей частотной масштабированности при помощи DWT можно легко найти область на изображении, куда наиболее эффективно поместить водяной знак. В частности, это свойство позволяет использовать так называемый «эффект маскировки» человеческой зрительной системы, то есть, если коэффициент ДВП изменяется, то изменятся только тот регион изображения, за который отвечает данный коэффициент. В целом, большинство энергии изображения сосредоточено в поддиапазонах с низкой частотой  $LLX$ , поэтому внедрение водяного знака в этих областях может сильно исказить исходное изображение. С другой стороны, поддиапазоны с высокими частотами  $HHX$  содержат края и текстуры изображения, изменения в которых человеческий глаз не воспринимает. Это позволяет добавить водяной знак незаметно. В целом, самым подходящим решением является размещение водяного знака в поддиапазонах средних частот  $HLX$  и  $LHX$ , где достигается удовлетворительная скорость алгоритмов и устойчивость водяного знака к дальнейшим трансформациям изображения. Общую схему трехмерной декомпозиции можно увидеть на рисунке 1.

Предложенный алгоритм создания водяных знаков состоит из двух частей: нанесение водяного знака и удаление водяного знака.

Процесс создания водяного знака состоит из нескольких этапов. На первом этапе к изображению применяется ДВП итерационно до третьего уровня. В результате этой операции мы получаем 64 непересекающихся широкоформатных поддиапазонов. На следующем этапе необходимо выбрать один поддиапазон для внедрения водяного знака. Далее, на третьем этапе, полутоновое изображение водяного знака трансформируется в массив из нулей и единиц. Четвертый этап заключается в себе генерацию равномерно распределенной, некоррелированной, псевдослучайной последовательности с нулевым средним. Эта последовательность используется для того, чтобы внедрить нулевой бит водяного знака в исходное изображение. Далее следует пятый этап, где к изображению

LL <sub>3</sub>	HL <sub>3</sub>	HL <sub>2</sub>	HL <sub>1</sub>
LH <sub>3</sub>	HH <sub>3</sub>		
LH <sub>2</sub>		HH <sub>2</sub>	
LH <sub>1</sub>			HH <sub>1</sub>

Рис. 1.

повторно применяется ДВП, так же воздействию подвергается и модифицированный диапазон, что в итоге дает изображение с внедренным водяным знаком.

На этапе извлечения водяного знака не требуется исходное изображение. Алгоритм извлечения также состоит из нескольких этапов. Сперва опять применяется ДВП рекурсивно до третьего уровня, что дает в итоге 64 непересекающихся поддиапазона. Далее выбирается тот поддиапазон, в который был внедрен водяной знак. На третьем этапе происходит регенерация псевдослучайной последовательности с использованием того же ключевого элемента, что и на этапе генерации. Далее подсчитывается корреляция между поддиапазоном с водяным знаком и сгенерированной псевдослучайной последовательностью. Этот шаг выполняется для каждого бита в векторе водяного знака. На следующем этапе проводится сравнение каждого значения корреляции со средним значением. Если полученное значение больше, чем среднее, то бит извлекаемого водяного знака устанавливается равным 0, в противном случае ему присваивается значение 1. На последнем этапе происходит восстановление водяного знака по полученным значениям бит.

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет как создавать водяные знаки, так и убирать их из изображений. Тем не менее, стоит исследовать возможность оптимизации данного подхода при помощи генетических алгоритмов. Генетические алгоритмы представляют собой эвристические адаптивные алгоритмы поиска, которые разрабатывались на основе природных принципов селективности и генетики. Они широко используются в реальных приложениях для поиска оптимальных значений, которые трудно найти используя традиционные методы

оптимизации [3]. Применение генетических алгоритмов к созданию водяных знаков основывается на том факте, что эффективное создание водяных знаков предъявляет два конкурирующих требования: прозрачность для восприятия и устойчивость к воздействиям. Эти два требования зависят один от одного, и, следовательно, вышеописанный алгоритм может быть оптимизирован.

При применении ДВП решающую роль играют подходящий поддиапазон и коэффициент усиления водяного знака. Именно эти два фактора влияют на невидимость водяного знака и его устойчивость. Поэтому роль генетических алгоритмов поиска состоит в поиске этих двух оптимальных значений. Исходным массивом для обработки являются все возможные комбинации поддиапазонов ДВП и коэффициентов усиления водяного знака.

Введем понятие генетического оператора (ГО). Генетический оператор это итеративная процедура, которая находит оптимальное значение на заданном исходном массиве данных, используя три оператора и функцию соответствия. На начальном этапе работы рассматривается случайно выбранный набор данных, состоящих из отдельных знаний, каждое из которых соответствует решению проблемы. Функция соответствия используется для определения близости каждого решения к оптимальному, таким образом значения с высоким показателем эффективности не отсеиваются, а принимают участие в формировании новых наборов данных, иными словами, участвуют в создании новых «поколений». ГО рекомбинирует новое поколение для поиска оптимального решения, используя три оператора: оператор воспроизведения, оператор скрещивания и оператор мутации. Оператор воспроизведения отсеивает значения с низким значением

функции соответствия и заменяет их новыми значениями после выполнения операторов скрещивания и мутации. Оператор скрещивания отвечает за создание новых значений, создавая их при учете особенностей предшественников. Оператор мутации отвечает за случайные отклонения в «генах» значений, оператор принимается как вероятностное значение в интервале от 0 до 1.

Итак, используя вышеописанные механизмы, можно построить процедуру оптимизации. Алгоритм состоит из нескольких этапов. На начальном этапе производится инициализация параметров: устанавливается начальный коэффициент усиления водяного знака, размер массива начальных данных, значение параметра мутации, количество итераций. На следующем этапе производится генерация начальных данных, определяемых начальными значениями, при помощи процедуры генерации водяного знака. Для каждого отдельного значения создается отдельный водяной знак. Далее производится вычисление прозрачности водяного знака для человеческого глаза. Следующим шагом является применение к водяному знаку нескольких типичных атак. В их число входят шум Гаусса, сжатие изображения, кадрирование изображения. Эти атаки в целом отражают основные закономер-

ности воздействия на изображение и водяной знак. Далее проводится операция извлечения водяного знака из изображения, чтобы оценить его устойчивость к атакам. Для этого подсчитывается корреляция между исходным водяным знаком и извлеченным из изображения. После этого этапа подсчитывается функция соответствия для каждого значения. Это позволяет отобрать только те значения, у которых это значение соответствия достаточно высоко. Далее строится новый набор значений при помощи операторов скрещивания и мутации. Эта последовательность действий повторяется заданное количество итераций. По итогам выбирается оптимальное значение коэффициента усиления водяного знака и подходящий поддиапазон. В итоге эти значения позволяют создать водяной знак с оптимальным сочетанием прозрачности и устойчивости к атакам на изображения.

Таким образом, предложенный алгоритм оптимизации показывает эффективность применения методов генетического поиска для создания водяных знаков в цифровых изображениях. Дальнейшее усовершенствование алгоритма и его испытания позволят получать в дальнейшем оптимальные решения за меньшее время и с меньшими затратами ресурсов.

#### *Литература:*

1. Arnold M., Shumucker M., Wolthusen S. «Techniques and Applications of Digital Watermarking and Content Protection» — Boston: Artech House Publishers., 2003.
2. Goldberg D. «Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning» — USA: Addison Wesley Professional., 1989.
3. Furth B., Kirovski D., «Multimedia Encryption and Authentications: Techniques and Applications» — USA: Auerbach Publications., 2006.

## Распознавание речи на основе искусственных нейронных сетей

Ле Н.В., магистрант; Панченко Д.П., кандидат технических наук  
Волгоградский государственный технический университет

### **Введение**

Создание естественных для человека средств общения с компьютером является в настоящее время важнейшей задачей современной науки, при этом речевой ввод информации осуществляется наиболее удобным для пользователя способом. Разработка технологии распознавания речи ученые начали с освоения методики выделения информативных признаков, описывающих речевой сигнал. Затем приступили к решению задачи классификации речевых сигналов наборами информативных признаков.

Существуют следующие подходы к выделению информативных признаков, описывающих речевой сигнал:

- метод линейного предсказания;
- спектральный анализ.

Спектральный анализ отличается от линейного пред-

сказания тем, что оценки среднего значения усредненного шума вычитаются из спектра, вычисленного по зашумленным данным.

Наиболее часто употребляются два подхода к классификации и распознаванию:

- мера близости параметров (такая функция называется метрикой);
- нейронные сети.

Второй подход не использует вспомогательных функций, но моделирует процесс распознавания в биологических системах. Этот подход представляется более перспективным в настоящее время.

В системах распознавания речи выделяются две основные подсистемы:

- подсистема предварительной обработки речевых сигналов;

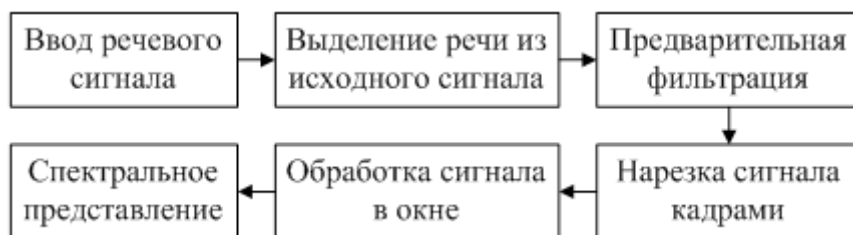


Рис. 1. Схема предварительной обработки речевых сигналов

- подсистема классификации речевых сигналов.

На рис. 1 показана схема предварительной обработки речевых сигналов. В настоящей работе представлены модель распознавания речи на основе искусственных нейронных сетей.

### Модель распознавания речи на основе искусственных нейронных сетей

Пусть речевой сигнал как входные данные нейронной сети. После обработки звуковых данных получен массив сегментов сигналов. Каждый сегмент соответствует набору чисел, характеризующих амплитудные спектры сигнала. Для подготовки к вычислению для сигнала выхода нейронной сети необходимо записать все наборы чисел в таблицу, строка которой — это набор чисел каждого кадра.

Количество входных и выходных нейронов известно. Каждый из входных нейронов соответствует одному набору чисел. А на выходном слое только один нейрон, выход которого соответствует желаемому значению распознавания сигнала.

Где  $x_{qi}$  —  $i$ -е входное значение  $q$ -го набора чисел;

$y_j$  — выход  $j$ -го нейрона слоя;

$\omega_{ij}$  — весовой коэффициент связи, соединяющей  $i$ -й нейрон с  $j$ -м нейроном;

$\omega_j$  — весовой коэффициент обратной связи  $j$ -го нейрона;

$\beta_j$  — смещение  $j$ -го нейрона слоя.

Для вычисления выхода нейронной сети необходимо выполнить следующие последовательные шаги:

Шаг 1: Инициализировать все контексты всех нейронов скрытого слоя  $x_j = 0$ .

Шаг 2: Подать первый набор чисел на вход нейронной сети  $x_1 = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1I})$ . Вычислить для него выходы скрытого слоя.

$$y_j = f\left(\sum_{i=1}^I \omega_{ij}x_{1i} + \beta_j + \omega_j x_j\right)$$

где  $f(x)$  — нелинейная активационная функция

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-\alpha y_j}}$$

Шаг 3: Если текущий набор чисел не является последним, то переход на шаг 5, иначе переход на шаг 4.

Шаг 4: Записать выходы нейронов скрытого слоя на контексты  $x_j = y_j$ , где  $j = 1, \dots, J$ . Переход к шагу 2 для следующего набора чисел.

Шаг 5: Вычислить выход нейрона выходного слоя.

$$y_k = f\left(\sum_{j=1}^J \omega_{jk}y_j + \beta_k\right)$$

Рассмотрим задачу, которая состоит в распознавании чисел от 0 до 9. Для распознавания одного числа нужно построить собственную нейронную сеть. И так должно построить 10 нейронных сетей. Надиктована база из 250 слов (числа от 0 до 9) с различными вариациями произ-

Таблица 1

Описание набора признаков речевого сигнала

Кадр	1-е значение	2-е значение	...	I-е значение
1-й кадр	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1I}$
2-й кадр	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2I}$
...	...	...	...	...
N-й кадр	$x_{N1}$	$x_{N2}$	...	$x_{NI}$

$I$  — Количество значений одного набора чисел

$N$  — Количество наборов чисел (кадр сигнала после нарезки)

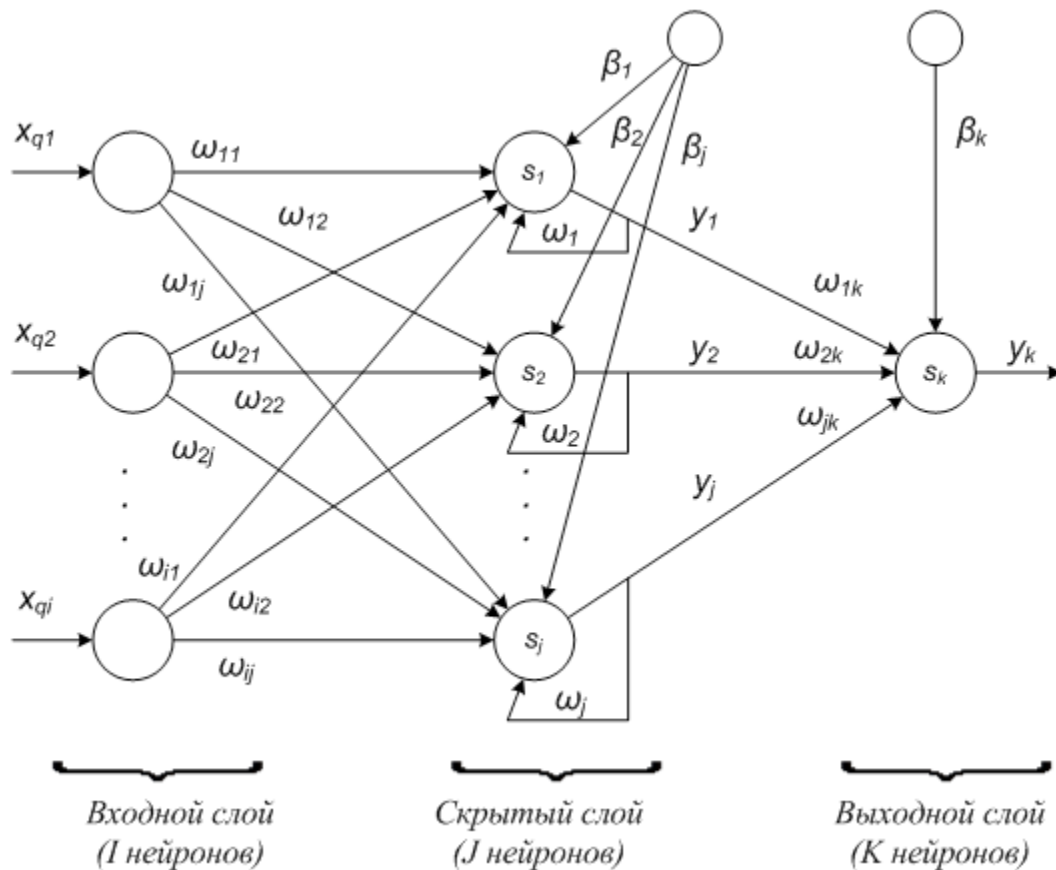


Рис. 1. Структура нейронной сети с одной обратной связью

ношения. База случайным образом разделялась на две равные части — обучающую и тестирующую выборки. При обучении нейронной сети распознаванию одного числа, например 5, желаемый выход этой нейронной сети должен быть единицей для обучающей выборки с числом 5, а остальные — нулю.

Обучение нейронной сети осуществляется путем последовательного предъявления обучающей выборки, с одновременной подстройкой весов в соответствии с определенной процедурой, пока ошибка настройки по всему множеству не достигнет приемлемого низкого уровня. Функции ошибки в системе будет вычисляться по следующей формуле:

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (y_{ki} - d_i)^2$$

где  $N$  — количество обучающих выборок, обработанных нейронной сетью примеров;

$y_{ki}$  — реальный выход нейронной сети;

$d_i$  — желаемый (идеальный) выход нейронной сети.

Для каждого слова из тестовой выборки реальные выходы вычисляются 10 нейронными сетями распознавания разных чисел. Нейронная сеть, которая имеет максимальное выходное значение, и является нейронной сетью распознавания данного слова. И слово, распознанное нейронной сетью, является результатом распознавания.

### Применение генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей

Алгоритм обучения нейронной сети: необходимо произвести итерационную подстройку матрицы весов, постепенно уменьшая ошибку в векторах на выходе. Для обучения данной нейронной сети не может использоваться алгоритм с обратным распространением ошибки и его аналоги. Впервые в 1989 году Дэвид Монтана и Лоуренс Дэвис использовали генетические алгоритмы в качестве средства подстройки весов скрытых и выходных слоев для фиксированного набора связей.

Рассмотрим как используются генетические алгоритмы для подстройки весов скрытых и выходных слоев. Каждая хромосома (нейронная сеть) представляет собой вектор из весовых коэффициентов. Хромосома

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n) = (\omega_{11}, \omega_{12}, \dots, \omega_{1J}, \omega_1, \omega_{21}, \omega_{22}, \dots, \omega_J, \omega_{J1}, \omega_{J2}, \dots, \omega_{JK})$$

состоит из генов  $a_i$ , которые могут иметь числовые значения. Приспособленность соответствует функции ошибки  $E$ .

Популяцией называют набор хромосом (решений). Эволюция популяций — это чередование поколений, в которых хромосомы изменяют свои признаки, чтобы каждая новая популяция наилучшим способом приспособилась к задаче.



сабливалась к внешней среде.

Для генерации новых популяций к начальной популяции применяются основные генетические операторы:

- Оператор селекции осуществляет отбор хромосом в соответствии со значениями их функции приспособленности.
- Оператор скрещивания определяет передачу признаков родителей потомкам.
- Оператор мутации предназначен для того, чтобы поддерживать разнообразие особей популяции.
- Оператор инверсии заключается в том, что хромосома делится на две части, и затем они меняются местами.

Теперь, зная как интерпретировать значения генов, перейдем к описанию функционирования генетического алгоритма. Рассмотрим схему функционирования генетического алгоритма в его классическом варианте.

Шаг 1: Инициализировать начальный момент времени  $t=0$ . Случайным образом сформировать начальную популяцию, состоящую из особей.

Шаг 2: Вычислить приспособленность каждой особи и популяции в целом. Значение этой функции определяет, насколько хорошо подходит особь, описанная данной хромосомой, для решения задачи.

Шаг 3: Выбрать одну особь из популяции.

Шаг 4: С определенной вероятностью скрещивания выбрать вторую особь из популяции и произвести оператор скрещивания над двумя хромосомами.

Шаг 5: С определенной вероятностью мутации выполнить оператор мутации над новой хромосомой.

Шаг 6: С определенной вероятностью инверсии выполнить оператор инверсии над новой хромосомой.

Шаг 7: Поместить полученную хромосому в новую популяцию.

Шаг 8: Если выполнилось условие останова, то завершить работу, иначе увеличить номер текущей эпохи  $t=t+1$  и переход на шаг 3.

Наибольшую роль в успешном функционировании алгоритма играет этап отбора родительских хромосом на шагах 3 и 4. Другой важный момент — определение критериев останова.

### Заключение

В результате проделанной работы предложена модель распознавания речи на основе искусственных нейронных сетей. Так же в настоящий момент разрабатывается подход обучения нейронной сети с применением генетического алгоритма. Данный подход будет реализован в системе распознавания чисел. Подходит к реализации системы распознавания отдельных голосовых команд. Также планируется разработать системы автоматического распознавания ключевых слов из потока речи, которые связаны с обработкой телефонных вызовов или сферой безопасности.

### Литература:

1. Компьютерное распознавание и порождение речи. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://speech-text.narod.ru/chap3.html>
2. Маркова, В.А. Сети Джордана и Элмана. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://i-intellect.ru/articles-of-neural-networks/jordans-and-elmsans-networks.html>
3. Стариков, А. Генетические алгоритмы — математический аппарат. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.basegroup.ru/library/optimization/ga\\_math/](http://www.basegroup.ru/library/optimization/ga_math/)

## Разработка концепции информационно-аналитической системы для прогнозирования развития сельскохозяйственных организаций

Нардин Д.С., ст. преподаватель; Ревякин П.И., аспирант  
Омский государственный аграрный университет

Сельское хозяйство — это специфическая отрасль народного хозяйства, основной особенностью которой является существенная зависимость результатов экономической деятельности субъектов хозяйствования не только от организационно-экономических, но и от природно-климатических факторов. Вопросы прогнозирования развития сельскохозяйственных организаций являются на сегодняшний момент актуальными, что обусловлено рядом факторов, в т.ч. значением сельскохозяйственного производства для обеспечения продовольственной безо-

пасности страны, социальным аспектом аграрного производства.

Не смотря на актуальность затронутой темы, на сегодняшний день система прогнозирования показателей деятельности сельскохозяйственных организаций не является достаточно отработанной. Недостатки системы проявляются в сложностях применения современных методик прогнозирования, основанных на передовых статистических методах исследования и анализа, в отсутствии комплексного подхода к анализу совокупности факторов,

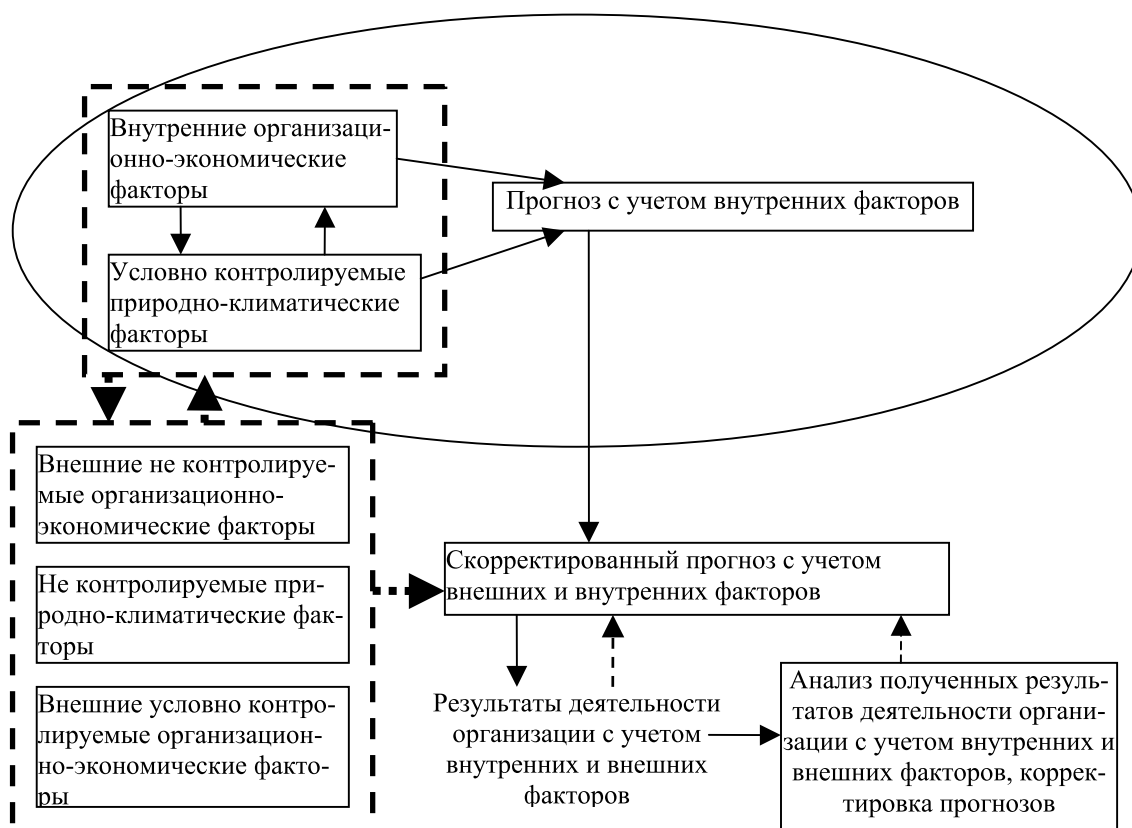


Рис. 1. Схема построения прогноза развития сельскохозяйственной организации с использованием информационно-аналитической системы

оказывающих или способных оказать влияние на результаты анализа. Кроме того, на сегодняшний день на рынке практически отсутствуют информационные аналитические системы, позволяющие автоматизировать процесс прогнозирования развития сельскохозяйственных организаций.

Целью данной статьи является определение концепции построения информационно-аналитической системы, позволяющей осуществлять прогнозирование развития сельскохозяйственных организаций с учетом перечисленных выше факторов.

Основной задачей информационно-аналитической системы является прогнозирование деятельности сельскохозяйственной организации. Процесс прогнозирования в данном случае можно представить в виде совокупности следующих действий:

- 1) анализ текущего состояния организации;
- 2) выявление факторов, оказывающих или способных в будущем оказать влияние на деятельность организации;
- 3) определение взаимосвязи между выявленными факторами;
- 4) выявление характера и степени взаимного влияния факторов;
- 5) построение компьютерной информационной модели деятельности организации с включением в нее выявленных факторов и взаимодействий факторов;
- 6) анализ достоверности модели, анализ ее соответствия реальному объекту (организации);

7) корректировка модели;

8) моделирование влияния различных факторов на деятельность организации;

9) анализ результатов моделирования, составление прогнозов, проверка прогнозов на устойчивость и реальность.

Все перечисленные этапы прогнозирования должны найти свое отражение в разрабатываемой информационно-аналитической системе. Только в этом случае возможно соблюдение принципа комплексности в разработке прогнозов. Кроме того, с целью снижения влияния человеческого фактора на результаты прогноза все перечисленные этапы должны быть максимально автоматизированы.

Схематично работа информационно-аналитической системы представлена на рис. 1.

Информационно-аналитическая система для прогнозирования деятельности сельскохозяйственных организаций должна включать в себя следующие элементы.

1 элемент — инструменты анализа достигнутого уровня развития сельскохозяйственной организации. Данный элемент может быть представлен отдельным программным продуктом, который интегрируется в систему и с помощью которого возможно в автоматизированном режиме осуществить расчет показателей экономической эффективности и инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной организации. В дальнейшем рассчитанные показатели должны быть использованы при составлении

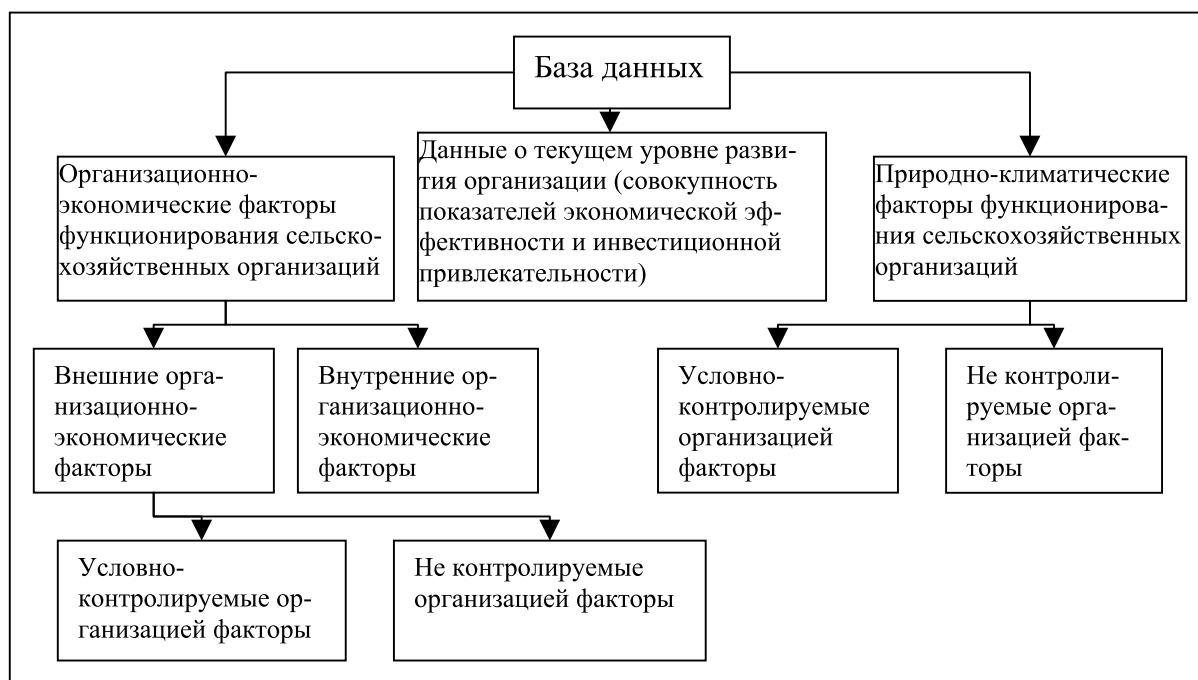


Рис. 2. Общая структура базы данных

модели деятельности организации и при проверке модели на предмет соответствия объекту моделирования.

2 элемент — база данных, ядром которой является организованная совокупность факторов и условий функционирования сельскохозяйственной организации, которые оказывают или могут оказать в будущем влияние на ее деятельность, соответственно, и на результаты прогнозов. Построение базы данных — это отдельная задача, решаемая в рамках создания информационно-аналитической системы. На наш взгляд, для целей прогнозирования развития сельскохозяйственных организаций информация в такой базе данных должна быть структурирована определенным образом (рис. 2).

Данный элемент необходимо реализовать в виде отдельного программного продукта, интегрируемого в информационно-аналитическую систему.

3 элемент — компьютерная информационная модель деятельности организации. Данная модель должна с максимальной возможной точностью отображать набор процессов, протекающих в сельскохозяйственной организации. Информационной основой для построения модели в информационно-аналитической системе должна стать описанная выше база данных. В компьютерной модели необходимо отразить весь возможный набор взаимосвязей между факторами, включенными в базу данных. На наш взгляд такая модель должна строиться с использованием экономико-математических методов линейного программирования. Нелинейные взаимодействия между факторами также должны быть представлены.

Структура предлагаемой модели имеет иерархичный блочный вид, блоки объединяются в каскады на основе либо общих используемых ресурсов (материальных, трудовых, земельных), либо на основе заданной взаимосвязи

«результаты одного блока — исходные данные для расчетов в блоке более высокого уровня». Такое построение компьютерной модели позволит максимально приблизиться к описываемому объекту и получить достоверные результаты анализа.

Модель должна отражать не только финансово-экономические процессы, протекающие в организации. Для адекватного прогнозирования и планирования необходим анализ протекания и технологических процессов, так как они оказывают решающее влияние на деятельность организации.

Данный элемент необходимо реализовать в виде самостоятельного программного продукта, который интегрируется в разрабатываемую информационно-аналитическую систему.

4 элемент — совокупность программных инструментов, осуществляющих анализ и интерпретацию полученных результатов. Данный элемент должен представлять собой набор аналитических и визуальных решений, позволяющих в автоматизированном режиме обрабатывать полученные результаты и формировать отчеты для пользователей системы.

Так как основной задачей информационно-аналитической системы является прогнозирование развития деятельности сельскохозяйственной организации, то конечным продуктом ее работы должен стать прогноз, включающий набор ключевых показателей развития организации на период до 5 лет. Кроме того, система должна выдавать несколько вариантов развития предприятия в зависимости от возможного воздействия неконтролируемых организацией внешних организационно-экономических факторов, а также неконтролируемых природно-климатических факторов.

Важным условием успешного внедрения системы в сельскохозяйственных организациях является ее совместимость с программными продуктами, которые используются для автоматизации учета, финансового планирования.

Отличительной особенностью предлагаемой информационно-аналитической системы является комплексный подход к анализу максимально возможного набора как формализуемых, так и не формализуемых факторов, оказывающих влияние на деятельность сельскохозяйственной организации.

#### Литература:

1. Белов В.С. Информационно-аналитические системы: учеб. пособие / В.С. Белов. — М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. — 116 с.
2. Помогаев В.М., Нардин Д.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности предпринимательских структур в аграрном секторе // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 9, 2009 г., С. 92–96.
3. Нардин Д.С. Модель оценки экономической эффективности предпринимательской деятельности в аграрной сфере // Ежемесячный научный журнал «Молодой ученый», №8, 2009 г., С. 81–84.

## Анализ внедрения программного средства в ООО «Информсервис» с целью повышения уровня продаж СПС «КонсультантПлюс»

Насейкина Л.Ф., кандидат педагогических наук, доцент; Биктимиров М.С., магистр  
Оренбургский государственный университет

С развитием вычислительной техники появился новый уникальный метод исследования — компьютерный эксперимент. В помощь, а иногда и на смену экспериментальным образцам и испытательным стендам во многих случаях пришли компьютерные исследования моделей. План эксперимента должен четко отражать последовательность работы с моделью. В плане должен быть предусмотрен эксперимент или серия экспериментов, удовлетворяющих целям моделирования. Каждый эксперимент должен сопровождаться осмыслением итогов, что служит основой анализа результатов моделирования и принятия решений.

Компания «Информсервис» занимается реализацией Справочно-правовой системы (СПС) «КонсультантПлюс». Эта система предназначена для помощи в работе различных специалистов по использованию правовой информации. Таким образом, данное программное средство может быть использовано в различных сферах деятельности (экономической, юридической и др.) в зависимости от потребностей пользователей. Исходя из этого компания «Информсервис» реализует различные версии системы «КонсультантПлюс». К таковым относятся «Комплект кадровика», «Бухгалтерский комплект», «Юридический комплект», «Аудиторский комплект». Необходимо отметить, что в настоящий момент, данное программное средство пользуется большой популярностью

Построенные с использованием системы прогнозы и планы развития организации будут экономически обоснованными и адаптированными к условиям конкретного предприятия. Предлагаемая информационно-аналитическая система может стать эффективным инструментом в прогнозировании и планировании деятельности сельскохозяйственных организаций, существенно повысить достоверность и устойчивость планов и прогнозов, что положительно отразится на экономической эффективности деятельности предприятий.

среди широкого круга заказчиков. Его приобретают как частные лица, так и организации.

При анализе спроса на СПС «Консультант Плюс» за последние семь лет, уровень продаж до 2009 года имеет незначительный непрерывный рост. Отсюда необходимым является изучить уровни спроса, влияющие на продажу СПС «КонсультантПлюс».

Целью эксперимента в данной работе является оценка эффективности внедрения программного средства с целью повышения дохода.

Для реализации статистического метода анализа скачиваемых версий Справочно-правовой системы «КонсультантПлюс», был применен корреляционно — регрессионный анализ [1]. В качестве параметров были выбраны:  $x_1$  — число скачиваемых бухгалтерских версий программы,  $x_2$  — число скачиваемых юридических версий программы,  $x_3$  — число скачиваемых программ версий кадровика,  $x_4$  — число скачиваемых аудиторских версий программы. В качестве  $y$  — общая сумма прибыли от всех скачиваемых файлов.

Была взята статистика спроса на программное средство СПС «КонсультантПлюс» по сорока неделям до внедрения Web-сайта в эксплуатацию. Построена таблица сформированности спроса различных комплектов СПС по уровням, представленная в таблице 1.

Были выделены 5 уровней спроса на комплекты программного средства:

Таблица 1

Соотношение сформированности уровня спроса различных комплектов программного средства  
(начальный этап эксперимента)

Уровни спроса	Бухгалтерский комплект	Юридический комплект	Комплект кадровика	Аудиторский комплект	Среднее значение
«Высокий»	1	1	2	0	1
«Выше среднего»	4	3	1	2	3
«Средний»	13	14	17	17	15
«Ниже среднего»	16	14	14	17	15
«Низкий»	6	8	6	4	6

— высокий уровень — от 80 до 100 числа заказов за 40 недель;

— выше среднего уровень — от 60 до 80 числа заказов;

— средний уровень — от 40 до 60;

— ниже среднего уровень — от 20 до 40;

— низкий уровень — до 20 заказов за 40 недель.

По результатам начального этапа эксперимента, т.е. данных до внедрения программного средства в эксплуатацию, нами было выявлено, что уровень продаж программного средства «КонсультантПлюс» находился на среднем — ниже среднего уровнях. Соответственно прибыль компании не высокая. Следовательно, требуются меры по повышению прибыли.

Также провели анализ выявления факторов —  $x_1, x_2, x_3, x_4$ , влияющих на параметр  $y$ . Было получено уравнение регрессии имеющий вид  $y = 634.099 + 6.456x_1 + 5.248x_2 + 1.801x_3 + 0.246x_4$ . Полученный результат позволяет сделать вывод о том, что наибольшее влияние на прибыль, функцию отклика  $y$ , следовательно, в нашем случае наибольший вклад оказывали коэффициенты  $x_1$  и  $x_2$ . То есть сумма прибыли от всех скачиваемых версий СПС «КонсультантПлюс» зависели в большей степени от числа скачиваемых бухгалтерских версий программы и числа скачиваемых юридических версий программы. В меньшей степени зависели от числа скачиваемых версий кадровика и аудиторских версий программы.

Своевременное создание Web-сайта и введение его в эксплуатацию способствовало улучшению результатов проводимой опытно-экспериментальной работы. В раз-

работанном Web-сайте реализована возможность дистанционной установки пакета «КонсультантПлюс» с последующим сопровождением в оперативном режиме. А также реализовано прогнозирование влияния продаж различных комплектов СПС «КонсультантПлюс» на прибыль компании, для принятия решения, на каком комплекте программы необходимо больше акцентировать внимание для ее продвижения на рынок. С целью повышения прибыли компании «Информсервис» была разработана математическая модель прогнозирования продаж СПС «КонсультантПлюс» различного кругу пользователей.

Так, при итоговом этапе уровень спроса увеличился, что соответствует уровню «выше среднего», представленное в таблице 2. По результатам итогового этапа эксперимента прослеживается динамика роста уровня продаж программного средства «КонсультантПлюс».

После проведения итогового эксперимента по внедрению программного средства, было получено уравнение регрессии имеющий вид  $y = 1469.606 + 9.556x_1 + 8.106x_2 + 2.573x_3 + 1.027x_4$ . Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наибольшее влияние на функцию отклика  $y$ , следовательно, в нашем случае наибольший вклад оказывают коэффициенты  $x_1$  и  $x_2$ . То есть сумма прибыли от всех скачиваемых версий СПС «КонсультантПлюс» зависит в большей степени от числа скачиваемых бухгалтерских версий программы и числа скачиваемых юридических версий программы.

После сравнения результатов «До внедрения» и «После внедрения» программного средства — Web-сайт

Таблица 2

Соотношение сформированности уровня спроса различных комплектов программного средства  
(итоговый этап эксперимента)

Уровни спроса	Бухгалтерский комплект	Юридический комплект	Комплект кадровика	Аудиторский комплект	Среднее значение
«Высокий»	4	2	13	7	7
«Выше среднего»	11	13	8	17	12
«Средний»	15	9	15	12	13
«Ниже среднего»	8	11	3	4	7
«Низкий»	2	5	1	0	2

Таблица 3.

Расчет критерия «хи-квадрат»

Уровень	Количество		f1 - f2	(f1 - f2) <sup>2</sup>	f1 + f2	(f1 - f2) <sup>2</sup> / f1 + f2
	начало f1	окончание f2				
Высокий	1	7	-6	36	8	4,5
Выше среднего	3	12	-9	81	15	5,4
Средний	15	13	2	4	28	0,1
Ниже среднего	15	7	8	64	22	2,9
Низкий	6	2	4	16	8	2
Количество данных	40	40	T <sub>набл</sub>			14,9
			T <sub>кр</sub>			5,9

компании «Информсервис, прослеживается потенциальная динамика увеличения заказов. Число продаж на бухгалтерские и юридические комплекты, по сравнению с предыдущими годами значительно повысилось, также сохранилась тенденция превышающая уровень продаж именно этих комплектов СПС «КонсультантПлюс».

Успешность внедрения Web-сайта в компанию «Информсервис» для автоматизации продажи пакета «КонсультантПлюс» и прогнозирования будущих продаж различных версий программного продукта на прибыль компании в данном экспериментальном исследовании подтвердилось с помощью критерия Пирсона («хи-квадрат» ( $X^2$ )) [2].

Критерий Пирсона не доказывает справедливость гипотезы, а лишь устанавливает на принятом уровне значимости ее согласие или несогласие с данными наблюдений. Если различия в уровнях продаж программного продукта «КонсультантПлюс» на начало и на конец эксперимента существенно, то есть  $T_{набл}$  больше  $T_{кр}$  при уровне статистической значимости  $p < 0.05$ , то согласно критерия «хи-квадрат», оно не может быть объяснено случайными

причинами, а является следствием специально организованной деятельности.

А это значит, говорит об эффективности разработанного программного средства Web-сайта для автоматизации продажи пакета «КонсультантПлюс» и прогнозирования будущих продаж различных версий программного продукта на прибыль компании.

Критерий  $X^2$  был вычислен по формуле (1):

$$X^2 = \frac{(f_1 - f_2)^2}{f_1 + f_2}, \quad (1)$$

где  $f_1, f_2$  — частоты двух сопоставляемых выборок.

Результаты вычисления критерия  $X^2$  отражены в таблице 3.

Из таблицы видно, что  $T_{набл.} > T_{крит.}$  Нулевая гипотеза отклоняется на пятипроцентном уровне значимости и принимается альтернативная, на основании чего мы имеем право считать, что уровень продаж по окончании эксперимента выше, чем на начальном этапе.

В результате анализа было получено, что различия в коэффициентах являются значимыми, это является следс-

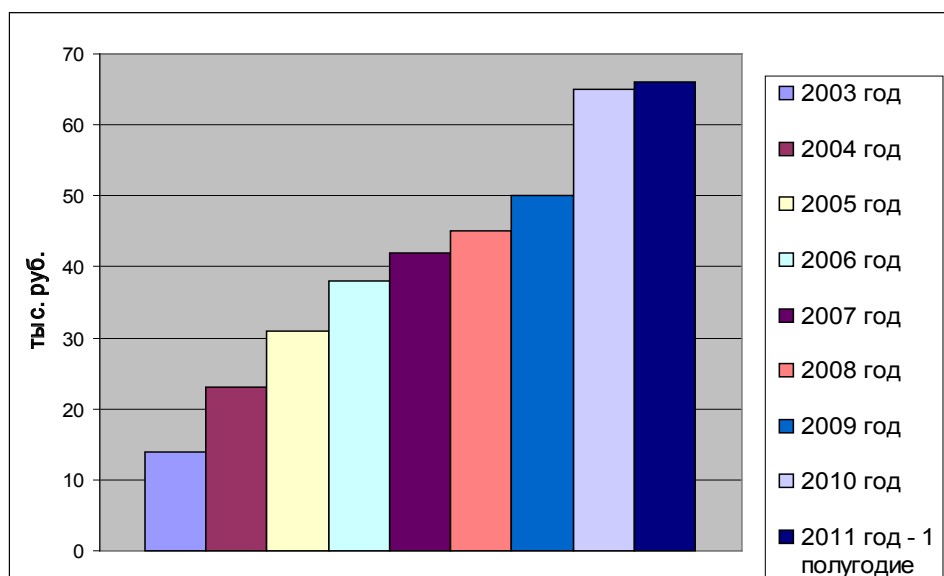


Рис. 1. Количество продаж программного продукта СПС «КонсультантПлюс» по годам



твием внедрения в деятельность компании Web-сайта.

В разработанном Web-сайте реализована возможность дистанционной установки пакета «КонсультантПлюс» с последующим сопровождением в оперативном режиме.

Также был проведен эксперимент с помощью критерия Пирсона или, как его иначе называют, критерий  $\chi^2$  (хи-квадрат). Результаты формирующего этапа эксперимента

подтвердили наше предположение о возможном повышении уровня продаж при автоматизации продажи пакета «КонсультантПлюс», следовательно, значительно повысился уровень прибыли компании.

Как видно на рисунке 1 в 2010–2011 (1 полугодие) гг. повысился уровень продаж. Таким образом, опытно-экспериментальная работа достигла цели.

#### *Литература:*

1. Костин В.Н., Н.А. Тишина. Статистические методы и модели: учеб. пособие для вузов — Оренбург: ОГУ, 2004. — 138 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов — 9-е изд., М.: Высш. шк., 2003. — 479 с. : ил.

## **Метод оптимизации модели мобильного робота для системы эволюционного моделирования**

Нго К.Х. магистрант, Шабалина О.А., кандидат технических наук, доцент  
Волгоградский государственный технический университет

Эволюционные алгоритмы широко применяются на этапе конструирования мобильных роботов. В результате работы алгоритмов получаются файлы с моделями. Модель представляет собой структуру мобильного робота, которая описывается с двух точек зрения: с точки зрения кинематической структуры, с точки зрения системы управления.

Проанализировав эволюционные системы, установлено, что в модели робота существуют избыточные компоненты, что приводит к следующим недостаткам:

- отсутствие средств анализа моделей;
- большие временные затраты для анализа модели;
- неудобство визуализации модели в пространстве.

Таким образом, с учетом выявленных недостатков, необходимо разработать иную систему для оптимизации моделей, полученных в результате работы эволюционных методов. В этой системе необходимо использовать методы оптимизации для повышения эффективности работы системы эволюционного моделирования:

- разработка подсистемы анализа моделей;
- минимизация количества вершин и связей;
- минимизация площади изображения;
- минимизация вершин, влияние которых на выходные значения не превышает заданной погрешности.

В результате работы был написан модуль, позволяющий:

- визуализировать модели мобильных роботов на графе;
- осуществлять «слепые» вершин (вершины, не имеющие путей к выходным вершинам);
- отсечь вершины, влияние которых на выходные значения не превышает заданной погрешности.

### ***Разработка модуля оптимизации модели мобильных роботов***

В процессе автоматизированного синтеза, система выполняет три главные функции: оптимизация модели робота, визуализация модели мобильных роботов, сохранение файла после оптимизации.

В системе реализованы следующие основные функции:

1. Оптимизация модели робота
  - отсечение маловажных вершин — вершин, не имеющих путей к выходным вершинам;
  - отсечение вершин, влияние которых на выходные значения не превышает заданной погрешности.
2. Визуализация модели мобильных роботов
  - изображать на 2D-графике модели робота с характеристиками и изображениями и связи между ними;
  - изображать на матрице смежности количество связей между двумя моделями;
  - изображать на матрице инцидентий направление связей.

### ***Визуализация модели мобильных роботов на графе***

При изображении графов чаще всего используется следующая система обозначений: каждой вершине сопоставляется точка на плоскости, и если между вершинами существует ребро, то соответствующие точки соединяются отрезком. В случае ориентированного графа отрезки заменяют стрелками.

Не следует путать изображение графа с собственно графом (абстрактной структурой), поскольку одному графу можно сопоставить не одно графическое пред-

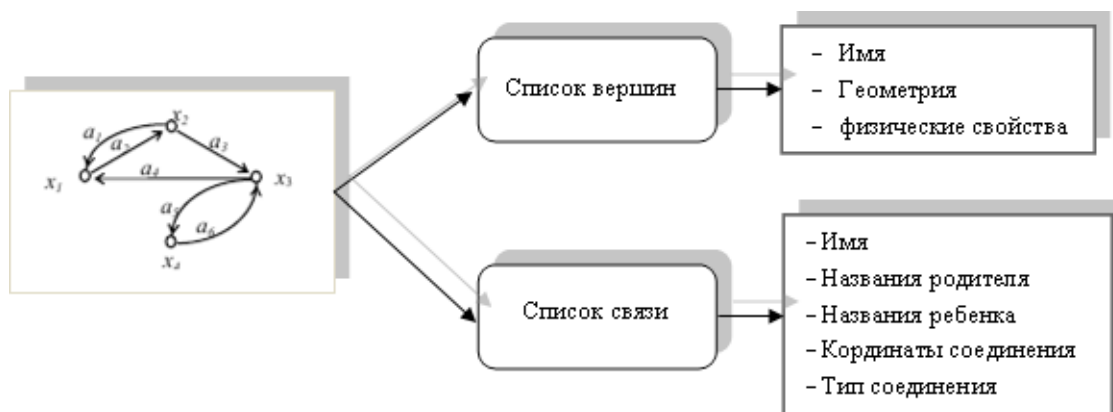


Рис. 2. Структура описания визуализация графов

ставление. Изображение призвано лишь показать, какие пары вершин соединены рёбрами, а какие — нет. Часто на практике бывает трудно ответить на вопрос, являются ли два изображения моделями одного и того же графа или нет. В зависимости от задачи, одни изображения могут давать более наглядную картину, чем другие.

Система должна прочитать из исходных файлов список вершин и список связей, такие списки будут изображаться на матрице смежности и на матрице инцидентий, после этого система должна расположить вершины и связи на графе.

Визуализация графов отображает связи между элементами роботов, т.е. на графе должен описать элементы

роботов, включающие параметры, физический размер и связи между элементами — результаты присоединения.

Для визуализации графов необходимо узнать:

- количество связей между двумя моделями;
- направление связей.

При решении этой задачи используются следующие способы описания графа: матрица инцидентий, матрица смежности.

Графы, как правило, отображаются графически при помощи точек для представления вершин и отрезков, или ломаных, для отображения рёбер между связанными вершинами. Ориентация ребра отображается при помощи стрелки. Для каждого графа существует множество раз-

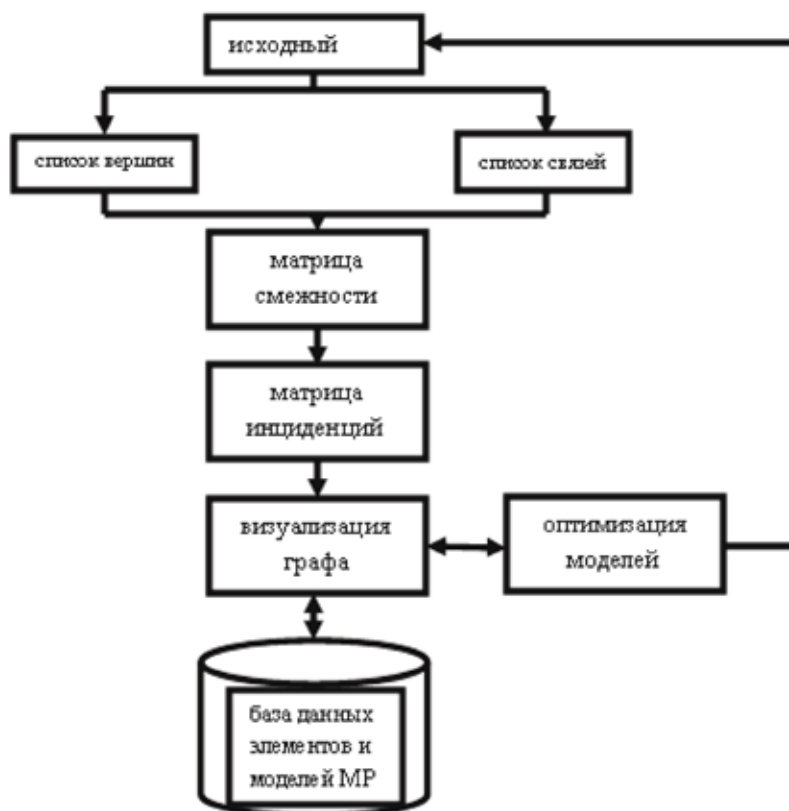
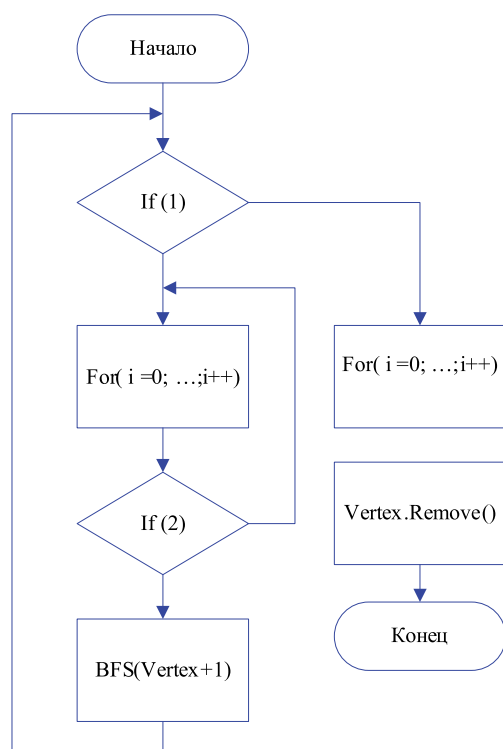


Рис. 3. Подсистема визуализации графов



(1) — Если вершина совпадает с конечной вершиной.  
 (2) — Если значение вершинные значения равны нулю и вершина непроверенных.

Рис. 4. Метод отсечения «слепых» вершин

личных способов его отображения. Более конкретно, важно расположение этих вершин и рёбер, удобство восприятия, использования, стоимость создания и эстетические критерии.

### Оптимизации модели робота

Дан ориентированный граф  $G$ , множество вершин которого  $V$  и множество рёбер —  $E$ . Петли и кратные рёбра допускаются. Обозначим через  $n$  — количество вершин графа, через  $m$  — количество рёбер. Требуется найти все пути между двумя заданными вершинами и отсечение вершин, не имеющих путей к выходным вершинам.

Как известно, имеет значение выбор критерия оптимальности. При решении этой задачи в зависимости от цели можно опираться на различные критерии оптимальности. Мы исследовали технические, эстетические и др. критерии. Исходя из этого, чтобы соответствовать требованиям этой задачи, мы выбрали следующие критерии:

- минимизации избыточных компонентов, которые не имеют путей к выходным компонентам;
- минимизация компонент, влияние которых на выходные значения не превышает заданной погрешности;
- минимизация площади изображения.

В соответствии с этими критериями модуль оптимизации модели робота должен выполнять следующие функции:

- отсечение «слепых» вершин — вершин, не имеющих путей к выходным вершинам;
- отсечение вершин, влияние которых на выходные значения не превышает заданной погрешности.

Метод отсечения «слепых» вершин — это процедура

нахождения всех путей между двумя заданными вершинами. Мы используем алгоритм поиска в ширину (обход в ширину, breadth-first search) — это один из основных алгоритмов на графах.

Алгоритм работает за  $O(n + m)$ , где  $n$  — число вершин,  $m$  — число рёбер.

На вход алгоритма подаётся заданный граф и номер стартовой вершины  $s$ . Граф может быть как ориентированным, так и неориентированным, для алгоритма это не важно.

Сам алгоритм можно понимать как процесс «поджигания» графа: на нулевом шаге поджигаем только вершину  $s$ . На каждом следующем шаге огонь с каждой уже горячей вершины перекидывается на всех её соседей; т.е. за одну итерацию алгоритма происходит расширение «кольца огня» в ширину на единицу (отсюда и название алгоритма).

Более строго это можно представить следующим образом. Создадим очередь  $q$ , в которую будут помещаться горящие вершины, а также заведём булевский массив  $used[]$ , в котором для каждой вершины будем отмечать, горит она уже или нет (или иными словами, была ли она посещена).

Изначально в очередь помещается только вершина  $S$ , и  $used[s] = true$ , а для всех остальных вершин  $used[s] = false$ . Затем алгоритм представляет собой цикл: пока очередь не пуста, достать из её головы одну вершину, просмотреть все рёбра, исходящие из этой вершины, и если какие-то из просмотренных вершин ещё не горят, то поджечь их и поместить в конец очереди.

В результате поиска в ширину находятся все пути между двумя заданными вершинами в ориентированном графе.

*Литература:*

1. Робототехника [Электронный ресурс]. — 2006. — Режим доступа: <http://www.prorobot.ru/12/robot-it-is.php>
2. Робот [Электронный ресурс]. — 2008. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82>
3. Робот для программиста [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа: [http://robot.paccbet.ru/robot\\_for\\_programmer.php.htm](http://robot.paccbet.ru/robot_for_programmer.php.htm)
4. Алгоритм поиска пути для роботов [Электронный ресурс]. — 2007. — Режим доступа: [http://robot.paccbet.ru/robot\\_path.php.htm](http://robot.paccbet.ru/robot_path.php.htm)
5. Финн, В.К. Правдоподобные выводы и правдоподобные рассуждения / В.К.Финн. — М.: ВИНТИ, 1988. — Т. 28. — 180 с. — (Итоги науки и техники. Сер. «Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика»).
6. Искусственный интеллект. В 3 т. Т. 2. Модели и методы: справочник / под ред. Д.А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990. — 304 с.

## Обзор bluetooth-атак на мобильные устройства, использующих уязвимости алгоритмов шифрования

Пихтулов А.А., аспирант; Михайлов Д.М., кандидат технических наук, доцент  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

### Введение

Технология Bluetooth все активнее используется в целях осуществления различных атак и распространения вирусов. Сама технология и стек протоколов содержат ошибки и являются удобным способом проникновения в мобильный телефон через обнаруженные уязвимости. Несовершенство механизмов защиты передаваемой через Bluetooth информации и, в частности, алгоритмов шифрования, дает в руки злоумышленников все новые и новые возможности.

В настоящее время известно более полутора десятка возможных атак, использующих уязвимости Bluetooth на разных уровнях протокола связи [1,2]. Алгоритмы шифрования, используемые при аутентификации и передаче информации между устройствами имеют некоторые уязвимости. Из известных атак, использующих эти уязвимости можно выделить атаки со взломом PIN-кода и корреляционную атаку. Рассмотрим их более подробно.

### Атака со взломом PIN-кода

Данная атака заключается в обнаружении PIN-кода, защищающего Bluetooth-соединение. Она проводится злоумышленником для того, чтобы он мог беспрепятственно расшифровывать все сообщения, передаваемые по Bluetooth, а также с легкостью обходить режим аутентификации, получая доступ к устройству [1–3].

Данная атака на Bluetooth-устройство может иметь несколько реализаций. Первая реализация в основе своего подхода имеет человеческий фактор, вторая же основана на математических алгоритмах.

### Атака со взломом PIN-кода с использованием человеческого фактора

PIN-код, используемый для защиты соединения, большинством пользователей не меняется, так как они не знают о существовании шифрования данных и о необходимости защиты своего Bluetooth-соединения. Именно поэтому для атаки на Bluetooth-соединение остается лишь попробовать осуществить подключение, используя PIN-код по умолчанию. Для мобильных устройств это, как правило, 0000. Кроме того, для большинства устройств PIN-код по умолчанию легко обнаружить, просмотрев соответствующую общедоступную документацию.

Существуют устройства, в которых PIN-код установлен на заводе, и его нельзя изменить, тогда взломщику нужно лишь найти опубликованный список таких PIN-кодов [1].

Так, в большинстве программ злоумышленники используют следующий код для подбора PIN-кода на основе человеческого фактора.

```
SWITCH: for ($bdaddr) {  
    /00:02:EE/ && do { $pin=«5475»; last; }; // Nokia  
    /00:0E:9F/ && do { $pin=«1234»; last; }; // Audi  
    UNV  
    /00:80:37/ && do { $pin=«8761»; last; }; // O'Neil  
    /00:0A:94/ && do { $pin=«1234»; last; }; // Cellink  
    /00:0C:84/ && do { $pin=«1234»; last; }; // Eazix  
    $pin=«0000»;  
}
```

В данном примере рассматривается псевдокод без привязки к какому либо языку программирования.

Как видно из данного примера, программа злоумышленника основана на факте, что большинство производителей для всех своих устройств выбирают PIN-код по

умолчанию. Программа, определив адрес устройства, просто выбирает из таблицы соответствий код по умолчанию. Так же из данного примера видно, что большинство производителей выставляют PIN-код, равный 0000 [3].

Так как PIN-код переставляет собой комбинацию из четырех цифр, то существует возможность перебора ограниченного множества чисел, в которые входят года рождения атакуемого или памятные для него даты.

#### **Атака со взломом PIN-кода с использованием математических алгоритмов**

Для реализации данной атаки необходимо, чтобы атакующий прослушал все сообщения обмена между двумя устройствами А и В, которые устанавливают соединение. Осуществить такой перехват не составляет труда. Таким образом, злоумышленник от прослушивания должен получить сообщения, представленные в таблице 1.

Теперь злоумышленник может перейти к взлому значения PIN. Атакующий может пронумеровать все возможные значения PIN-кода. Так как атакующий знает значения IN\_RANDOM и BD\_ADDR, то он может запустить механизм шифрования E22, подав ему на вход подозреваемый PIN, и получить возможное значение ключа инициализации [3].

Далее атакующий может использовать этот PIN для того, чтобы расшифровать второе и третье сообщение. Эти сообщения содержат достаточно информации для того, чтобы он мог найти предполагаемый ключ связи. Данные в последних четырех сообщениях могут быть использованы атакующим для проверки верности предположения значения PIN.

Это легко осуществить следующим образом: используя ключ связи и перехваченное сообщение со значением AU\_RAND\_A, атакующий высчитывает значение SRES и сравнивает его с сообщением пять. Такая операция выполняется до тех пор, пока не будет обнаружен правильный PIN-код. Далее значение SRES высчитывается

на основе AU\_RAND\_B и сравнивается со значением сообщения 7 [3].

Как показывает практика, в среднем для взлома такого четырехзначного PIN-кода требуется не более 0.8 секунды при условии использования компьютера с вычислительной мощностью, аналогичной Pentium III 450MHz.

В результате выполнения данной атаки злоумышленник может осуществить прослушивание всего трафика, передаваемого между устройствами Bluetooth. Такое прослушивание при получении PIN-кода будет возможно даже в случае, если осуществляется шифрование трафика.

Для того чтобы защититься от атаки на PIN-код, прежде всего, необходимо со всей ответственностью подходить к механизму защиты соединения Bluetooth, то есть выполнять следующие требования:

- Всегда менять установленный по умолчанию PIN-код.
- Стараться избегать использования устройств с жестко установленным PIN-кодом.
- Переводить устройства в защищенный на уровне канала режим.
- Стараться не отвечать лишним раз на запрос PIN-кода от незнакомого устройства, так как это соединение может инициировать злоумышленник.
- Не переводить устройства в режим работы, когда каждое соединение с устройством должно сопровождаться вводом PIN-кода, так как такой режим лишь создает видимость безопасности.

#### **Корреляционная атака**

Корреляционная атака принадлежит классу атак со знанием содержимого шифровки (known-plaintext attack), то есть атакующий знает или может угадать содержимое всего или части зашифрованного текста. Данная атака используется для взлома поточных шифров, чей поток ключей (гамма-последовательность) получается в результате комбинирования выходов нескольких регистров сдвига с линейной обратной связью (LFSR) при помощи

Таблица 1

Перехватываемые злоумышленником сообщения при атаке на PIN-код

№	Источник сообщения	Приемник сообщения	Данные	Длина данных	Пояснения
1	A	B	IN_RANDOM	128 бит	Открытый текст
2	A	B	LK_RAND_A	128 бит	После операции XOR с ключом инициализации
3	B	A	LK_RAND_B	128 бит	После операции XOR с ключом инициализации
4	A	B	AU_RAND_A	128 бит	Открытый текст
5	B	A	SRES	32 бита	Открытый текст
6	B	A	AU_RAND_B	128 бит	Открытый текст
7	A	B	SRES	32 бита	Открытый текст

булевой функции. В основе атаки лежит выявление статистической взаимосвязи между входными данными и выходной последовательностью шифратора. Необходимым условием для проведения данной атаки является наличие значительной корреляции между отдельным LFSR и выходом булевой функции, комбинирующей выходы всех LFSR. Если злоумышленнику известна часть сообщения, значит он знает соответствующую часть гамма-последовательности (как правило гамма-последовательность накладывается на открытый текст с помощью операции XOR), что позволяет, используя полный перебор, получить начальное состояние одного LFSR отдельно от всей системы. Таким образом, если система состоит из четырех регистров с линейной обратной связью длиной 8 бит, то использование вышеописанного подхода позволяет снизить общее количество операций с  $2^{32}$  до  $2^8 + 2^{24}$  [4]. Данную уязвимость можно использовать следующим образом. Допустим, злоумышленнику удалось перехватить шифротекст  $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$  открытого сообщения  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ , которое было зашифровано с помощью генератора гамма-последовательности (ур. 1).

Уравнение 1:

$$c_i = p_i \oplus F(x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}), i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Также допустим, что злоумышленнику известны первые 32 бита сообщения  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_{32}$  — это условие не является столь маловероятным, как может показаться, например, если известно, что открытый текст является XML файлом, то первые 4 ASCII-символа будут «<xml>». Подобным же образом многие форматы файлов и сетевые протоколы имеют стандартные заголовки, которые могут быть легко определены. Обладая вышеописанной информацией, злоумышленник может легко получить первые 32 бита выхода генератора (ур. 1). Для восстановления начального состояния третьего LFSR злоумышленник выбирает некоторый ключ и получает первые 32 бита выхода регистра, после чего сравнивает их с полученными

32 битами выхода генератора. В случае, если ключ выбран верно, то около 24 бит из 32 будут совпадать (75%), в противном случае совпадение будет наблюдаться приблизительно в 16 случаях из 32 (50%). Таким образом, начальное состояние третьего регистра может быть получено отдельно от системы в целом [4].

Выход второго LFSR также в 75% случаев совпадает с выходом генератора, что позволяет получить ключ шифрования, взломав по отдельности каждый из трех регистров сдвига с линейной обратной связью. Необходимо отметить, что возможность проведения корреляционной атаки зависит от того, насколько удачно выбрана комбинирующая функция. До недавних пор данная атака на алгоритм шифрования E0, используемый при передаче информации по Bluetooth, не была применима на практике из-за большого числа требуемых вычислений. Однако, благодаря увеличению вычислительных возможностей технических устройств, эта проблема была решена. Было предложено множество различных способов применения корреляционной атаки на алгоритм E0. На сегодняшний момент лучший из них позволяет вычислить ключ, зная 24 первых бита за  $2^{38}$  операций. Осуществив данную атаку, злоумышленник сможет расшифровать весь передаваемый трафик [4,5].

### Заключение

Описанные атаки эффективны ввиду того, что большинство пользователей не осведомлены об этих угрозах безопасности и не предпринимают рассмотренные пассивные способы защиты от атак. Что касается активных средств защиты от этих атак, в настоящее время не существует каких-либо универсальных средств для их блокировки. Анализ этих уязвимостей может лечь в основу разработки эффективных средств защиты мобильных устройств от рассмотренных угроз.

Литература:

- Д.М. Михайлов, И.Ю. Жуков. Защита мобильных телефонов от атак. — М.: Издательство «ФОЙЛИС», 2010.  
A.F Laurie, M. Holtmann, M. Herfurt., Bluetooth Hacking: The State of the Art. BlackHat Europe, 2006.  
Y. Shaked, A. Wool, Cracking the Bluetooth PIN, School of Electrical Engineering Systems, 2005.  
Y. Lu, S. Vaudenay Faster correlation attack on Bluetooth keystream generator E0.  
Y. Lu, W. Meier, S. Vaudenay Conditional correlation attack: a practical attack on Bluetooth encryption.

## Управление ИТ-рисками при эксплуатации информационных систем

Сингина А.А., магистр; Набока М.В., кандидат технических наук, ст.преподаватель  
Волгоградский государственный технический университет

В настоящее время все большее распространение получают исследования, ориентированные на управление рисками. В нашей работе мы провели анализ существующих инструментов управления рисками и выявили, что

основным подходом к решению данных задач являются методы стратегического уровня, а не уровня операционного менеджмента. Многие компании систематически применяют управление рисками, пытаясь обезопасить



свой бизнес путем прогноза факторов риска в финансовых и инвестиционных проектах. Но с учетом растущей интеграции информационных технологий во все аспекты деятельности предприятий недостаточное внимание бизнес-руководителей, с нашей точки зрения, уделено проведению анализа рисков информационных технологий. Данная область требует особого рассмотрения, т.к. нуждается в применении иных методов и средств управления рисками, в отличие от традиционных стратегических подходов. Таким образом, при выработке стратегии управления рисками для организации, важно получать полную информацию об информационных системах.

Целью данной работы является повышение доступности и качества методов управления рисками для операционных менеджеров в части эксплуатации информационных систем. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) исследование задачи управления рисками информационных технологий (далее — ИТ);
- 2) разработка модели управления ИТ-рисками;
- 3) разработка автоматизированной системы управления ИТ-рисками.

При решении поставленных задач используются системный подход и прием функционального моделирования.

Объектом работы стал процесс управления ИТ-рисками. В нашем исследовании по понятием риска понимается вероятность возникновения ситуации, которая может привести к финансовому ущербу, упущенной выгоде или невозможности достичь поставленной цели [4]. В ходе нашего исследования мы делим ИТ-риски на три категории. Первая — это риски, вызванные действиями персонала. Сюда относится управление доступом к ресурсам, обеспечение его в строгом соответствии с выполняемыми сотрудником функциями и контроль использования ресурсов. Второй тип — риски технологические, куда относятся сбои или отказы оборудования. В рамках управления этим видом рисков обеспечивается непрерывность предоставления пользователям ИТ-сервисов надлежащего качества. Третий тип — риски, связанные с использованием нелегального программного обеспечения. В рамках управления этим видом рисков обеспечивается оптимизация использования программного обеспечения, предотвращения юридических, технологических, деловых рисков.

С позиции системного анализа решение задачи управления ИТ-рисками включает в себя перечень основных этапов, которые можно представить в виде [2]:

$$CP = \langle DO, CT, CC, CO, A \rangle, \quad (1)$$

где

DO — сбор и передача информации об ОУ, а также анализ ОУ (идентификация).

СТ — Выбор цели управления. На данном этапе формируются цели управления и критерии оптимизации управляющего воздействия, в соответствии с текущим состоянием объекта управления. Отметим, что цель управления может изменяться в соответствии с функциональным состоянием объекта управления.

СС — Формирования управлений. В соответствии с целями управления формируются множества допустимых альтернативных управлений. На данном этапе проверяется управляемость ОУ при заданных значениях параметров и целях. Если процесс неуправляем, то постановщику задачи следует пересмотреть процедуры DO и СТ.

СО — Формирования оптимальных управлений. Как правило, процесс управления протекает при условиях ограничивающих значения управляемых переменных и различных критериев оптимизации управления. Оптимальное управленческое решение принимается в условиях многокритериальности и при условии управляемости ОУ.

А — Выдача управляющих воздействий на объект управления.

Принцип действия системы управления рисками мы представили на рисунке 1.

Анализ представленной модели функционирования управления рисками на рисунке № 1 приводит к выводу, что для повышения эффективности процесса формирования управлений, следует автоматизировать процедуры DO, СТ, посредством реализации автоматизированной системы управления рисками АСУР.

Исходным объектом управления являются ИТ-риски, которые описывается в виде [1]:

$$x = \langle It, B, I, V, R, P \rangle, \quad (2)$$

где

It — множество ИТ-ресурсов,

B — множество бизнес-процессов,

I — множество инцидентов,

V — множество уязвимостей,

R — множество рисков,

P — убытки/прибыль.

It описывает множество ИТ-ресурсов организации:

$$It = (It^1, \dots, It^n), \quad (3)$$

$$P(t) = (P^1(t), \dots, P^n(t)) \quad (4)$$

$P^n(t)$  описывает прибыль или убытки от ИТ-рисков.

Фазовый вектор объекта  $x(t) = \langle It, B, I, V, R, P(t) \rangle$ .

$$B = (B^1, \dots, B^n), \quad V = (V^1, \dots, V^n), \quad R = (R^1, \dots, R^n), \quad \text{а} \\ I = (I^1, \dots, I^n) \quad (5)$$

$B^n$  описывает бизнес-процессы, опирающиеся на ИТ-ресурсы.

$I^n$  описывает инциденты, происходящие с ИТ-ресурсами.

$V^n$  описывает уязвимости, которые есть в ИТ-ресурсах.

$R^n$  описывает риски, выявленные в ходе анализа статистики

$u(t)$  — управляющий фактор, им является мероприятия по снижению рисков.

Целью управления является выполнение следующего действия:

$$\min(Q_i), \quad (6)$$

где  $Q_i = \sum_{n=1}^m P_n(t) \cdot \mu$  — общие прибыль/убытки,  $m$  — количество ИТ-ресурсов,  $\mu$  — уровень значимости каждого ресурса.

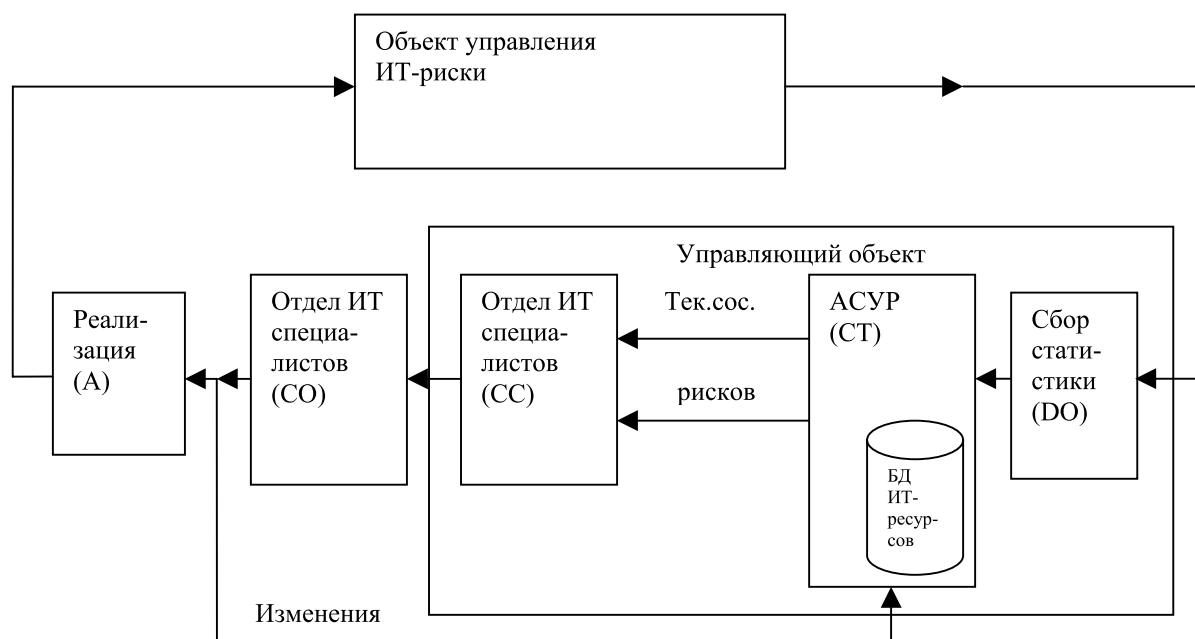


Рис. 1. Схема процесса управления ИТ-рисками

При этом  $Q_i$  показывает экономическую обоснованность и целесообразность мер защиты от ИТ-рисков. После оценки возможного ущерба и вероятности наступления того или иного риска необходимо выбрать наиболее серьезные риски и работать с ними. Затраты на предотвращение риска не должны превышать возможный ущерб от него.

На основе данной модели была спроектирована база данных в Microsoft Access 2007. Далее проводилась разработка автоматизированной системы управления ИТ-рисками (АСУ ИТ-рисками).

АСУ ИТ-рисками представляет собой систему, состоящую из следующих элементов [3]:

— Подсистема описания бизнес-процессов;

Таблица 1

Функциональный состав АСУ ИТ-рисками

Подсистема	Функции
Подсистема описания бизнес-процессов	построение дерева бизнес-процессов; описание ИТ-сервисов, используемых для реализации этих бизнес-процессов; описание входных и выходных данных для бизнес-процессов.
Подсистема сбора статистики	загрузка информации из файла статистики, полученного при использовании сторонних программ; хранение статистической информации о зарегистрированных инцидентах; передача статистической информации в подсистему оценки рисков и подсистему визуализации
Интегрирующая подсистема управления рисками	Формирование оценки загрузка анкет из файла; формирование экспертных оценок рисков посредством анкетирования; сохранение и редактирование анкет. планирование мероприятий по воздействию на риск
База данных конфигурационных единиц	описание состава конфигурационных элементов ИТ-инфраструктуры организации.
Подсистема проверки уязвимостей	загрузка файла потенциальных уязвимостей поиск в файле потенциальных уязвимостей для элементов базы данных
АРМ операционного менеджера	предоставление пользователю возможности координирования работы, отслеживания рисков событий
Подсистема аналитики и отчетности	предоставление ИТ-специалистам статистической информации в удобном виде (таблицы);

- Подсистема сбора статистики;
- Интегрирующая подсистема управления рисками;
- База данных конфигурационных единиц;
- Подсистема проверки уязвимостей;
- АРМ операционного менеджера;
- Подсистема аналитики и отчетности.

Функциональный состав данных подсистем представлен в таблице №1.

В результате нашей работы была спроектирована модель управления ИТ-рисками, которая отражает трехстороннюю подверженность организаций рискам, связанным с эксплуатацией информационных систем: действия персонала, сбои систем, нелегитимность. Также разработана автоматизированная система управления ИТ-рисками в соответствии с выделенными нами категориями рисков.

Для первого вида риска в разработанной системе предполагается возможность проведения анкетирования сотрудников для выявления угрозы рисков.

#### Литература:

1. Воронин А.А., Губко М.В., Мишин С.П., Новиков Д.А. Математические модели организаций: Уч. пособие. — М.: ЛЕНАНД, 2008. — 360 с.
2. Глушков В.М. Введение в АСУ. — М.: Техника, 1972. — 312 с.
3. Легизо Д. Управление ИТ-рисками — дело благородное. [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Режим доступа: <http://www.iemag.ru/projects/detail.php?ID=17565>.
4. Уткин Э.А., Фролов Д.А. Управление рисками предприятия: учебно-практическое пособие. — М.: ТЕИС, 2003. — 247 с.

В рамках управления вторым видом рисков обеспечивается загрузка файла статистических данных об инцидентах в информационной структуре предприятия, загрузка файла потенциальных уязвимостей и проверка конфигурационных единиц инфраструктуры на их наличие.

Управление последним видом обеспечивается за счет сопоставления установленного программного обеспечения и имеющихся лицензий на него. Информация по всем рискам поступает в интегрирующую подсистему управления рисками, которая обеспечивает оценку рисков и планирование мероприятий по их снижению и устранению.

Таким образом, разработанная нами автоматизированная система управления ИТ-рисками позволит менеджерам на операционном уровне осуществлять процесс управления рисками, отслеживать статистику по рисковым событиям, что является практически значимым и теоретическим ценным выходом работы.

## Сопровождение систем автоматизации ТОиР

Хан В.Л., магистрант

Волгоградский государственный технический университет

*В статье рассматриваются основные действия, деятельность и главная библиотека сопровождения систем автоматизации технического обслуживания и ремонта (ТОиР).*

#### Введение

По мере развития применения сложных программных продуктов стало ясно, что интегральные затраты на их сопровождение и создание новых версий могут значительно превосходить затраты на разработку их первой версии. Опыт последних лет показал, что во многих случаях для сопровождения и мониторинга версий необходимо практически такое же, или даже большее, число специалистов, чем разработало первую версию программных средств (ПС). При создании сложных ПС перемещение специалистов с разработки новых программных компонентов и ПС на развитие и сопровождение версий имеет систематический характер. Это приводит к тому, что по мере накопления эксплуатируемых ПС и их компонентов все большее число специалистов переходит из области не-

посредственного программирования новых программ в область системного проектирования и создания новых версий ПС на базе повторно используемых компонентов.

Только после завершения создания нескольких версий ПС может прекратиться переход дополнительных кадров в сферу сопровождения и управления конфигурацией и установиться стабильное соотношение между числом специалистов, занятых первичной разработкой новых проектов и сопровождением версий ПС. Очень часто разработчики нового ПС не предусматривают этот процесс и требующиеся ресурсы, что значительно снижает эффективность последующего применения созданного программного продукта. По некоторым оценкам, непосредственным программированием новых компонентов в мире занято около 15–20% специалистов, участвующих в создании программных продуктов.

Целью сопровождения систем автоматизации ТОиР являются выявление и устранение обнаруженных дефектов и ошибок в программах и данных, введение новых функций и компонентов в ПС, анализ состояния и корректировка документации, тиражирование и контроль распространения версий ПС, актуализация и обеспечение сохранности документации и физических носителей. Основная задача — изменить и улучшить существующий программный продукт, сохраняя его целостность и функциональную пригодность. Для сохранения и повышения качества сложных комплексов программ необходимо регламентировать процессы модификации и совершенствования программных средств, а также поддерживать их соответствующим тестированием и контролем качества.

Широкое применение прототипирования и повторного использования готовых апробированных программных компонентов способствовало превращению сопровождения в особый раздел методов и средств обеспечения жизненного цикла ПС. Технология сопровождения должна обеспечивать координированное развитие множества версий ПС и их компонентов, каждая из которых имеет достаточно высокое качество и специфические функции, а также, возможно, различных пользователей. Благодаря этому со временем программные средства должны улучшаться и совершенствоваться как по функциональным возможностям, так и по качеству решения каждой задачи.

### **Определение сопровождения систем автоматизации ТОиР**

Сопровождение систем автоматизации ТОиР определяется стандартом IEEE Standard for Software Maintenance (IEEE 1219) как модификация программного продукта после передачи в эксплуатацию для устранения сбоев, улучшения показателей производительности и/или других характеристик (атрибутов) продукта, или адаптации продукта для использования в модифицированном окружении. Интересно, что данный стандарт также касается вопросов подготовки к сопровождению до передачи системы в эксплуатацию, однако, структурно это сделано на уровне соответствующего информационного приложения, включенного в стандарт.

В свою очередь, стандарт жизненного цикла 12207 (IEEE, ISO/IEC, ГОСТ Р ИСО/МЭК) позиционирует сопровождение как один из главных процессов жизненного цикла. Этот стандарт описывает сопровождение как процесс модификации программного продукта в части его кода и документации для решения возникающих проблем <при эксплуатации> или реализации потребностей в улучшениях <тех или иных характеристик продукта>. Задача состоит в модификации продукта при условии сохранения его целостности. Международный стандарт ISO/IEC 14764 определяет сопровождение систем автоматизации ТОиР в тех же терминах, что и стандарт 12207, придавая особое значение работам по подготовке к деятель-

ности по сопровождению до передачи системы в реальную эксплуатацию, например, вопросам планирования регламентов и операций по сопровождению.

### **Библиотека инфраструктуры информационных технологий ITIL**

Библиотека, описывающая лучшие из применяемых на практике способов организации работы подразделений или компаний, занимающихся предоставлением услуг в области информационных технологий.

В семи томах библиотеки описан весь набор процессов, необходимых для того, чтобы обеспечить постоянное высокое качество ИТ-сервисов и повысить степень удовлетворенности пользователей.

Использованный в библиотеке процессный подход полностью соответствует стандартам серии ISO 9000 (ГОСТ Р ИСО 9000). Процессный подход акцентирует внимание предприятия на достижении поставленных целей, анализе ключевых показателей эффективности (KPI), а также на ресурсах, затраченных на достижение этих целей.

### **Основные действия сопровождения систем автоматизации ТОиР**

Результат усилий по разработке систем автоматизации ТОиР состоит в передаче в эксплуатацию программного продукта, удовлетворяющего требованиям пользователей. Соответственно, в процессе эксплуатации продукт будет изменяться или эволюционировать. Связано это с обнаружением при реальном использовании скрытых дефектов, изменениями в операционном окружении, необходимостью покрытия новых требований и т.п.

Фаза сопровождения в жизненном цикле, обычно, начинается сразу после приемки/передачи продукта и действует в течение периода гарантии или, чаще, технической поддержки. Однако, сама деятельность, связанная с сопровождением, начинается намного раньше.

Сопровождение систем автоматизации ТОиР является составной частью жизненного цикла. К сожалению, так сложилось, что вопросам сопровождения уделяется существенно меньше внимания, чем другим фазам жизненного цикла. Исторически, в большинстве организаций, разработка программных систем явно в фаворе, по сравнению с деятельностью по сопровождению. Однако, такая ситуация постепенно начинает меняться. В большой степени, как отмечает, это связано с сокращением инвестиций организаций непосредственно в разработку программных систем, с целью увеличения сроков использования уже существующего и применяемого систем автоматизации ТОиР. Конечно, с точки зрения автора, это не единственная причина. Скорее вопросы постоянно изменяющихся бизнес — потребностей, динамика бизнеса и желание повысить отдачу от уже эксплуатируемых систем приводит к усилению роли поддержки и сопровождения систем автоматизации ТОиР и естественной интеграции

такой деятельности в бизнес-процессы подразделений информационных технологий.

Сопровождение систем автоматизации ТООР определяется как вся совокупность деятельности, необходимой для обеспечения эффективной (с точки зрения затрат) поддержки программных систем. Эти работы выполняются как перед вводом системы в эксплуатацию, так и после этого. Предварительные работы включают планирование деятельности по сопровождению системы, а также организацию перехода к ее полнофункциональному использованию. Если новая система должна заме-

нить старую систему, предназначенную для решения тех же задач, просто на новом уровне эффективности, стоимости использования, новых функциональных возможностей, в этом случае важно обеспечить плавный переход со старой системы на новую систему, максимально естественный для пользователей. С этим связано не только планирование, например, переноса информации, хранимой в соответствующих базах данных, но и обучение пользователей, подготовка, настройка и проверка «боевой» конфигурации, определение последовательности операций, организация и обучение службы поддержки (help-desk) и т.п.

#### Литература:

1. Липаев, В.В. Программная инженерия. Методологические основы [Текст]: Учеб. / В.В. Липаев; Гос. ун-т — Высшая школа экономики. — М.: ТЕИС, 2006. — 608 с. — 1000 экз. — ISBN 5-7598-0424-3 (в пер.).
2. Sommerwill I. Инженерия программного обеспечения. Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2002.
3. Уайт Б.А. Управление конфигурацией программных средств. Практическое руководство по Rational ClearCase. Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2002.
4. Программная инженерия и SWEBOK. [http://swebok.sorlik.ru/software\\_engineering.html](http://swebok.sorlik.ru/software_engineering.html).
5. Государственный стандарт Российской Федерации. Информационные технологии. Сопровождение программных средств. <http://docs.cntd.ru/document/1200030162>.

## Проектирование состава композиций лекарственных растений методом математического моделирования

Харитонов И.Б., аспирант; Силантьева Л.А., кандидат технических наук, доцент  
Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

*В данной статье рассматривается проектирование состава композиций лекарственных растений методом математического моделирования. В современной литературе понятие «проектирование состава» встречается все чаще. Это сравнительно новое научное направление исследований, позволяющее разрабатывать состав многокомпонентных продуктов с заданным комплексом качественных показателей.*

**П**роектирование — сравнительно новое научное направление исследований, позволяющее разрабатывать состав многокомпонентных продуктов и композиций с заданным комплексом качественных показателей.

В соответствии с современными представлениями понятие «проектирование состава» означает разработку моделей, регламентирующих все этапы создания композиций заданного качества и представляющих собой систему уравнений, отражающих все изменения одного или нескольких ключевых параметров, на основе которых они разрабатываются. Наличие упомянутой системы уравнений позволяет достаточно корректно описывать изменение состава разрабатываемых композиций в зависимости от соотношения и квоты используемых сырьевых компонентов, что дает возможность заменить дальнейшее исследование процесса формирования состава композиций анализом его математической модели для получения решения поставленных конкретных задач [1,2].

При проектировании состава продуктов следует учитывать, что применение растительного сырья, обладающего повышенной биологической ценностью позволяет получать композиции, характеризующиеся улучшенным витаминным, минеральным, аминокислотным составом по сравнению с отдельно взятыми компонентами.

Наиболее изученным разделом математического моделирования является линейное программирование, для решения задач которого разработан целый комплекс эффективных методов, алгоритмов и задач [3].

Многочисленными исследованиями установлено, что растительное сырье является богатым источником минеральных веществ, пищевых волокон, аминокислот, витаминов, поэтому использование растительных компонентов в качестве добавок при производстве кисломолочных продуктов позволит значительно повысить их пищевую и биологическую ценность.

В данном случае разрабатывается кисломолочный продукт с добавлением растительных компонентов, которые



Таблица 1

Химический состав высушенных растений на 100 г и суточная потребность человека в некоторых веществах [4], [5].

	Стебель сельдерея	Чабрец	Петрушка	Мелисса	Суточная потребность
Белки, г	11,3	9,1	26,6	19,93	75,0
Жиры, г	2,1	7,43	5,48	6,03	83,0
Углеводы, г	63,7	63,9	50,64	52,04	365,0
Бета-каротин, мг	1,2	2,3	1,2	0,53	5,0
В1, мг	0,44	0,51	0,2	0,29	1,5
В2, мг	0,5	0,4	2,38	1,42	2,0
В6, мг	0,46	0,55	0,9	2,58	2,0
В9, мкг	107,0	274,0	180,0	530,0	200,0
С, мг	86,5	50,0	125,0	150,0	70,0
Е, мг	5,55	7,48	8,96	~	10,0
РР, мг	4,64	4,94	9,94	6,5	20,0
Fe, мг	7,83	20,0	22,0	20,0	14,0
Калий, мг	4388,0	814,0	2683,0	1924,0	3500,0
Ca, мг	587,0	1890,0	1140,0	1488,0	1000,0
Mg, мг	196,0	220,0	400,0	602,0	400,0
Na, мг	1435,0	70,0	452,0	344,0	4000,0
фосфор, мг	402,0	200,0	436,0	276,0	1000,0
рутин, мг	695,0	187,0	392,5	210,0	35,0
Пищевые волокна, г	28,0	37,0	27,0	30,0	30,0

Таблица 2

Химический состав высушенных растений на 100 г и суточная потребность человека в некоторых веществах [4], [5].

	Корень сельдерея	Тыква	Расторопша	Топинамбур	Шалфей	Ревень	Душица	Суточная потребность
Белки, г	7,8	6,5	17,4	13,7	10,63	3,5	12,66	75,0
Жиры, г	2,0	0,65	10,9	0,65	12,75	0,5	7,04	83,0
Углеводы, г	36,6	41,6	~	112,0	60,73	12,5	81,04	365,0
Бета-каротин, мг	0,01	9,0	~	0,05	3,5	0,3	4,8	5,0
В1, мг	0,06	0,4	~	0,45	0,75	0,05	0,29	1,5
В2, мг	0,2	0,4	~	0,4	0,34	0,3	0,32	2,0
В6, мг	-	0,85	~	~	2,7	0,2	1,2	2,0
В9, мкг	-	91,0	~	~	274	75,0	274,0	200,0
С, мг	15,0	52,0	40,0	40,0	32,4	30,0	51,4	70,0
Е, мг	-	3,0	25,0	1,3	7,48	1,0	1,7	10,0
РР, мг	1,8	4,6	~	10,4	5,72	1,0	4,12	20,0
Fe, мг	4,0	2,6	22,0	2,6	28,12	3,0	2,5	14,0
Калий, мг	2760,0	1326,0	326,7	1300,0	1070,0	1625,0	1522,0	3500,0
Ca, мг	542,0	162,5	687,0	130,0	1652,0	220,0	200,0	1000,0
Mg, мг	284,0	91,0	327,0	80,0	428,0	85,0	346,0	400,0
Na, мг	662,0	26,0	~	20,0	11,0	10,0	77,0	4000,0
фосфор, мг	232,0	162,5	~	507,0	91,0	125,0	306,0	1000,0
рутин, мг	-	300,0	235,0	-	208,0	400,0	635,0	35,0
Пищевые волокна, г	24,0	13,0	20,0	30,0	40,3	16,0	40,3	30,0

«~» означает отсутствие данных

представлены в виде композиций. Первая композиция состоит из травы чабреца, мелиссы лекарственной, петрушки и стебля сельдерея. Вторая композиция состоит из шалфея, ревеня, душицы и корня сельдерея. Композиция №3 состоит из топинамбура, корня сельдерея, тыквы и

расторопши. Все растительные компоненты находятся в сухом состоянии в виде порошков. Цель проектирования состава композиций состоит в подборе компонентов таким образом, чтобы данная композиция удовлетворяла потребность человека в веществах, обладающих проти-



вовирусными свойствами (витамин С, β-каротин, рутин), так как именно они обладают наивысшей противовирусной активностью. Химический состав лекарственных растений на 100 г и суточная потребность человека в указанных ниже веществах представлены в таблице.

Общий вид уравнения выглядит следующим образом:

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^n A_{ij} \cdot x_j}{\sum_{j=1}^n x_j},$$

где  $C_i$  — величина регулируемого показателя в композиции;

$A_i$  — средняя величина относительного содержания регулируемого показателя в конкретном компоненте;

$x_j$  — относительное содержание компонентов в композиции, мас. %

Полученные системы уравнений были решены методом линейного программирования, что позволило получить относительное содержание компонентов композиций, которые представлены на рисунках.

Таким образом, при проектировании состава композиций лекарственных растений для их использования при производстве кисломолочных продуктов методом математического моделирования установлено оптимальное соотношение некоторых лекарственных трав: композиция №1 — петрушка: чабрец: мелисса: стебель сель-

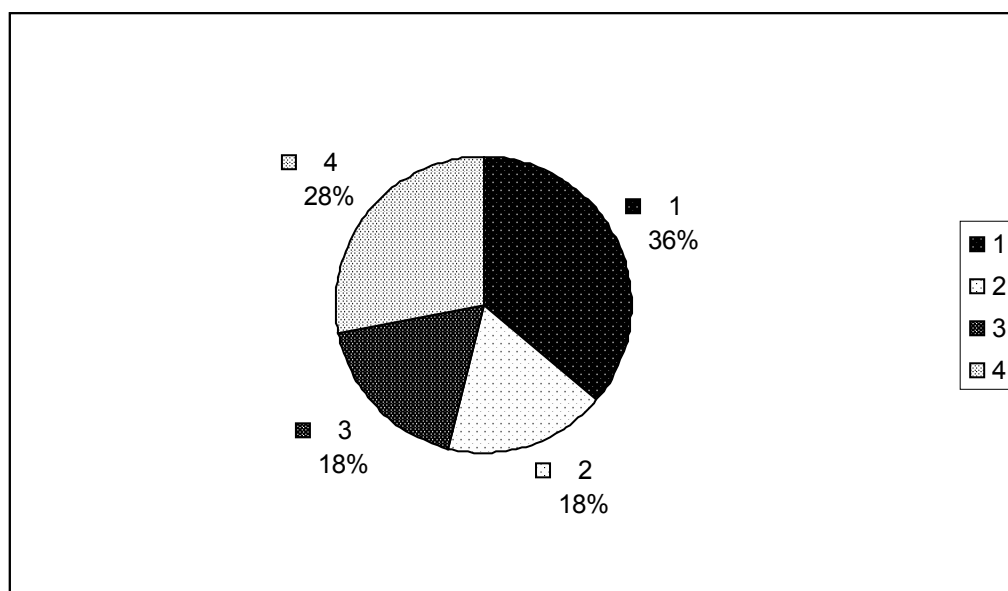


Рис 1. Относительное содержание компонентов композиции №1  
1 – петрушка; 2 – чабрец; 3 – мелисса; 4 – стебель сельдерея

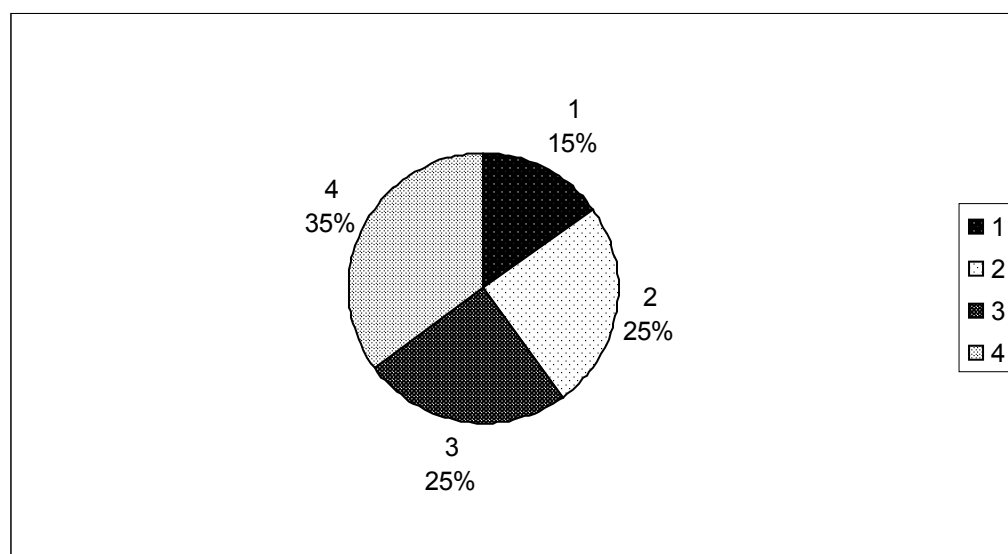


Рис 2. Относительное содержание компонентов в композиции №2  
1 – корень сельдерея; 2 – шалфей; 3 – ревень; 4 – душица

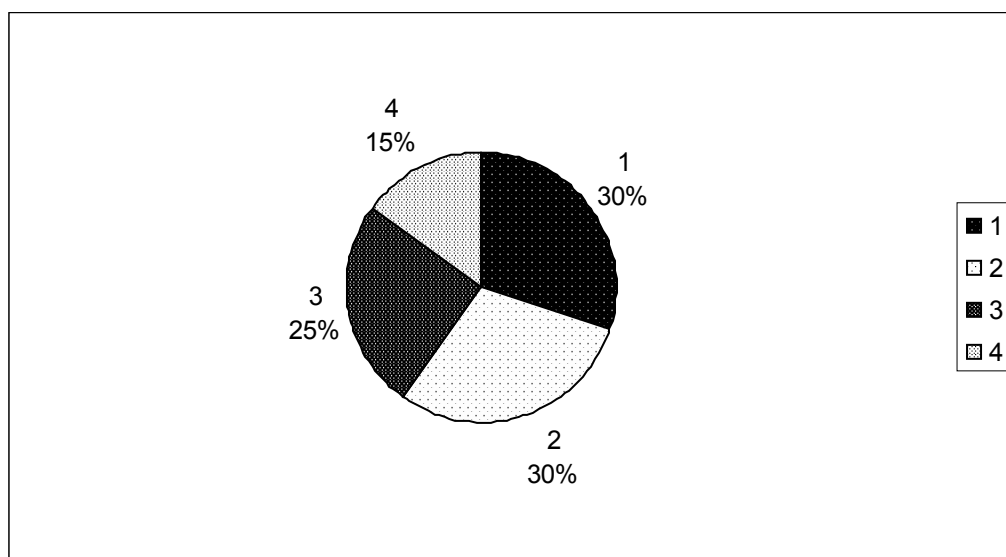


Рис 3. Относительное содержание компонентов в композиции №3  
1 – расторопша; 2 – тыква; 3 – топинамбур; 4 – корень сельдерея

деря = 0,36: 0,18: 0,18: 0,28; композиция №2 – корень сельдерея: шалфей: ревень: душица = 0,15: 0,25: 0,25: 0,35; композиция №3 – топинамбур: тыква: расторопша: корень сельдерея = 0,25: 0,30: 0,30: 0,15.

#### Литература:

1. Анисимова А.В., Михайлов Н.А., Бедных Б.С., Бушуева И.Г. Проектирование состава продуктов детского питания: Обзорная информация. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1995. — 35 с.
2. Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 200 с.
3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. — М.: Высшая школа, 1986. — 230 с.
4. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов. — М.: ДеЛи принт, 2002. — 237 с.
5. База данных Министерства сельского хозяйства США (USDA SR 23) USDA National nutrient database for standard reference.

## 2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

### Схема управления дидактическим стендом по основам пожарной безопасности на базе логических интегральных микросхем

Кашуба Н.С., кандидат технических наук, ст.преподаватель; Кирсаяев К.П., студент  
Славянский-на-Кубани государственный педагогический институт

В рамках научно-исследовательской работы по направлению исследования «Методики формирования компетенций учителя технологии при обучении обработке конструктивных материалов, включающие вопросы экологии, энергосбережения, соблюдения норм охраны труда и техники безопасности», нами разработан комплекс тестовых заданий, позволяющий выявить уровень знаний по пожарной безопасности. Особенностью задания является критерий максимально полного усвоения учебного материала по разделу «Пожарная безопасность». Только такой подход, не дающий права на ошибку, может мотивировать испытуемых на целенаправленное изучение норм и правил пожарной безопасности. Ведь ежегодно от пожаров продолжают гибнуть тысячи здоровых, трудоспособных граждан, среди которых есть и дети. Тысячи людей получают травмы разной степени тяжести.

Методика состоит из 15 вопросов, которым соответствует 15 вариантов ответов. Каждому вопросу соответствует только один правильный ответ. Подробное описание методики опубликовано в сборнике материалов Всероссийской заочной научно-методической конференции «Проблемы качества образования в современной школе: методический поиск» [3, с. 116].

Ключ правильных ответов к заданию: 1–3, 2–5, 3–1, 4–9, 5–2, 6–4, 7–6, 8–12, 9–15, 10–7, 11–13, 12–8, 13–11, 14–10, 15–14.

Методика была проверена на основе модели Раша. Эта модель позволяет измерить на одной и той же шкале (в логитах) уровень пожарной безопасности (или другой переменной) и информативность тестового задания. Наиболее полно информация об этой модели представлена на сайте [www.gasch.org](http://www.gasch.org). основополагающими работами в этой области являются [4–6].

В качестве программного средства использовалась диалоговая система измерения латентных переменных RUMM, разработанная под руководством профессора Д. Эндрича [5].

Наибольший уровень знаний пожарной безопасности испытуемых характеризует индикаторная переменная 9, которой соответствует вопрос: «Важнейшая составляющая организационных мероприятий по пожарной безопасности». Это означает, что данная индикаторная

переменная лучше других дифференцирует участников с самым высоким уровнем знаний пожарной безопасности.

Наименьший уровень знаний пожарной безопасности участников исследования характеризует индикаторная переменная 10, которой соответствует вопрос: «Документ, указывающий кратчайшие пути выхода из помещения». Это означает, что данная индикаторная переменная дифференцирует участников с низким уровнем знаний пожарной безопасности.

Для реализации принципов дидактики и внедрения технических средств оснащения в процесс обучения было разработано электронное дидактическое пособие, позволяющее характеризовать степень усвоения знаний пожарной безопасности испытуемых.

Дидактический стенд, содержащий тестовые задания по изучению основ пожарной безопасности состоит из двух листов размером 60×120 см, которые соединены между собой петлями и могут раскладываться как книжка.

На левой половине стенда размещены 15 тестовых вопросов, под каждым из которых расположены в ряд 15 кнопок соответствующих количеству ответов. В начале каждого вопроса имеется светодиод зеленого цвета.

На правой половине стенда размещены ответы на вопросы. Внизу стенда имеется светодиод красного цвета.

Принцип действия дидактического стенда состоит в том, что испытуемый, прочитав вопрос на левой половине, находит на него ответ на правой половине и нажимает кнопку, которая соответствует номеру ответа.

Если ответ выбран верно, то перед вопросом загорается зеленый светодиод. Если же выбран неверный ответ, то все, ранее светившиеся светодиоды, гаснут, а внизу загорается красный светодиод. После этого необходимо отвечать на вопросы с самого начала.

Т.о., методика считается пройденной, если испытуемый правильно сопоставил все 15 пунктов тестового задания.

Такой алгоритм прохождения теста позволяет поставить в жесткую зависимость необходимые знания по пожарной безопасности от степени их усвоения.

Принципиальная электрическая схема дидактического стенда (Рис. 1) выполнена на 8 интегральных микросхемах типа K155ТМ2. схема работает следующим

Таблица 1

## Тестовые задания по усвоению правил пожарной безопасности

№	Вопросы	№	Ответы
1	Пожар ...	1	... сохранение имущества от уничтожения и повреждения различными факторами пожара
2	Важнейшая цель, которая должна достигаться в случае пожара при любых материальных затратах ...	2	... формирование сознательного выполнения норм и правил пожарной безопасности
3	Цель, на которую направлены противопожарные мероприятия ...	3	... процесс неконтролируемого горения
4	Назначение первичных средств пожаротушения ...	4	... огонь, повышенная температура, наличие продуктов горения, кислородная недостаточность
5	Важный метод трудового воспитания учащихся ...	5	... сохранение жизни и здоровья людей
6	Основные поражающие факторы при пожаре ...	6	... сообщить о пожаре руководителю и в пожарную охрану, эвакуировать людей, предпринять меры по тушению пожара
7	Действия при возникновении пожара ...	7	... схема эвакуации
8	Уровень пожароопасности можно понизить с помощью ...	8	... первичные средства пожаротушения и пожарная сигнализация
9	Важнейшая составляющая организационных мероприятий по пожарной безопасности ...	9	... локализация и тушение пожара на начальной стадии его развития
10	Документ, указывающий кратчайшие пути выхода из помещения ...	10	... дыхание через влажную ткань
11	Объем горючих материалов в столярной мастерской не должен превышать ...	11	... возникновение паники
12	Учебные мастерские должны иметь ...	12	... система оповещения и пожарной защиты
13	Главная причина, которая может помешать эвакуации ...	13	... однодневный запас материала
14	Простейшая защита органов дыхания от продуктов горения ...	14	... обучение поведению при возникновении пожара
15	Противопожарный инструктаж должен включать ...	15	... обучение пожарной безопасности и проведение противопожарного инструктажа

образом. Из 15 кнопок, находящихся под первым вопросом, только одна является кнопкой КН1.1. Остальные 14 кнопок КН1.2 – КН1.15 соединены параллельно. Аналогично соединены кнопки под всеми остальными вопросами. Причем, кнопки, которые не соответствуют правильному ответу каждого из 15 вопросов, также электрически соединены между собой. Т.е., при нажатии на любую кнопку под любым вопросом, которая соответствует неправильному ответу все триггеры обнуляются, на их прямых выходах исчезает напряжение, а зеленые светодиоды гаснут. В то же время появляется напряжение на инвертирующем выходе триггера, и загорается красный светодиод. Кроме широко распространенных триггеров К155ТМ2 в схеме используются кнопки, выполненные

на базе переключателей МП-1 и доступные светодиоды АЛ307. Питание стенда осуществляется от блока питания напряжением 5В или четырёх пальчиковых элементов.

Проделанная работа позволяет сделать следующие выводы:

Применение схем управления дидактическими пособиями на базе логических интегральных микросхем позволяет реализовать принципы дидактики в обучении и способствовать прочности, активности и сознательности в усвоении знаний пожарной безопасности.

Перспективным направлением нашего исследования является разработка более качественного инструмента для измерения уровня знаний пожарной безопасности.

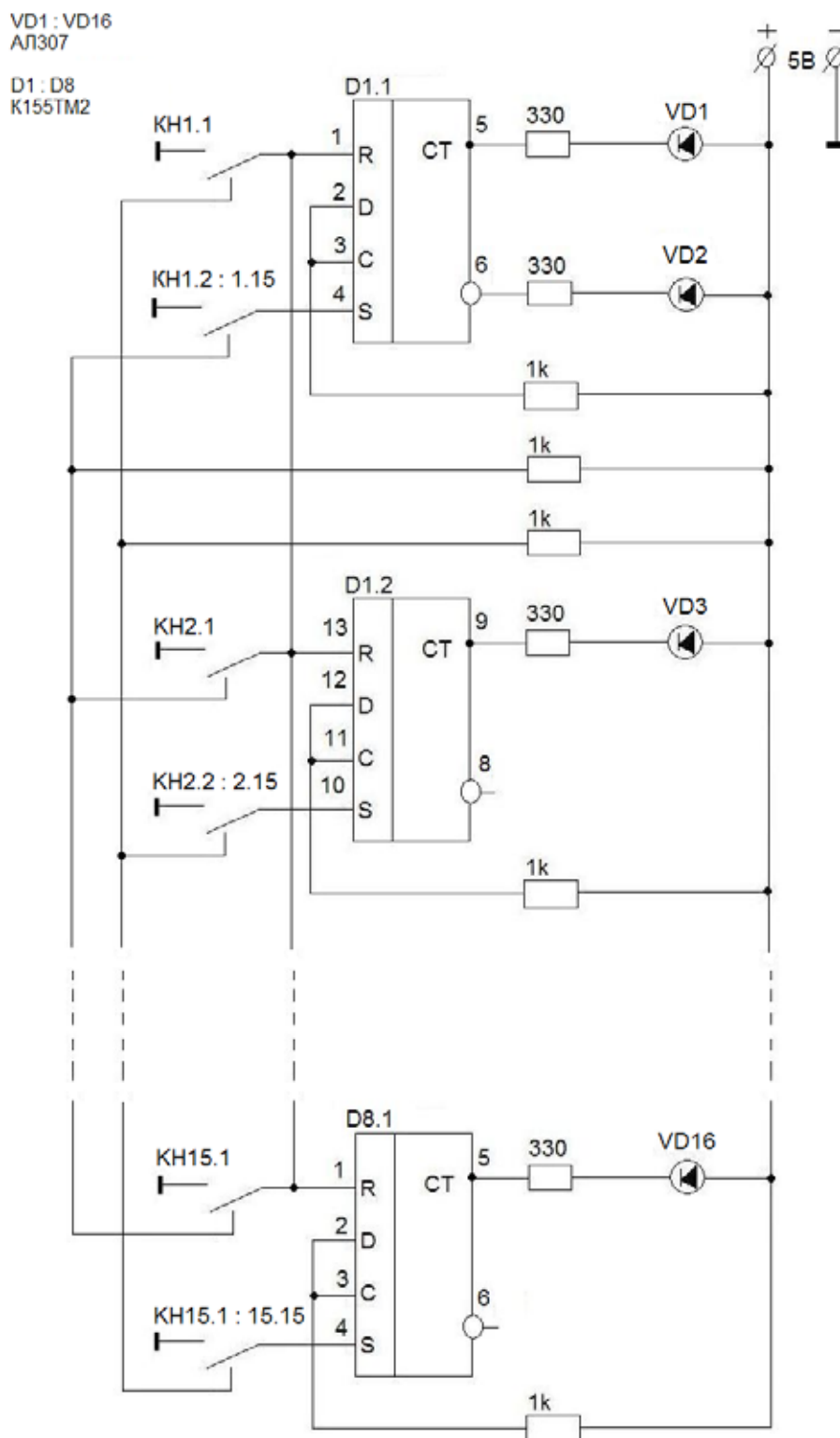


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

*Литература:*

1. Иванов И.И., Соловьев Г.И., Равдоник В.С. Электротехника: Учебник. — СПб.: «Лань», 2003. — 496 с.
2. Кирсеев К.П., Кашуба Н.С. Разработка дидактического пособия по обучению учащихся пожарной безопасности. / Проблемы качества образования в современной школе: методический поиск: материалы Всероссийской заочной научно-методической конференции. Май 2010 г., Славянск-на-Кубани / под общ. ред. О.В. Игровой, В.Ф. Морсковой; Славянский-на-Кубани гос. пед. ин-т. — Славянск-на-Кубани: Издательский центр СГПИ, 2010. — с. 116—119.

3. Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: учебное пособие. — Ростов-н/Д: «Феникс», 2000. — 448 с.
4. Andrich D. Rasch Models for Development. — London, Sage Publications, Ins., 1988. — 94 p.
5. Getting Started RUMM 2010. Rasch Unidimensional Measurement Models — Pert: RUMM Laboratory Ltd, 2001. — 87 p.
6. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence and attainment tests (Expanded edition, with foreword and afterword by Benjamin D. Wright). Chicago: University of Chicago Press, 1980. — 199 p.

## Синтез эффективного тестового сигнала для обнаружения нелинейного контакта металл-окисел-металл

Павлов А.П., аспирант; Семенов Э.В., кандидат технических наук, доцент  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*В работе рассмотрен синтез оптимального с точки зрения поиска методами нелинейной рефлектометрии тестового сигнала с локальным нулем спектра для обнаружения нелинейного контакта металл-окисел-металл. Синтез осуществляется на основе ВАХ стального контакта металл-окисел-металл. Показано, что трехимпульсный тестовый сигнал эффективнее двухимпульсного. Проведено сравнение чувствительности трехимпульсного тестового сигнала с классическими методами исследования нелинейных объектов. Проведены экспериментальные исследования, результаты которых хорошо согласуются с теоретическими расчетами.*

**Ключевые слова:** синтез тестового сигнала, локальный нуль спектра, контакт металл-окисел-металл, нелинейная рефлектометрия, стробирование.

Современные рефлектометры позволяют обнаруживать дефекты в проводных линиях передачи, определять их примерное местоположение и характер: емкостный или индуктивный, короткое замыкание или обрыв. К сожалению, такой совокупности информации недостаточно для определения точного типа дефекта. Это обстоятельство может создать ситуацию мнимого устранения дефекта, если им является непостоянный электрический контакт. При ложной локализации дефекта, истинный дефект в результате физических воздействий на линию может исчезнуть, а через некоторое время проявить себя снова. Это обусловлено чрезвычайной чувствительностью непостоянного электрического контакта к механическим и термическим воздействиям, а также к плотности тока, протекающей через него. Необходимость своевременного обнаружения и устранения дефектов такого типа трудно переоценить.

Простейшая структура непостоянного электрического контакта представляет собой две металлические поверхности, контактирующие друг с другом через тонкую диэлектрическую пленку окислов или солей, из-за чего его также называют контактом металл-окисел-металл (МОМ). Структура МОМ-контакта обуславливает его особенность — нелинейную вольтамперную характеристику (ВАХ) [1]. Это обстоятельство позволяет осуществлять поиск МОМ-контакта методами нелинейной рефлектометрии [2]. Ключевой идеей поиска здесь является воздействие на нелинейный объект некоторым тестовым сигналом с последующим анализом отклика объекта на предмет наличия в нем нелинейных искажений. В настоящее время направление нелинейной рефлектометрии только начинает свое становление и не имеет четко усто-

явшихся правил и традиций, в связи с чем вопрос об оптимальной форме тестового сигнала остается открытым.

Согласно исследованиям, проведенным еще в 1950 г. В.М. Вольфом [3], форма тестового сигнала влияет на результирующий уровень продуктов нелинейного преобразования. Отсюда можно сделать предположение о том, что для конкретного нелинейного объекта существует один или несколько тестовых сигналов определенной формы, для которых нелинейные свойства объекта проявляются лучше.

Цель данной работы заключается в синтезе оптимального тестового сигнала для поиска и обнаружения дефекта типа контакт металл-окисел-металл методами нелинейной рефлектометрии.

Среди известных и перспективных методов нелинейной рефлектометрии, можно выделить метод, описанный в [4] (далее условно будем называть его нуль-спектральным). Нуль-спектральный метод позволяет по отклику на тестовый сигнал определить тип объекта (линейный или нелинейный), линейные характеристики объекта, а также дальность до него. Сущность метода заключается в следующем. Формируется тестовый сигнал, в спектре которого имеется локальный нуль на некоторой частоте  $\omega_0$ . При линейном преобразовании тестового сигнала его спектр изменяется на всех частотах, кроме частоты  $\omega_0$ . Если преобразование нелинейно, то порождаемые им спектральные составляющие будут создавать некоторый отличный от нуля уровень на частоте  $\omega_0$ .

В качестве тестового сигнала с локальным нулем спектра на частоте  $\omega_0$  будем использовать суперпозицию трех прямоугольных импульсов разной длительности и амплитуды. Такой выбор объясняется тем, что формиро-



вание прямоугольных импульсов значительно проще по сравнению с импульсами других форм. Согласно работе [3] импульсы именно такой формы имеют наибольший уровень продуктов нелинейного преобразования. Количество импульсов выбрано исходя из того, что при большем их числе будет уменьшаться разрешающая способность тестового сигнала, что критично для рефлектометрии. В тестовом сигнале из одиночного прямоугольного импульса нелинейное преобразование приводит только к изменению амплитуды импульса, и абсолютно не влияет на наличие нулей в спектре. Трехимпульсный тестовый сигнал может вырождаться в двухимпульсный и, следовательно, позволяет проследить влияние количества импульсов на уровень продуктов нелинейного преобразования.

Чтобы реализовать синтез тестового сигнала методом перебора в случае трех импульсов, необходимо чтобы временной интервал между центрами соседних импульсов  $\Delta t$  был одинаковым, и равнялся  $\Delta t = \pi/\omega_0$ , где  $\omega_0$  — это частота локального нуля спектра. Это следует из условия существования нуля спектра на частоте  $\omega_0$ . В частности, если центр первого импульса располагается на временной оси в момент времени  $t$ , центр второго импульса — в момент времени  $t + \Delta t$ , а центр третьего импульса — в момент  $t + 2\Delta t$ , то условие существования нуля спектра можно записать в виде тождества:

$$(S_1(\omega_0) + S_2(\omega_0)\exp(-j\omega_0\Delta t) + S_3(\omega_0)\exp(-j\omega_0 2\Delta t))\exp(-j\omega_0 t) = 0;$$

где  $S_1, S_2, S_3$  — спектры импульсов. При  $\Delta t = \pi/\omega_0$  оно приобретает упрощенный вид:

$$S_1(\omega_0) - S_2(\omega_0) + S_3(\omega_0) = 0;$$

Временной интервал  $\Delta t$  может быть увеличен в  $m$  раз  $\Delta t = m\pi/\omega_0$ , но это приведет к увеличению длительности тестового сигнала и уменьшению его разрешающей способности. Для тестового сигнала, состоящего из прямоугольных импульсов, окончательное выражение можно записать как:

$$A_1 \sin(\tau_1 \omega_0 / 2) - A_2 \sin(\tau_2 \omega_0 / 2) + A_3 \sin(\tau_3 \omega_0 / 2) = 0; \quad (1)$$

где  $A_1, A_2, A_3$  — амплитуды, а  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  — длительности первого, второго и третьего импульсов. Из (1) видно, что при заданных  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, A_1$  и  $\omega_0$  можно, подставляя различные значения амплитуды второго импульса  $A_2$  опре-

делять амплитуду третьего импульса  $A_3$ , что, собственно, и необходимо для реализации синтеза тестового сигнала методом перебора.

Для проведения оценки эффективности разных тестовых сигналов при поиске МОМ контакта необходимо знать вид нелинейного преобразования, связывающего воздействие и отклик. Для установления такой связи был изготовлен шунтирующий МОМ контакт, конструктивно представляющий собой оксидированную стальную пластину, подключенную к общему проводу и стальную иглу, соединенную с сигнальным проводом. Зазор между стальной пластиной и иглой регулировался с помощью винта. На рис. 1 представлена ВАХ полученного МОМ контакта.

ВАХ МОМ контакта на рис. 1 хорошо аппроксимируется выражением  $I(U) = (U + \beta U^3)/R_0$ , где  $\beta = 1 \text{ В}^{-2}$  — коэффициент нелинейности,  $R_0 = 35,5 \text{ Ом}$  — начальное сопротивление МОМ контакта. Вид аппроксимирующего выражения согласно [1] позволяет утверждать, что при вариации зазора между контактами коэффициент нелинейности  $\beta$  будет изменяться мало, тогда как начальное сопротивление  $R_0$  будет меняться в широких пределах. Это означает, что тестовый сигнал, синтезированный для данной ВАХ, при перестройке МОМ контакта и изменении его статического сопротивления останется оптимальным.

По ВАХ рис. 1 для тракта с волновым сопротивлением  $50 \text{ Ом}$ , в который включен шунтирующий линию МОМ контакт, рассчитана зависимость амплитуды отраженной  $U_{\text{отр}}$  составляющей от амплитуды тестового сигнала (падающая составляющая  $U_{\text{пад}}$ ):  $U_{\text{отр}} = -25I_{\text{мом}}(U_{\text{мом}})$ , где  $U_{\text{мом}}$ ,  $I_{\text{мом}}$  — падение напряжения на МОМ контакте и ток через МОМ контакт. Полученная зависимость хорошо аппроксимируется полиномом третьего порядка:

$$U_{\text{отр}} = -0.42U_{\text{пад}} - 0.058U_{\text{пад}}^3. \quad (2)$$

Используя выражение (2), был проведен поиск тестовых сигналов методом перебора с последующей сортировкой по уровню продуктов нелинейного преобразования на частоте локального нуля  $\omega_0$ . При поиске использовались следующие условия: амплитуда первого импульса  $A_1$  фиксирована и равна  $1 \text{ В}$  (с практической точки зрения

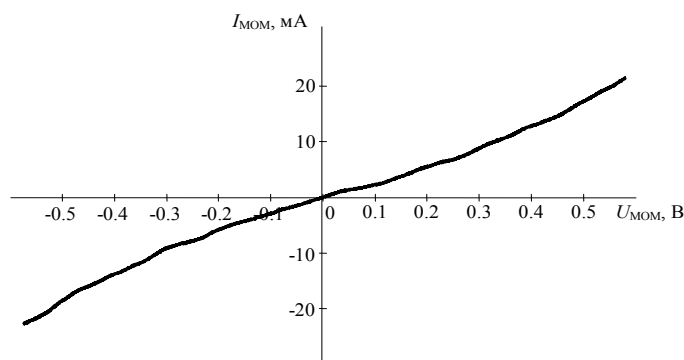


Рис. 1. ВАХ МОМ контакта на основе стальной иглы и оксидированной стальной пластины

Таблица 1

Результаты поиска оптимального тестового сигнала

№	$20\lg\left(\frac{ S_{\text{отр}}(\omega_0) }{\max S_{\text{отр}}(\omega) }\right)$ , дБ	Длительность, нс			Амплитуда, В	
		$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$A_2$	$A_3$
1	-22.2	1	3	3	0.2	-0.151
2	-22.3	1	5	3	0.16	-0.112
3	-22.5	1	3	1	0.24	-0.317
4	-22.9	2	6	4	0.24	-0.228
5	-23.6	3	5	5	0.36	-0.308
6	-24.9	1	—	5	—	-0.235
7	-25.2	1	—	3	—	-0.351

такая амплитуда импульсов не является большой или маленькой); амплитуда второго импульса  $A_2$  изменяется от -1 до 1 В с шагом 20 мВ; амплитуда третьего импульса  $A_3$  по модулю не должна превышать 1 В и рассчитывается исходя из условия существования нуля в спектре тестового сигнала (1) для значения  $\omega_0 = 2\pi \cdot 62.5$  МГц; временная задержка между импульсами  $\Delta t = \pi/2\pi \cdot 62.5$  МГц = 8 нс; длительности импульсов  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  варьируются от 1 до 32 нс с шагом 1 нс; соседние импульсы не перекрываются ( $\tau_1 + \tau_2 \leq 2\Delta t, \tau_2 + \tau_3 \leq 2\Delta t$ ).

Результаты поиска сведены в табл. 1. Во второй колонке представлены значения амплитуд спектральных составляющих в отклике  $S_{\text{отр}}(\omega)$  на частоте локального нуля спектра  $\omega_0$  нормированные относительно максимума спектра  $\max|S_{\text{отр}}(\omega)|$ . В таблице не представлены: повторяющиеся сигналы, сигналы, имеющие незначительные отличия по форме и амплитуде между собой, сигналы с меньшим уровнем продуктов нелинейного преобразования среди подобных.

Анализируя данные табл. 1 можно сказать, что лучший двухимпульсный тестовый сигнал №6 уступает лучшему трехимпульсному тестовому сигналу №1 в уровне продуктов нелинейного преобразования на 2.7 дБ и в разрешающей способности на 1 нс. Лучшую разрешающую способность имеет тестовый сигнал №3 (17 нс) при незначительных потерях в уровне продуктов нелинейного преобразования.

Для проверки полученных результатов была собрана экспериментальная установка, представленная на рис. 2. В состав установки входили: генератор сигналов произвольной формы Tektronix AFG3101 с частотой дискретизации 1 ГГц, цифровой запоминающий осциллограф LeCroy WaveSurfer 454 с частотой дискретизации 2 ГГц, линия задержки (ЛЗ) на 100 нс, персональный компьютер. Работа установки осуществлялась следующим образом. С персонального компьютера с помощью стандартной утилиты ArbExpress в генератор загружалась форма тестового сигнала. Осциллограф регистрировал тестовый сигнал на выходе генератора и отклик от МОМ контакта с задержкой в 200 нс. Терминатор сопротивлением 50 Ом, подключенный к концу линии задержки параллельно МОМ контакту, играл роль эквивалента входного сопротивления приемника.

В эксперименте в качестве воздействия использовался тестовый сигнал №4 из табл. 1 со следующими параметрами:  $\tau_1 = 2$  нс,  $\tau_2 = 6$  нс,  $\tau_3 = 4$  нс,  $A_2 = 0.24$  В,  $A_3 = -0.228$  В. Такой выбор обусловлен тем, что форма трех лучших тестовых сигналов №1–№3 (табл. 1) сильно искажалась из-за малой длительности первого импульса  $\tau_1 = 1$  нс, дисперсии и потерь (0.22 дБ/м) в линии задержки. Также из-за дисперсии и потерь потребовалось увеличить амплитуду исходного тестового сигнала до значения, которое обеспечивало в точке подключения МОМ контакта амплитуду первого импульса 1 В.

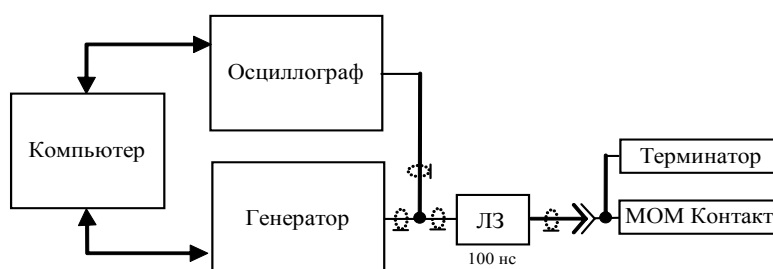


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

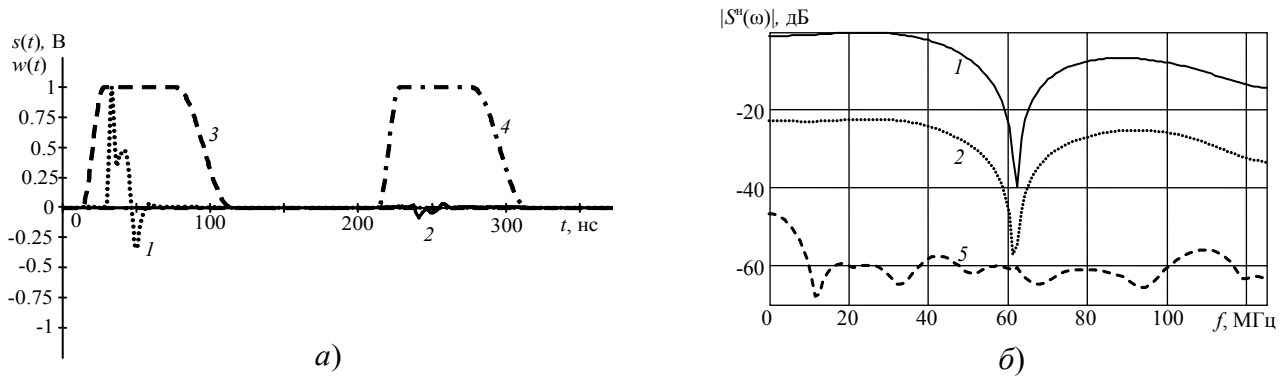


Рис. 3. Результаты эксперимента с резистором во временной (а) и частотной (б) областях:  
1 – тестовый сигнал; 2 – отклик; 3 и 4 – окна стробирования тестового сигнала и отклика; 5 – шум

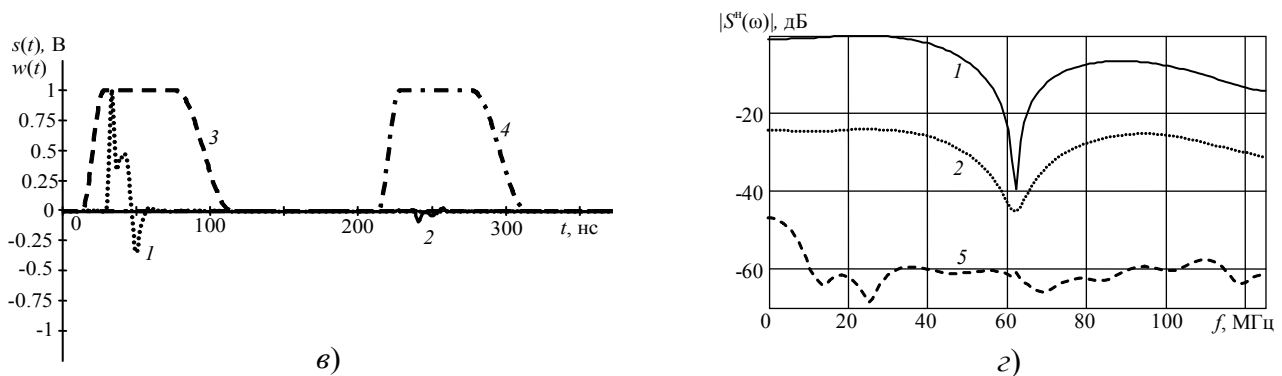


Рис. 4. Результаты эксперимента с MOM контактом во временной (а) и частотной (б) областях:  
1 – тестовый сигнал; 2 – отклик; 3 и 4 – окна стробирования тестового сигнала и отклика; 5 – шум

При проведении измерений первым объектом исследования выступал резистор сопротивлением 200 Ом. Это было необходимо для оценки собственных нелинейных искажений экспериментальной установки. После измерения отклика от резистора в линию включался MOM контакт и настраивался таким образом, чтобы визуально отклики были идентичными. Для уменьшения влияния собственных шумов генератора и осциллографа, наводок на измерительный тракт при регистрации сигнала использовалось усреднение по 1000

осциллограммам. Результаты эксперимента представлены на рис. 3–4.

На рис. 3, а показан тестовый сигнал (кривая 1) и отклик на него (кривая 2) для резистора, а на рис. 4, а аналогичное для MOM контакта. На этих же рисунках проиллюстрировано стробирование тестового сигнала (кривая 3) и отклика (кривая 4) оконной функцией, прототипом которой послужила функция, описанная в [5]. В результате модификации оконной функции из [5] было получено несимметричное окно стробирования:

$$w(t) = \begin{cases} 0, & t_2 + \alpha_2(t_2 - t_1)(1 - K_C) \leq t < t_1 - \alpha_1(t_2 - t_1)K_C; \\ 0,5 + 0,5 \sin\left(\frac{\pi}{2\alpha_1 K_C} \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}\right), & t_1 - \alpha_1(t_2 - t_1)K_C \leq t < t_1 + \alpha_1(t_2 - t_1)K_C; \\ 1, & t_1 + \alpha_1(t_2 - t_1)K_C \leq t < t_2 - \alpha_2(t_2 - t_1)(1 - K_C); \\ 0,5 - 0,5 \sin\left(\frac{\pi}{2\alpha_2(1 - K_C)} \frac{t - t_2}{t_2 - t_1}\right), & t_2 - \alpha_2(t_2 - t_1)(1 - K_C) \leq t < t_2 + \alpha_2(t_2 - t_1)(1 - K_C); \end{cases}$$

где  $w(t)$  – оконная функция,  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты формы окна для левой и правой границ;  $t_1, t_2$  – положения на временной оси левой и правой границ по уровню 0,5;  $K_C$  – коэффициент симметрии окна. Оконные функции соответствующие кривым 3 и 4 на рис. 3, а и рис. 4, а отличаются друг от друга только временным положением и

имеют следующие параметры:  $t_2 = t_1 + 75$  нс,  $\alpha_1 = 0,2$ ,  $\alpha_2 = 0,5$ ,  $K_C = 0,5$ .

На рис. 3, б представлены нормированные амплитудные спектры стробированного тестового сигнала  $S^u(\omega)$  (кривая 1) и стробированного отклика  $S_{отр}^u(\omega)$  (кривая 2) для резистора. На рис. 4, б аналогичное по-

казано для МОМ контакта. Нормирование этих спектров проводилось относительно максимума амплитудного спектра тестового сигнала. Сопоставляя спектры откликов от резистора (рис. 3, б, кривая 2) и от МОМ контакта (рис. 4, б, кривая 2), нетрудно заметить, что минимум в спектре отклика от резистора находится вблизи уровня собственных шумов экспериментальной установки (рис. 3, б, кривая 5), в то время как у МОМ контакта он «заполнен» спектральными составляющими из-за нелинейного преобразования. Если провести нормирование амплитудного спектра отклика от МОМ контакта (см. рис. 4, а, кривая 2) к собственному максимуму, то на частоте  $\omega_0 = 2\pi \cdot 62.5$  МГц амплитуда спектральной составляющей имеет значение  $-21,2$  дБ. Согласно табл. 1 для тестового сигнала №4 теоретически эта величина равна  $-22,9$  дБ, что на  $1,1$  дБ меньше значения, полученного в эксперименте.

Разницу в  $1,1$  дБ между теоретическим и экспериментальным результатом можно считать незначительной в виду того, что из-за перестройки МОМ контакта немного изменялся коэффициент нелинейности. Кроме того, работая на высоких частотах трудно избежать частотных искажений тестового сигнала, приводящих к искажению формы.

В качестве дополнительных исследований были проведены исследования нелинейности преобразования сигналов МОМ-контактом классическими методами. При воздействии на МОМ контакт одночастотным или двухчастотным радиоимпульсом получались сопоставимые уровни продуктов нелинейного преобразования с раз-

бросом в меньшую сторону от 0 до 3 дБ. То есть, синтезированный тестовый сигнал не уступает в данном случае классическим методам исследования нелинейных свойств объектов и имеет такую же или даже лучшую чувствительность. Также стоит отметить то, что радиоимпульсы имели длительность в 5–10 раз превышающую длительность синтезированного тестового сигнала. Только при такой длительности радиоимпульсов уменьшалось влияние эффекта растекания спектра, и становилось возможным наблюдение комбинационных частот в случае двухчастотного воздействия и гармоник — в случае одночастотного воздействия.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- если сравнивать между собой характеристикилучшего двухимпульсного тестового сигнала с лучшим трехимпульсным тестовым сигналом (табл. 1, сигналы №6 и №1), то двухимпульсный тестовый сигнал уступает трехимпульсному в уровне продуктов нелинейного преобразования на 2.7 дБ и в разрешающей способности на 1 нс.
- синтезированный тестовый сигнал не уступает классическим методам исследования нелинейных свойств объектов и имеет такую же или даже лучшую чувствительность, и большую в 5–10 раз разрешающую способность;

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09–08–99041), Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственные контракты № П453 и № П2175).

#### Литература:

1. Штейншлейгер В.Б. Нелинейное рассеяние радиоволн металлическими объектами // Успехи физических наук. — 1984. — Т. 142. — Вып. 1. — С. 131–145.
2. Семёнов Э.В. Нелинейная рефлектометрия с применением видеоимпульсных тестовых сигналов // Известия Том. политех. ун-та. — 2006. — Т. 307, № 3. — С. 153–155.
3. Тартаковский Б.Д. Научное совещание по электроакустике // Усп. физ. наук. — 1956. — Т. LVIII, вып. 2. — С. 350–351.
4. Пат. 2227921 РФ, МПК7 G01R23/16, G01S13/00. Способ исследования нелинейных свойств объекта / Э.В. Семёнов (РФ). — № 2002123629; заявл. 04.09.2002; опубл. 27.04.2004; Бюл. — № 12 (III ч.) — 1 с.
5. Павлов А.П., Семёнов Э.В. Выбор окна стробирования при исследовании нелинейности преобразования сигнала путем наблюдения за нулями его спектра // Известия Высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. Изд. СПбГТУ «ЛЭТИ», 2010. — №4. — С. 26–31.

## 3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

### Исследование методов автоматического управления умным домом

Бу Т.З., магистрант; Кизим А.В., кандидат технических наук, доцент  
Волгоградский государственный технический университет

На сегодняшний день разработка системы управления умным домом является одним из приоритетных направлений развития автоматизированных систем. В современной системе умного дома, имеющей открытую архитектуру, каждая из систем работает в оптимальном режиме за счет обмена данными с другими системами здания, что в итоге позволяет максимизировать эффективность работы всей системы в целом.

Существуют следующие методы управления умным домом:

- автоматическое управление умным домом на основе датчиков;
- управление умным домом с помощью пульта дистанционного управления и панели управления;
- удаленного управления.

#### **Автоматическое управление умным домом на основе датчиков**

Система управления домом на основе датчиков и микроконтроллеров используется для управления таких систем, как: системы климат контроля, системы безопасности, системы контроля освещения, системы контроля доступа и т.д. В системе содержится следующие типы датчики: датчик присутствия, датчик дыма, датчик движения, датчик темпе-

ратуры, датчик освещения, датчик протечки воды и т.д. Архитектура системы автоматического управления домом на основе датчиков, представлена на рисунке 1.

#### **Датчик движения и присутствия**

Датчики движения — автоматические инфракрасные выключатели. Датчикам инфракрасного излучения поручено «замечать» человека, а как только человек появляется в зоне их действия, они дают команду «есть движение» к микроконтроллеру, затем микроконтроллер дает команду «замкнуть контакты» на релейную часть — и свет включается.

Типичная ошибка — устанавливать датчик движения не в проходных помещениях (коридор, лестничная клетка, кладовка), а в комнатах, где человек находится постоянно.

Разновидность инфракрасных выключателей — датчики присутствия. Они также зажигают свет, когда в зону обнаружения попадает человек. Но их чувствительность в несколько раз выше, чем у предыдущих изделий, поэтому они реагируют даже на малейшее движение. Обычно датчики присутствия потолочного исполнения и охватывают всю комнату [1].

Датчик присутствия относится к группе пассивных ИК датчиков, как датчики движения или датчики движения

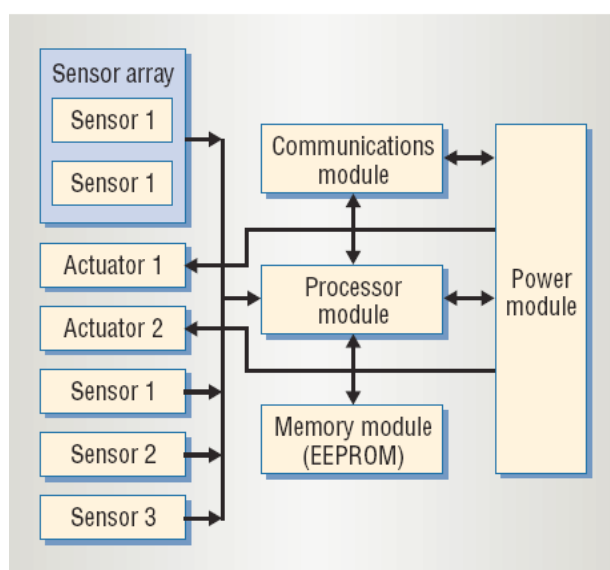


Рис. 1. Архитектура системы управления домом на основе датчиков

охранной системы. Эти устройства следует различать по их внутренней схеме, детектированию и обработке сигнала, что определяет их применение [2]:

- после обнаружения движения датчик движения включает освещение в зависимости от освещенности и выключает в зависимости от освещенности, если движение больше не обнаруживается;

- датчик движения охранной системы выдает сигнал об обнаружении движения (импульс) центральной охранной системе независимо от освещенности. Количество импульсов, передаваемых в течение определенного промежутка времени, часто можно задавать произвольно;

- датчик присутствия спроектирован для включения освещения в зависимости от освещенности при обнаружении движения и выключения, если освещение больше не нужно. Это происходит, если освещенность без искусственного освещения достаточна, или больше нет присутствия людей. Это обозначает, что «присутствие» людей детектируется в зависимости от предустановленного порога освещенности;

- датчик присутствия монтируется только под потолком помещения и контролирует поверхность под собой. Он имеет пассивный ИК датчик и реагирует на тепловые перемещения, вызываемые людьми, животными или предметами [3];

#### **Датчик освещения**

Датчик освещения (датчик освещенности) применяют в системе управления освещением дома для контроля освещенности в помещении в зависимости от времени. Датчик освещения предназначен для автоматического включения электрических источников освещения (лампы, прожекторы, светильники) при наступлении условий недостаточной видимости. Другими словами датчики освещения позволяют включить источник света при наступлении сумерек. По исполнению датчики освещенности бывают малогабаритными и стандартными. Малогабаритные датчики освещения могут встраиваться непосредственно в светильники, стандартные устанавливаются в помещении на стенах.

#### **Датчик дыма и температуры**

Системы с датчиком температуры позволяют управлять температурой в конкретном помещении. Система самостоятельно создает комфортные условия для сна — к ночи температура понизится, а к утру понизится. Для того, чтобы выставить требуемую температуру в комнате, достаточно задать значение температуры на панели электронного термостата или сенсорной управляющей панели. Система сама решит, какое тепловое устройство (радиаторы отопления, теплые полы, тепловентиляторы, кондиционеры) и на какую мощность включить, чтобы добиться заданных параметров. При этом мощность и количество включенных тепловых приборов будут выбраны в зависимости от уличной температуры и нужной скорости прогрева.

Система безопасности с использованием дымовых и тепловых пожарных датчиков. Использование качест-

венных профессиональных датчиков предотвратит возгорание, своевременно сообщив пользователю о месте и типе возможного происшествия, в том числе на системы визуализации, монитор, телевизор, сенсорные панели, мобильные и стационарные телефоны.

#### **Управление умным домом с помощью пульта дистанционного управления и панели управления**

Пульт дистанционного управления и панель управления — наиболее распространенное управляющее устройство. Выбор пульта дистанционного управления широк: от пульта с одной кнопкой до универсального пульта, способного управлять практически всеми бытовыми приборами. Пульт управляет модулями: сигналы принимает трансивер и преобразует их в команды, передаваемые в электрическую сеть. Трансивер может быть выполнен как отдельное устройство, а может быть совмещен с другим устройством. Подключив трансивер в обычную электрическую розетку, мы можем с дистанционного пульта «включить/выключить» электрический прибор, изменить яркость освещения, «включить/выключить» весь свет. Удобство неоспоримо — из любой точки дома можно управлять и освещением, и любыми электроприборами.

Основные устройства системы:

- пульт дистанционного управления;
- трансивер (приемо-передатчик).

Пульт дистанционного управления используется для передачи основных команд, таких как включения и выключения света или изменение его яркости. Существуют различные методы передачи сигналов пульта дистанционного управления: ИК, радио и Bluetooth.

В настоящее время самым распространенным пультом дистанционного управления является универсальный пульт. Универсальный пульт дистанционного управления — это разновидность ПДУ, предназначенная для управления несколькими бытовыми устройствами.

Трансивер предназначен только для передачи сигналов от пульта другим устройствам по электропроводке. С его помощью все команды, которые мы подаем с пульта, передаются соответствующим устройствам, находящимся в любом месте дома. Бывают также трансиверы, которые могут сами управлять электрическими приборами. В этом случае трансивер не только передает сигналы от пульта, но и исполняет те команды, которые ему посылаем.

#### **Система удаленного управления**

Система удаленного управления домом — управление домом с компьютера или мобильного телефона.

Для управления домом с помощью компьютера необходимо наличие сервера системы умный дом. С одной стороны сервер встраивается в локальную сеть (это и витая пара и точки доступа WiFi) дома, с другой подключается к информационной системе управления. Далее сервер превращается в простого посредника: он перенаправляет команды, пришедшие по локальной сети от нас к управляющим устройствам дома. И наоборот он собирает



информацию от систем дома и посылает ее нам по локальной сети. Не нужно привыкать к новому интерфейсу — сервер системы умный дом это веб-сервер, поэтому для общения с ним мы используем обычный веб-браузер. Это утилитарность дает еще одно важное преимущество: если локальная сеть подключена к Интернету то, нам необязательно находится дома — можем быть где угодно — общение с умным домом будет выглядеть абсолютно также. Посредником между нами и домом может выступать как стационарный компьютер, находящийся у нас дома или, скажем, в Интернет-кафе, так и портативный компьютер или телефон — коммуникатор. Если нет под рукой ни одного из перечисленного выше устройства, мы можем сделать это непосредственно с помощью мобильного телефона — сервер поддерживает WAP технологию [4].

Интернет сервер умного дома также несет на себе функцию обратной связи дома с нами. Формируя с помощью веб-камеры изображения различных частей дома, сервер может ретранслировать ее нам в реальном времени с помощью Интернет. Или, например, он может проинформировать о внештатной ситуации, случившейся в наше отсутствие.

#### Литература:

1. Архипов, В. Системы для «умного» здания / В. Архипов. — М.: «СтройМаркет», 1999. — № 45. — 182 с.
2. Евсеев, Ю.А. Симисторы и их применение в бытовой электроаппаратуре / Ю.А. Евсеев, С.С. Крылов. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 120 с.
3. Быков, В.С. Введение в технологию X-10 / В.С. Быков. — М.: Лаборатория домашних технологий i-Home, 2006. — 25 с.
4. 4. Управление умным домом через интернет [Электронный ресурс] [2006]. - Режим доступа: <http://smarthouse.rostov.ru>.
5. Акустические системы, системы освещения, конференц-системы и системы оповещения [Электронный ресурс] [2008]. — Режим доступа : <http://www.iberi.ru/?trid=693>.

## Разработка алгоритма работы системы автоматического выделения поврежденных секций

Завражин В.В., преподаватель

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Рассмотрим алгоритм работы системы автоматического выделения поврежденных секций (АВПС) контактной сети железных дорог переменного тока (рисунок 1). Любая система состоит из множества блоков (подсистем). Так и система АВПС состоит из нескольких блоков, [1].

Алгоритм работы системы начинается с *основного блока*, который в свою очередь состоит из двух больших блоков. Первый блок постоянно контролирует целостность проводов контактной сети. Известно, что обрыв одного из проводов контактной сети может и не вызвать короткого замыкания. Однако такое повреждение необходимо быстро устранить и предотвратить выезд поездов на

Удаленный контроль обычно доступен с мобильного телефона или через Интернет. Практичность этой опции сомнений не вызывает. Заблаговременно включив освещение, мы сможем создать нужную для комфорта освещения и температуру в помещении к своему приезду. Или, послав запрос со своего телефона, вы узнаете о текущем состоянии системы и при необходимости отрегулируете ее работу. Для защиты от несанкционированного доступа, как правило, используют ввод пароля.

#### Вывод

В результате анализа методов управления умным домом можно делать следующие выводы:

- при управлении домом с помощью пульта дистанционного управления может возникать несанкционированный доступ к устройствам по электросети, так как возможно попадание управляющих сигналов из одной квартиры через электрическую сеть в другую квартиру;
- возможна внешняя атака на домашнюю сеть посредством «чужого» радиопуланта, так как система не предусматривает никакой системы паролей и предполагает совместимость любого передатчика управляющих сигналов с любым приемником.

поврежденный участок. Для этого данный участок необходимо отключить (выделение поврежденной секции контактной сети). Также необходимо определить место, где произошел обрыв.

Второй блок осуществляет контроль наличия короткого замыкания на фидерной зоне. Если на фидерной зоне произошло к.з. то система автоматически выделяет поврежденный участок. Этот блок должен быть интегрирован в релейную защиту.

Далее суммарная информация о повреждении передается поездному и энергодиспетчеру для согласованности их действий для скорейшей ликвидации этого повреждения.

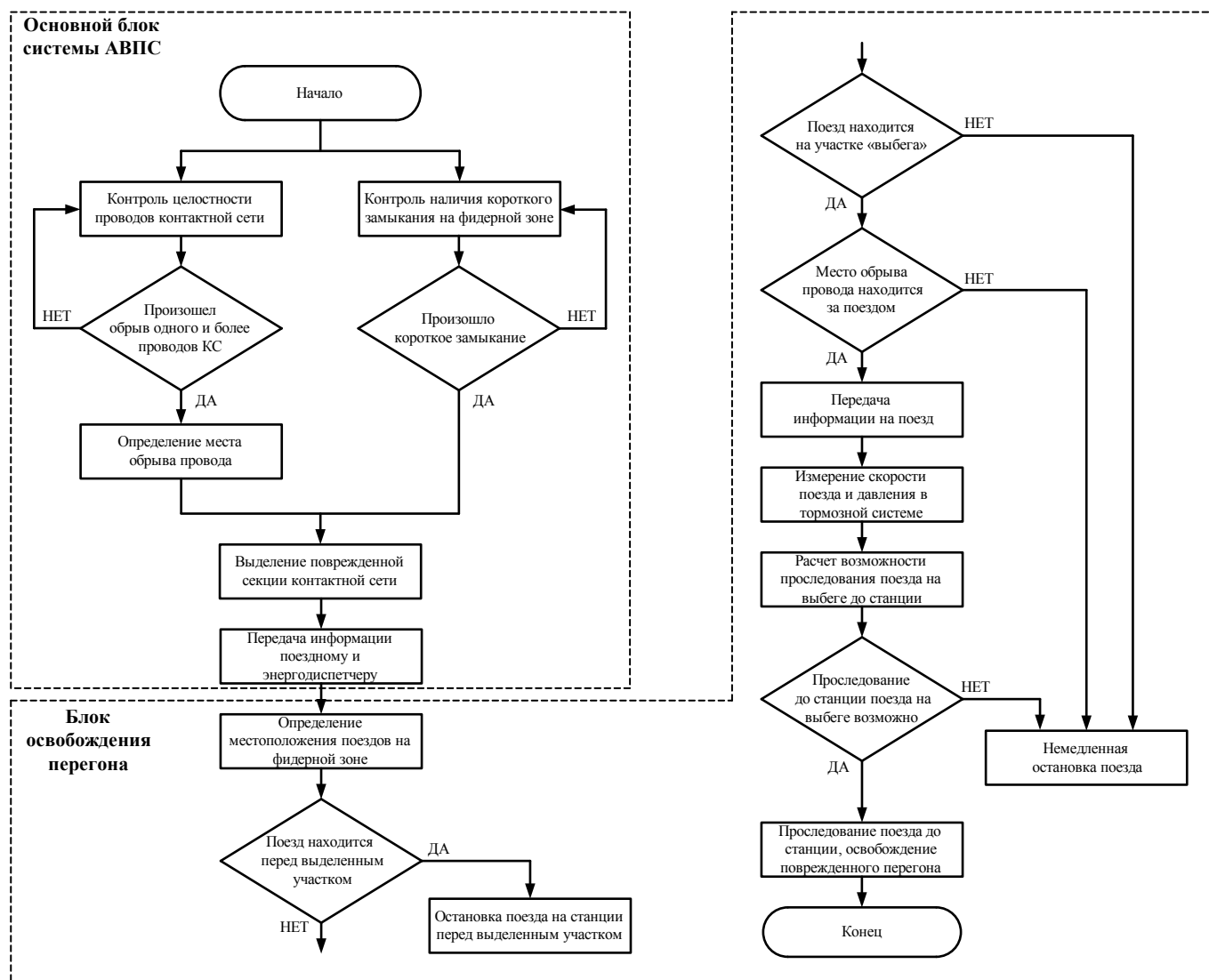


Рис. 1. Алгоритм работы системы АВПС

Основной блок предназначен лишь для выделения поврежденных секций контактной сети и может использоваться как самостоятельная система на участках где отсутствует возможность или необходимость быстрого освобождения поврежденного перегона.

Там же где такая возможность имеется, после основного блока в работу вступает блок *освобождения перегона* (БОП). БОП, как и основной блок, состоит из нескольких более мелких блоков, первый из которых — блок определения местоположения поездов. Если поезд находится перед поврежденным участком, то он должен остановиться на станции. Если же поезд находится на участке, на котором произошло повреждение, то возможны два варианта, [2].

Первый вариант: поезд не находится на участке «выбега». Участок «выбега» — участок железной дороги перед станцией на каждой выделяемой секции. Длина этого участка определяется исходя из профиля пути и возможности поезда, при нормативной скорости и весе, на выбеге доехать до ближайшей станции и освободить поврежденную секцию контактной сети для быстрой лик-

видации повреждения. Для обеспечения безопасности движения, длина такого участка не должна превышать 5–7 км. Поскольку, при длительном движении поезда без тока, запас сжатого воздуха в тормозной системе не пополняется. Тем самым снижается безопасность движения. Если поезд не находится на таком участке то передается команда немедленной остановки. Второй вариант: поезд находится на участке «выбега». В этом случае происходит переход к следующему блоку. В этом блоке происходит сопоставление положения поезда, находящегося на участке «выбега», и места обрыва провода контактной сети, при условии, что такой обрыв произошел. Если место обрыва находится перед поездом или над ним, то поступает команда о немедленной остановке таких поездов.

Если же поезд уже проехал место обрыва, то общая информация передается на этот поезд, где происходит измерение всех необходимых параметров для расчета возможности проследования поезда до ближайшей станции. Затем происходит расчет этой возможности. При невозможности проследования на выбеге до станции, проис-

ходит остановка поезда. В противном случае дается команда «опустить токоприемник» и на выбеге доехать до станции.

Очевидно, что система АВПС позволяет снизить суммарное время задержки поездов, при возникновении устойчивого повреждения на контактной сети.

#### Литература:

1. Дынькин, Б.Е. Результаты разработки аппаратуры для определения места повреждения в тяговой сети / Б.Е. Дынькин, А.К. Дорохов, А.Г. Иванов // Исследование режимов работы и надежности устройств электроснабжения дорог переменного тока. межвуз. сб. науч. тр. / ДВГАПС. — Хабаровск: 1994. С.28—35.
2. Дынькин, Б.Е. Устройство для определения расстояния до места короткого замыкания в тяговой сети железных дорог переменного тока / Б.Е. Дынькин, А.Г. Иванов // Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта Сибири и Дальнего востока: материалы научно-технической конференции / Под ред. С.М. Гонарчука. — Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 1999. — С.162.

## Синтез логико-динамической системы оптимального управления нелинейным неголономным объектом типа «мобильный робот»

Тимченко Д.Н., магистрант

Самарский государственный технический университет

Одним из важных направлений современного этапа развития теории и практики оптимального управления является исследование гибридных систем, в которых непрерывно изменяющиеся компоненты, как правило, отражают физические законы, технологические или технические принципы, а дискретно меняющиеся моделируют работу устройств управления.

К гибридным системам относятся и логико-динамические системы (ЛДС). Динамическая часть ЛДС, задающая движение объекта управления (ОУ), описывается дифференциальными уравнениями, а логическая (автоматная) часть, моделирующая работу устройства управления, — рекуррентными включениями или уравнениями. Такая модель применима для описания широкого класса многорежимных систем автоматического управления техническими комплексами, технологическими и экономическими процессами.

Уравнения движения неголономных систем обладают специфической структурой, которую необходимо учитывать как при решении вопросов устойчивости, так и при решении задач стабилизации. Мобильный робот — моноцикл схематически состоит из двух независимых ведущих колес на общей оси, чье направление строго связано с шасси робота и одного или нескольких пассивно ориентированных роликов-колес, которые служат для поддержания направления. Иногда моноцикл представляется в виде простого колеса. Схематичное изображение моноцикла представлено на рисунке 1.

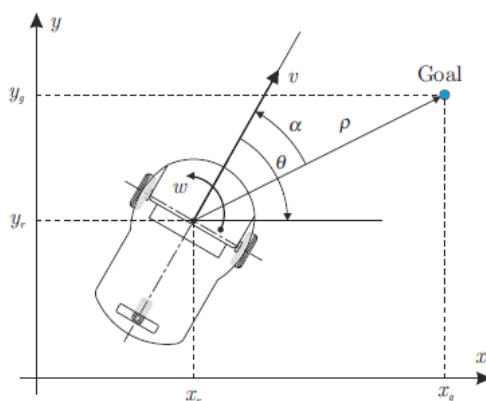


Рис. 1. Схематическое представление моноцикла

Кинематическая модель моноцикла в декартовых координатах является системой трех нелинейных дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v \cdot \cos(\theta) \\ \dot{y} &= v \cdot \sin(\theta), \\ \dot{\theta} &= \omega\end{aligned}\tag{1}$$

где  $x$  и  $y$  — декартовы координаты центра оси,  $\theta$  — угол поворота,  $v$  — линейная скорость движения робота,  $\omega$  — угловая скорость поворота [3,4].

Для упрощения процедуры синтеза оптимального управления ЛДС осуществим линеаризацию модели ОУ с использованием обратных связей (feedback linearization). Для этого перейдем вначале к канонической форме представления, так называемой цепочечной форме (chained form) вида:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= u_1 \\ \dot{x}_2 &= u_2 \\ \dot{x}_3 &= x_2 u_1\end{aligned}\quad (2)$$

Цепочечная форма представления (2) также нелинейна, но имеет в основе четкую линейную структуру. В [5] было показано, что такая система полностью управляема.

Переход от (1) к (2) осуществляется заменой переменных

$$\begin{aligned}x_1 &= -\theta \\ x_2 &= x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta \\ x_3 &= -x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta \\ v_1 &= x_3 u_1 + u_2 = (-x \cdot \sin \theta + y \cos \theta) u_1 + u_2 \\ v_2 &= -u_1\end{aligned}$$

Введем следующие переменные

$$\begin{aligned}q_1 &= x_1 \\ q_2 &= x_3^{1/3} \\ q_3 &= \frac{1}{3} x_2 x_3^{-1/3}\end{aligned}$$

К полученной системе применим линеаризацию с помощью обратной связи вида

$$v = \frac{1}{3} x_3^{-1/3} u_2 - \frac{1}{9} x_2^2 x_3^{-1}.$$

Трансформированная линейная система находится в канонической форме Бруновского:

$$\begin{aligned}\dot{q}_1 &= q_2 \\ \dot{q}_2 &= q_3 \\ \dot{q}_3 &= u\end{aligned}\quad (3)$$

Учитывая дискретный характер работы устройства управления, модель ЛДС примет вид:

$$\begin{aligned}\dot{q}_1 &= q_2 \\ \dot{q}_2 &= q_3 \\ \dot{q}_3 &= y \\ y &= v\end{aligned}$$

Задача синтеза оптимального управления ЛДС рассматривалась в работах Бортакковского А.С. [1,2]. Опираясь на полученные им результаты, осуществим синтез логико-динамической системы оптимального управления нелинейным неголономным объектом типа «мобильный робот». Общий вид модели объекта ЛДС представляется следующим образом:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A(t)x(t) + B(t)y(t_k) + C(t)u(t), t_k \leq t < t_{k+1} \\ y(t_{k+1}) &= C_{k+1}y(t_k) + D_{k+1}v(t_{k+1}) + G_{k+1}x(t_{k+1}), k = 0, 1, \dots, N-1 \\ x(t_0) &= x_0, y(t_0) = y_0,\end{aligned}$$

где  $A(t)$ ,  $B(t)$ ,  $C(t)$  — матрицы размера  $(n \times n)$ ,  $(n \times q)$ ,  $(n \times m)$  соответственно элементы которых непрерывны;  $C_{k+1}$ ,  $D_{k+1}$ ,  $G_{k+1}$  — матрицы размера  $(m \times q)$ ,  $(m \times s)$ ,  $(m \times n)$  соответственно; на управление ограничений не наложено,  $u \in U = R^q$ ,  $v \in V = R^s$ . Если функционал качества управления имеет вид

$$J = \int_{t_0}^{t_1} \left[ \frac{1}{2} x^T(t) S(t) x(t) + x^T(t) \Phi(t) y(t) + \frac{1}{2} u^T(t) Q(t) u(t) \right] dt + \\ + \sum_{\tau} \left[ \lambda_{\tau} + \frac{1}{2} x^T(\tau) \Lambda_{\tau} x(\tau) + x^T(\tau) \Psi_{\tau} y(\tau - 0) + \frac{1}{2} y^T(\tau) R_{\tau} y(\tau) + \frac{1}{2} v^T(\tau) P_{\tau} v(\tau) \right] + \\ + \frac{1}{2} x^T(t_N) \Lambda_{N+1} x(t_N) + x^T(t_N) \Psi_{N+1} y(t_N) + \frac{1}{2} y^T(t_N) R_{N+1} y(t_N), \quad (4)$$

то оптимальное управление  $(u^*(t, x, y), v^*(t, x, y)) \in U_n$  с полной обратной связью, минимизирующее функционал (4), имеет следующую структуру [1,2]:

$$u^*(t, x, y(t_k)) = Q^{-1}(t) B^T(t) [K(t)x + L(t)y(t_k)], \quad t_k \leq t < t_{k+1},$$

$$v^*(t_{k+1}, x(t_{k+1}), y(t_k)) = [P_{k+1} - D_{k+1}^T M(t_{k+1}) D_{k+1}]^{-1} D_{k+1}^T \times \{ [L^T(t_{k+1}) + M(t_{k+1}) G_{k+1}] x(t_{k+1}) + M(t_{k+1}) C_{k+1} y(t_k) \}$$

где  $k = 0, 1, \dots, N-1$

Используя общую структуру функционала качества (4), сформируем критерий качества:

$$J = \int_{t_0}^{t_1} \left[ \frac{1}{2} q^T(t) D(t) q(t) \right] dt + \sum_{\tau} \left[ \lambda_{\tau} + \frac{1}{2} q^T(\tau) D_{\tau} q(\tau) + \frac{1}{2} y^T(\tau) F_{\tau} y(\tau) + \frac{1}{2} v^T(\tau) Q_{\tau} v(\tau) \right] + \\ + \frac{1}{2} q^T(t_1) D_1 q(t_1) + x^T(t_1) G_1 y(t_1) + \frac{1}{2} y^T(t_1) F_1 y(t_1). \quad (5)$$

Указанный алгоритм расчетов оптимального управления был реализован в среде MATLAB. В качестве примера на рис. 3 представлена траектория движения моноцикла из начального положения (1;1;0) в точку (0;0;0) при оптимальном управляющем воздействии.

При применении данного метода к исследуемому объекту управления появляются некоторые замечания. Во-первых, оптимизация проводится по косвенному критерию. В выражении (5) используются переменные не исходного, а линеаризованного объекта. Поэтому данный критерий принимает сложный вид при обратной трансформации к переменным состояния объекта, из-за чего трудно определить физический смысл каждой компоненты. Во-вторых, интервал времени, за которое система переводится в конечное положение при нужной точности, требуется выбирать опытным путем.

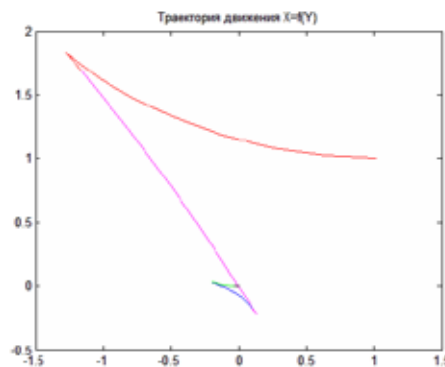


Рис. 3. Траектория движения моноцикла из начального положения (1;1;0) в точку (0;0;0) при оптимальном управлении

Сравним синтезированное решение с управлением, которое обеспечивает гибридный регулятор [6]. Определим необходимые условия, при одновременном выполнении которых будем считать, что объект стабилизирован.

1. Сумма модулей координат центра оси моноцикла была менее 0.001 (точность достижения конечного положения).
2. Отклонение по углу в конечном положении менее  $1^\circ$  (точность достижения конечного положения).
3. Угловая скорость менее 0.05 (для гарантированности стабилизации).

В результате вычислительных экспериментов было выявлено, что оба регулятора выполняют асимптотическую стабилизацию данного объекта. Полученные для двух регуляторов переходные процессы изображены на рисунках 4, 5. Сравнительная характеристика показателей качества двух регуляторов приведена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей качества двух регуляторов

	Гибридный регулятор	Программный регулятор
Время переходного процесса, с	16	100
Длина траектории	1.874	1.409
Интеграл от квадрата управления по линейной скорости	0.5407	0.8723
Интеграл от квадрата управления по угловой скорости	2.217	2.662

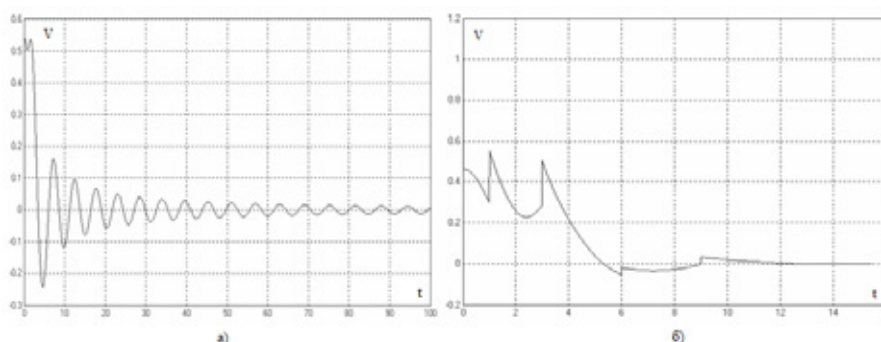


Рис. 4. График изменения линейной скорости моноцикла под управлением  
а) гибридного регулятора, б) программного регулятора

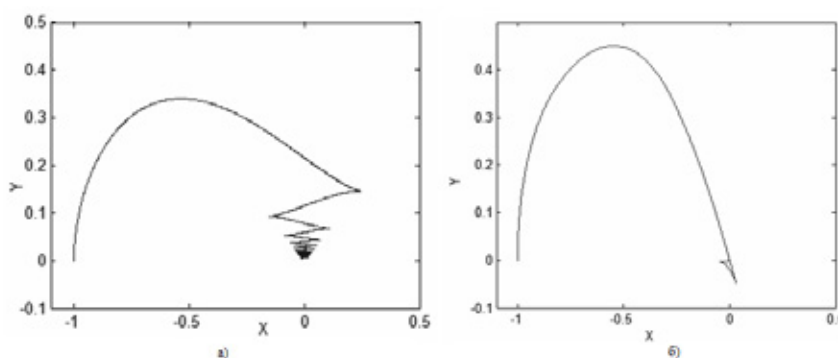


Рис.к 5. Графики траектории движения моноцикла под управлением  
а) гибридного регулятора, б) программного регулятора

Как видно из приведенных выше численных значений критериев сопоставления работы регуляторов, программный контроллер значительно лучше. Кроме того, из рисунка 5а) виден недостаток функционирования гибридного регулятора, выраженный в колебательности его переходных процессов.

Однако следует упомянуть и о недостатках программного управления. К ним относятся: необходимость больших вычислительных мощностей для расчета управления, чувствительность к помехам и неопределенностям объекта.

#### Литература:

1. Пантелеев А.В., Бортакровский А.С. — Теория управления в примерах и задачах — Высшая школа, 2003. — 585с.
2. Бортакровский А.С. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.



3. Bruno Siciliano, Oussama Khatib. Springer Handbook of Robotics; 2008.
4. A. De Luca G. Oriolo C. Samson. Feedback Control of a Nonholonomic Car-Like Robot.
5. Zhendong Sun, S.S. Ge, Wei Huo, T.H. Lee. Stabilization of nonholonomic chained systems via nonregular feedback linearization.
6. D. Liberzon. Switching in Systems and Control

## 4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### Исследование области притяжения нелинейной системы в условиях интервальной неопределенности

Галикеева Ю.Р., магистрант

Уфимский государственный авиационный технический университет

При проектировании летательных аппаратов (ЛА) важное значение имеют вопросы исследования устойчивости и определения допустимых значений параметров, характеризующих состояние ЛА, при которых обеспечивается устойчивое состояние. ЛА — сложный объект, описываемый в общем случае нелинейными дифференциальными уравнениями больших порядков. В работе предложена методика расчета интервальной матрицы, необходимой для синтеза автопилота, обеспечивающего заданную область притяжения,

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений, описывающих продольное движение ЛА [1].

$$\begin{cases} \dot{V} = \frac{F_x}{m} \\ \dot{\alpha} = \omega_z - \frac{F_y}{M} \\ \dot{\omega}_z = \frac{M_{Rz}}{J_z} \\ \dot{\vartheta} = \omega_z; \end{cases} \quad (1)$$

где  $V$  — скорость самолёта истребителя,  $m$  — его масса,  $F_{xk}, F_{yk}$  — проекции суммы внешних сил, действующих на ЛА, и тяги на соответственно оси  $Ox, Oy$  связанной системы координат,  $M_{Rz}$  — проекция момента внешних сил на ось  $Oz$ ,  $\omega_z$  — угловая скорость относительно оси  $Oz$ ,  $\vartheta$  — угол тангажа,  $J_z$  — момент инерции относительно оси  $Oz$ .

Для разложения в ряд Тейлора уравнений (1) необходимо знать аналитическое выражение величин  $M_{Rz}, F_{xk}, F_{yk}$ . Данные зависимости сложны и определяются из теоретических выводов и опытных испытаний [1–3]. Результаты опытных испытаний имеют графическое представление [2], для определения их аналитических зависимостей предлагается применить аппроксимацию полиномами Чебышева [4]:

$$\begin{aligned} y^*(x) &= \sum_{k=0}^n b_k T_k(\xi); \quad \forall x \in [x_{\min}; x_{\max}] \\ T_{v+1}(\xi) &= 2\xi T_v(\xi) - T_{v-1}(\xi); \quad T_0(\xi) = 1, \\ T_1(\xi) &= \xi, \quad \xi = \left( \frac{2(x - x_{\min})}{x_{\max} - x_{\min}} - 1 \right); \quad -1 \leq \xi \leq 1 \\ b_k &= \frac{2}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \tilde{y}(\xi_j) T_k(\xi_j); \quad b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \tilde{y}(\xi_j); \quad \tilde{y}_i = \frac{1}{2N+1} \sum_{j=i-N}^{i+N} y_j \\ \xi_j &= \cos[(2i+1)\pi/2n] \quad i = 0, 1, \dots, n-1, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $y^*(x)$  — искомая аналитическая зависимость аппроксимированной функции определённой на интервале  $[x_{\min}; x_{\max}]$ ;

$T(\xi)$  — полиномы Чебышева,

$y$  — дискретные значения функции, полученные из графических зависимостей

$\tilde{y}$  — сглаженные дискретные значения функции,

$x$  — область определения искомой функциональной зависимости.

Для численных расчётов, были использованы характеристики на самолёт МИГ 29.

Пример аппроксимации данным методом представлен на рисунке 1, здесь изображена зависимость дополнительного коэффициента лобового сопротивления от числа Маха.

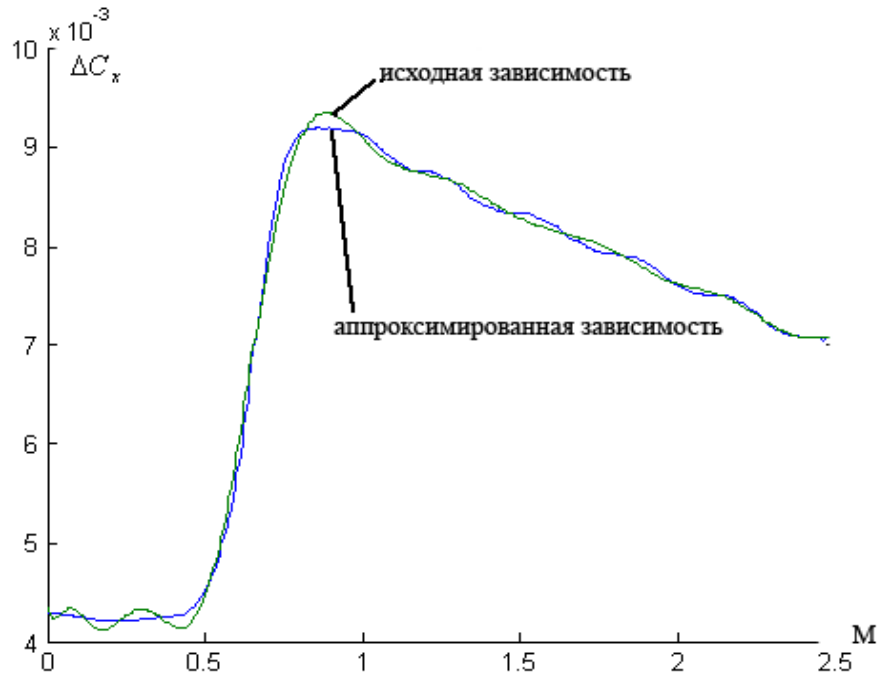


Рис. 1. Аппроксимация зависимости дополнительного коэффициента лобового сопротивления от числа Маха ортогональными полиномами Чебышева

Пусть исследуемая система описывается совокупностью обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{x}(t) = f(x, u). \quad (3)$$

Разложив функцию  $f(x, u)$  в ряд Тейлора и пренебрегая нелинейной частью этого разложения, получим

$$\dot{x} = Ax(t) + Bu(t) \quad (4)$$

где  $A = f'_x(0,0)$ ,  $B = f'_u(0,0)$ .

По линейному приближению (4) можно судить о свойствах системы (3) в малой окрестности точки разложения.

Однако на практике нужно знать, в какой окрестности исходной точки линеаризованная модель сохраняет свою адекватность и при каких отклонениях недопустимо пренебрегать нелинейными слагаемыми. Для этого используется понятие области притяжения положения равновесия нелинейной системы (3).

В общем случае под областью притяжения  $\Omega$  системы (3) понимают наибольшую область начальных отклонений  $x(0)$ , при которых решения этой системы являются асимптотически устойчивыми, или, иначе, устойчивые решения, удовлетворяющие условиям

$$\begin{aligned} x(x_0, t_0, t) &\in \Omega, \quad \forall t \geq t_0; \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \|x(x_0, t_0, t)\| &= 0, \quad \forall x_0 \in \Omega, \end{aligned} \quad (5)$$

принадлежат области притяжения нулевого положения равновесия системы (3).

Пусть область притяжения задается в виде многомерного параллелепипеда в пространстве состояний исследуемой системы

$$p_i \leq x_i \leq q_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Чтобы найти соотношения, при выполнении которых система будет устойчивой в области (6), осуществим линеаризацию ее математической модели в вершинах данного параллелепипеда. В результате получим следующий спектр линеаризованных моделей

$$\dot{x}(t) = A_k x(t) + B_k(x, t) \quad k = 1, 2, \dots, 2^n. \quad (7)$$

Дальнейшее исследование предполагает построение интервальной матрицы вида

$$\tilde{A} \in M_{n \times n}(I(R)), \quad \tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{n \times n}, \quad (8)$$

где  $M_{n \times n}(I(R))$  – множество матриц, элементами которых являются вещественные интервалы  $I(R)$ ;  $\tilde{a}_j = [a_j; \bar{a}_j]$  – интервальные элементы этой матрицы, нижние и верхние границы которых вычисляются следующим образом. В случае, когда функции  $f'_x(x, u)$ ,  $f'_u(x, u)$  являются монотонными в области (4) или, что-то же самое, функции  $f''_x(x, u)$ ,  $f''_{xu}(x, u)$ ,  $f''_u(x, u)$  являются знакоопределенными в этой области, тогда

$$\underline{a}_{ij} = \min_k a_{ij}^k; \quad \bar{a}_{ij} = \max_k a_{ij}^k; \text{ где } A_k = [a_{ij}^k]_{n \times n}, \quad k = 1, 2, \dots, 2^n; \quad i, j = \overline{1, n} \quad (9)$$

В противном случае

$$\underline{a}_{ij} = \min_{p_i \leq x_i \leq q_i} f'_x(x, 0); \quad \bar{a}_{ij} = \max_{p_i \leq x_i \leq q_i} f'_x(x, 0); \text{ где } i, j = \overline{1, n}. \quad (10)$$

Задача нахождения минимума или максимума вещественной функции решается двумя методами: метод Хука и Дживса и метод генетического алгоритма.

Генетический алгоритм (ГА) – метод оптимизации, основанный на концепциях естественного отбора и генетики. Генетические алгоритмы максимизируют многопараметрические функции. Генетический алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Генерация начальной популяции. Начальная популяция задаётся экспертным путём.
2. Выбор родительской пары. Осуществляется для тех особей, для которых функция имеет максимальное значение.
3. Двухточечный кроссинговер. Случайным образом выбираются две точки разрыва  $i$  и  $j$  из диапазона  $[1, n-1]$ .

Пусть при этом  $i < j$ . Тогда потомки определяются путем обмена соответствующих частей родительских хромосом:

$$H1 = \{c1_1, c1_2, \dots, c2_i, c2_{i+1}, \dots, c2_j, c1_{j+1}, \dots, c1_n\},$$

$$H2 = \{c2_1, c2_2, \dots, c1_i, c1_{i+1}, \dots, c1_j, c2_{j+1}, \dots, c2_n\}.$$

4. Мутация. Вероятность 10 %

5. Полученные особи-потомки добавляются в популяцию после переоценки.

Область притяжения для ЛА МИГ 29, описывается неравенствами

$$\begin{aligned} 0 \leq \omega_z \leq 5 \text{ рад/с}, \quad 200 \leq V \leq 300 \text{ м/с}, \\ 0 \leq \alpha \leq 0.262 \text{ рад}, \quad 0 \leq \theta \leq 0.262 \text{ рад} \end{aligned} \quad (11)$$

Применив метод ГА и метод Хука-Дживса, получены следующие результаты:

Матрица А и В, найденная методом Хука-Дживса:

$$\tilde{A}1 = \begin{pmatrix} [-0.0102; 0.0020] & [3.8023; 6.5886] & [0; 0] & [-9.8063; -9.4720] \\ [-0.0002; -0.0000] & [-0.1030; -0.0650] & [1; 1] & [0; 0] \\ [0.0006; 0.0037] & [0.0944; 0.1747] & [-5.0845; -4.0754] & [0; 0] \\ [0; 0] & [0; 0] & [1; 1] & [0; 0] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{B}1 = \begin{pmatrix} [0; 0] \\ [0; 0] \\ [-0.2795; -0.2442] \\ [0; 0] \end{pmatrix}$$

Матрица А и В, найденная методом ГА:

$$\tilde{A}2 = \begin{pmatrix} [-0.0102; 0.0020] & [3.1469; 6.4208] & [0; 0] & [-9.8066; -9.4720] \\ [-0.0002; -0.0000] & [-0.1029; -0.0646] & [1; 1] & [0; 0] \\ [0.0005; 0.0039] & [0.0876; 0.1745] & [-5.0845; -4.0676] & [0; 0] \\ [0; 0] & [0; 0] & [1; 1] & [0; 0] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{B}2 = \begin{pmatrix} [0; 0] \\ [0; 0] \\ [-0.2812; -0.2425] \\ [0; 0] \end{pmatrix}$$

Результирующие матрицы:

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} [-0.0102; 0.0020] & [3.1469; 6.5886] & [0; 0] & [-9.8066; -9.4720] \\ [-0.0002; -0.0000] & [-0.1030; -0.0646] & [1; 1] & [0; 0] \\ [0.0005; 0.0039] & [0.0876; 0.1747] & [-5.0845; -4.0676] & [0; 0] \\ [0; 0] & [0; 0] & [1; 1] & [0; 0] \end{pmatrix}$$

$$\tilde{B} = \begin{pmatrix} [0; 0] \\ [0; 0] \\ [-0.2812; -0.2425] \\ [0; 0] \end{pmatrix}$$

В результате получили верхние и нижние значения границ обоих методов для результирующей матрицы. Для верхней границы использовалось максимальное значение из двух методов, также, для нижней границы выбрано минимальное значение из двух методов.

Метод генетического алгоритма эффективнее решает задачу построения интервальной матрицы, т.к. значения более приближены к истинным.

#### Литература:

1. Бочкарёв А.Ф., Адриевский В.В. Аэромеханика самолёта — М: Изд-во Машиностроение, 1985. — 357с.
2. Учебное пособие, Практическая аэродинамика самолёта МИГ-29 — М., 1995. — 316с.
3. Д. Гроп. Методы идентификации систем — М., 1978.
4. Остославский И.В. Аэродинамика самолёта — М., 1957. — 560с.: ил.
5. Исследование сложных технических систем на основе анализа областей притяжения / Р.Р. Акчурин, В.Н. Ефанов // 10-я Международная конференция по компьютерным наукам и информационным технологиям CSIT'2008: сб. науч. ст., Анталия, 2008, Т. 3. с. 131—136

## Разработка методики оценки ранга элемента в системе возникновения электрической машины

Идиятуллин Р.Г., доктор технических наук, профессор; Смердова Т.Е., соискатель  
Казанский государственный энергетический университет

Вдовин А.М., главный энергетик ОАО Нижнекамскнефтехим  
Попов А.В., заместитель главного энергетика ОАО Нижнекамскнефтехим

Увеличивающаяся сложность электротехнических устройств; возрастающая ответственность функций, которые выполняют технические устройства; повышение требований к качеству изделий и условиям их работы; возросшая роль автоматизации, которая сокращает возможность непрерывного наблюдения за состоянием устройства, — основные факторы, определившие главные направления в развитии науки о надёжности. Технические средства и условия их работы становятся всё более сложными. Количество элементов в отдельных видах устройств исчисляется сотнями тысяч. Если не принимать специальных мер по обеспечению надёжности, то любое современное сложное устройство практически будет неработоспособным. Техническим средствам отводят всё более ответственные функции на производстве и в сфере управления.

Отказ технического устройства зачастую может привести к катастрофическим последствиям. Надёжность в эпоху научно-технической революции стала важнейшей проблемой.

Решая вопрос относительно распределения усилий по обеспечению надёжности отдельных элементов в целях достижения заданной надёжности системы, иногда необходимо знать, какой элемент наиболее значимый, какой — менее значимый. Иначе говоря, необходимо знать, какое влияние оказывает на общую надёжность системы выход из строя того или иного ее элемента.

На начальных этапах проектирования достаточно определить значимость элемента некоторыми структурными параметрами. И, наоборот, анализировать и оценивать качество схемы этими структурными параметрами значимости. Впоследствии необходимо, конечно, уточнять

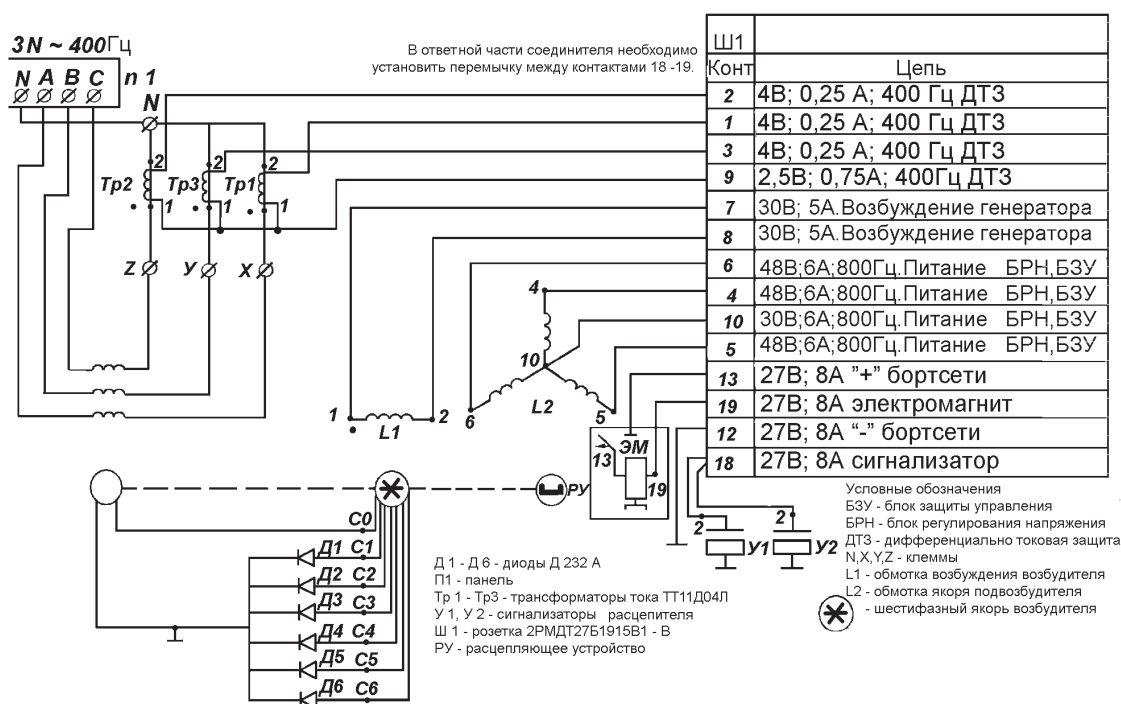


Рис. 1. Схема принципиальная электрическая генератора ГТ40ПЧ8Б (ГТ40ПЧ8В)

показатели значимости, дополнив их параметрами, характеризующими функционирование системы и определяющими эффективность ее функционирования.

На начальном этапе для такой оценки обычно отсутствуют исходные данные. Количественная оценка значимости впервые явно была сформулирована при анализе структуры отношений доминирования (превосходства, преобладания) в группах индивидуумов. В качестве индивидуумов будем рассматривать основные элементы, из которых состоит генератор.

#### Шаг 1. Анализ электрической схемы генератора.

Однако для построения графа нам важны элементы генератора, обозначенные в его электрической схеме. Рассмотрим фрагмент электрической схемы. Выделяем следующие элементы:

1. клемма N
2. клемма A
3. клемма B
4. клемма C
5. клемма X
6. клемма Y
7. клемма Z
8. трансформатор TP1
9. трансформатор TP2
10. трансформатор TP3

#### Шаг 2. Составление структурной схемы.

Для составления структурной схемы будем использовать теорию графов.

Теория графов — раздел конечной математики, особенностью которого является геометрический подход к изучению объектов. Основное понятие теории — граф. Граф задаётся множеством вершин (точек) и множеством рёбер

(связей), соединяющих некоторые (а может быть, и все) пары вершин. При этом пары вершин могут соединяться несколькими рёбрами. В нашем случае пример графов — это элементы электрической схемы и провода, соединяющие их. Число вершин графа равняется числу рассматриваемых элементов в электрической цепи.

#### Шаг 3. Составление матрицы непосредственных путей.

Матрица непосредственных путей есть не что иное, как аналитический образ графа, его аналитическая форма записи, его математическая модель. Процесс построения матрицы непосредственных путей  $A$  сводится к следующему.

**3.1** Определяется порядок матрицы. Он равен числу вершин в исходном графе.

**3.2** Вершины исходного графа нумеруются в произвольном порядке.

**3.3** Этими же номерами обозначаются строки и столбцы матрицы.

**3.4** Элемент, принадлежащий  $i$ -й строке и  $j$ -му столбцу, будет равен 1, если от вершины  $i$  к вершине  $j$  имеется непосредственный путь, и равен нулю в противном случае.

Для графа фрагмента электрической схемы генератора (см. рисунок 2) находим матрицу непосредственных путей (см. таблица 1).

#### Шаг 4. Определение ранга каждого элемента матрицы.

При анализе структуры отношений доминирования значимость того или иного индивидуума определяется некоторым числом, называемым рангом. Этот параметр позволяет распределить элементы схемы в порядке их значимости. Ранг  $i$ -го элемента  $R(i)$  определится как сумма элементов  $i$ -ой строки матрицы:  $R = A + A^2$ . Полученную матрицу  $R$  показываем в виде таблицы 2.



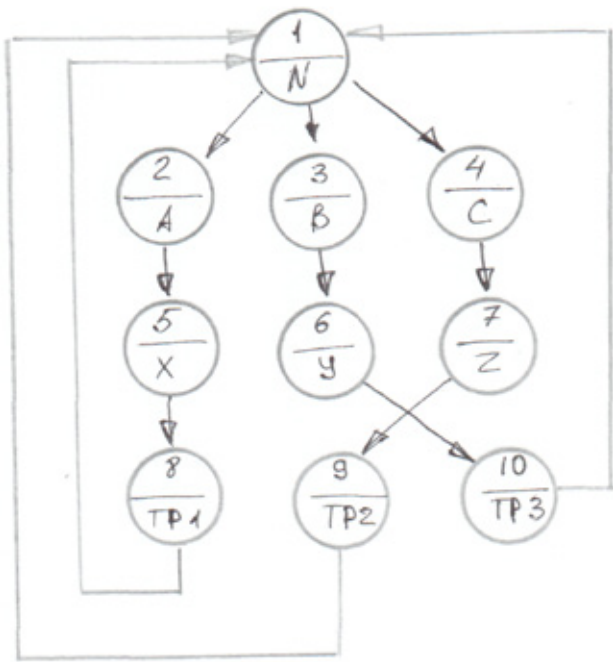


Рис. 2. Граф фрагмента электрической схемы генератора ГТ40ПЧ8Б (ГТ40ПЧ8В)

Таблица 1

Матрица непосредственных путей -A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10

Таблица 2

Матрица  $R = A + A^2$ .

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
1	2	1	1	1	0	0	1	0	0	2
1	1	2	1	0	1	0	0	0	1	3
1	1	1	2	0	0	1	0	1	0	4
1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	5
1	0	1	0	0	2	0	0	0	1	6
1	0	0	1	0	0	2	0	1	0	7
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	8
0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	9
0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	10

Складываем между собой элементы каждой строки матрицы. Получаем:

$$\sum_1^{10} (1) = 9$$

$$\sum_1^{10} (6) = 5$$

$$\sum_1^{10} (2) = 7$$

$$\sum_1^{10} (7) = 5$$

$$\sum_1^{10} (3) = 7$$

$$\sum_1^{10} (8) = 3$$

$$\sum_1^{10} (4) = 7$$

$$\sum_1^{10} (9) = 3$$

$$\sum_1^{10} (5) = 5$$

$$\sum_1^{10} (10) = 3$$

Как видим, клемма N имеет самое большое значение ранга.

Как видно из примера, определение значимости элемента рангом по формуле  $R = A + A^2$  осуществляется достаточно просто. Однако оно недостаточно полное, а главное, неоднозначное. Остается неясным, что делать в случае одинаковых рангов и какова значимость элемента, имеющего нулевой ранг.

#### Литература:

1. Идиятуллин Р.Г. Методика расчета остаточного ресурса изоляции высоковольтных синхронных машин. Сборник докладов «Перспективные технологии электроэнергетики». IX Международный симпозиум. М. 29–31 мая 2007 г.
2. Нечипоренко В.И. Структурный анализ и методы построения надежных систем. «Советское радио» 1968 г. 256 стр.
3. Болотин Д.Н. Обобщенный граф и его использование при расчете радиотехнических схем. Радиотехника. 1965. т. 20 № 1.

## Высокоэффективные методы прямого нанесения каталитических слоев на протонпроводящую мембрану для формирования мембранно-электродных блоков твердополимерных топливных элементов

Терукова Е.Е., аспирант; Мошников В.А., доктор физико-математических наук, профессор, Кошкина Д.В., студент Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

### Введение

Сегодня интерес к альтернативным источникам энергии очень велик. В этой области ведется большое количество фундаментальных и прикладных исследований во всем мире. Топливные элементы (ТЭ) используются в качестве приборов преобразования химической энергии водорода в электрическую энергию. При получении водорода с помощью возобновляемых источников энергии (например, с использованием солнечных батарей для электролиза воды), применение ТЭ сможет в скором будущем решить многие проблемы, связанные с экологией, экономикой и безопасностью энергетического сектора. Среди большого разнообразия топливных элементов на сегодняшний день наиболее перспективными являются твер-

дополимерные топливные элементы (ТПТЭ), в связи с их низкой рабочей температурой, высокой плотностью мощности и возможностью масштабирования [1].

Основной целью многих исследований в области ТПТЭ являются снижение загрузки платины, улучшение газопроницаемости, повышение электронной и протонной проводимости, увеличение протяженности трехфазных границ [2], а также решение вопросов менеджмента воды в мембране и каталитических слоях мембранно-электродных блоков (МЭБ) ТПТЭ. Таким образом, необходимо усовершенствование и оптимизация методов получения и структуры МЭБ.

Обычно МЭБ спрессован между двумя платами с газоподводящими каналами. МЭБ состоит из протонпроводящей мембраны, каталитических слоев и газодиффу-

зионных слоев (ГДС). Тонкопленочные каталитические слои делятся на два вида по способу нанесения:

1) каталитический слой, наносимый на газодиффузионный слой;

2) каталитический слой наносится на мембрану.

В обоих случаях сначала готовятся каталитические чернила, основными составляющими которых являются каталитический порошок, раствор иономера, растворитель (чаще всего изопропанол). Наиболее распространенными методами нанесения каталитических слоев являются методы намазывания, распыления под давлением, декалькомании. Оптимизация каталитических слоев осуществляется за счет изменения состава чернил, а также оптимизации методов и условий их формирования.

В этой статье описываются два метода получения МЭБов: электродиспергирование и распыление под давлением спиртовых растворов платинированной черни. Оба этих метода используют прямое нанесение каталитических чернил на протонпроводящую мембрану, таким образом, исключается обычно используемое горячее прессование, являющееся дополнительной операцией, а также приводящее к механическим и термическим повреждениям мембраны и негативно влияющее на структуру каталитических слоев.

Основным методом диагностики в работе является метод снятия поляризационных кривых мембранно-электродных блоков с помощью измерительной ячейки фирмы Heliocentris [3] и электронной нагрузки PL-150 фирмы Элинс [4].

### Результаты и их обсуждение

Основной сложностью при изготовлении МЭБ ТПТЭ является необходимость формирования трехфазных границ. Концепция трехфазных границ (ТФГ) говорит о

том, что окисление водорода и восстановление кислорода возможно лишь в особых областях, где катализатор, иономер и углерод находятся в контакте. Состав и компоненты каталитических чернил, а также метод и условия нанесения каталитического слоя сильно влияют на формирование ТФГ.

Экспериментальная методика. Каталитические чернила изготавливались из следующих компонентов: коммерческий катализатор Е-ТЕК с 20 % содержанием платины, коммерческий 10%-ный водный раствор иономера Nafion, очищенный изопропанол. После перемешивания компонентов с помощью ультразвукового воздействия чернила наносились на мембрану Nafion 212 (толщина 50 мкм), обладающей высокой протонной проводимостью 0,1 См/см [5] и высоким электронным сопротивлением  $2 \cdot 10^5$  Ом\*см [6]. Масса нанесенных чернил в обоих случаях была одинакова. При пересчете загрузка платины составила на аноде и катоде (симметричная загрузка) 0,6 мг/см<sup>2</sup>. Площадь каталитического слоя составляла 1 см<sup>2</sup>.

С помощью двух предложенных методов можно получить тонкий каталитический слой с минимальной загрузкой платины, обеспечивающий хорошую газопроницаемость, а также протонную и электронную проводимость.

При использовании метода распыления чернила помещались в резервуар и под давлением, создаваемом компрессором, распылялись с помощью аэрографа на мембрану, подогретую до 80°C с помощью электроплитки (рис. 1).

Метод электродиспергирования основан на капиллярных электростатических неустойчивостях жидкости, подверженной действию электрических сил. Этот метод подробно описан в [7]. Этот метод был модифицирован путем помещения изоляторов между катодом и мембраной и над маской [8].



Рис. 1. Схема нанесения каталитического слоя методом распыления под давлением

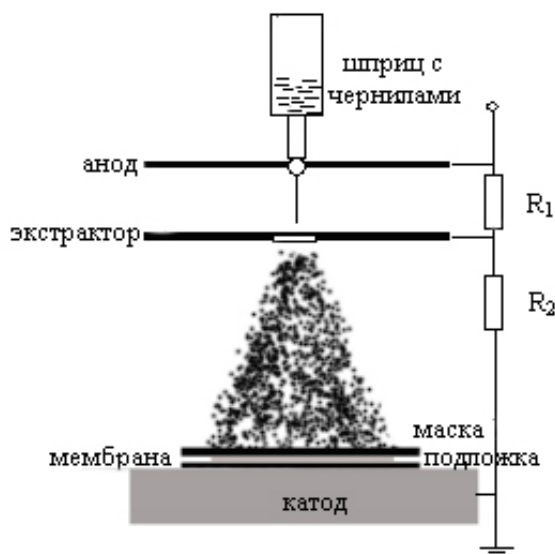


Рис. 2. Схема нанесения каталитического слоя методом электродиспергирования

Полученные результаты и их анализ. В ходе эксперимента были получены симметричные мембранно-электродные блоки. Состав каталитических чернил при использовании различных методов был одинаков. Масса нанесенных слоев контролировалась путем взвешивания на высокоточных весах. Расчетная загрузка платины составила 0,5–0,6 мг/см<sup>2</sup>.

Мембраны с нанесенными анодным и катодным каталитическими слоями испытывались в стандартных ячейках для испытания топливных элементов (ячейка

фирмы Heliocentris, марка 12E-W MEA). В этой ячейке образец устанавливается между двумя жесткими пластинами корпуса и работает в условиях сжатия. Водород и воздух подаются на электроды через входные отверстия ячейки. Измерения проводились после приведения МЭБ в стационарный режим путем многократного циклирования по напряжениям (от напряжения холостого хода до 200 мВ). Характеристики сняты при скорости развертки 20 мВ/с, при комнатной температуре, при подаче сухого водорода и сухого воздуха.

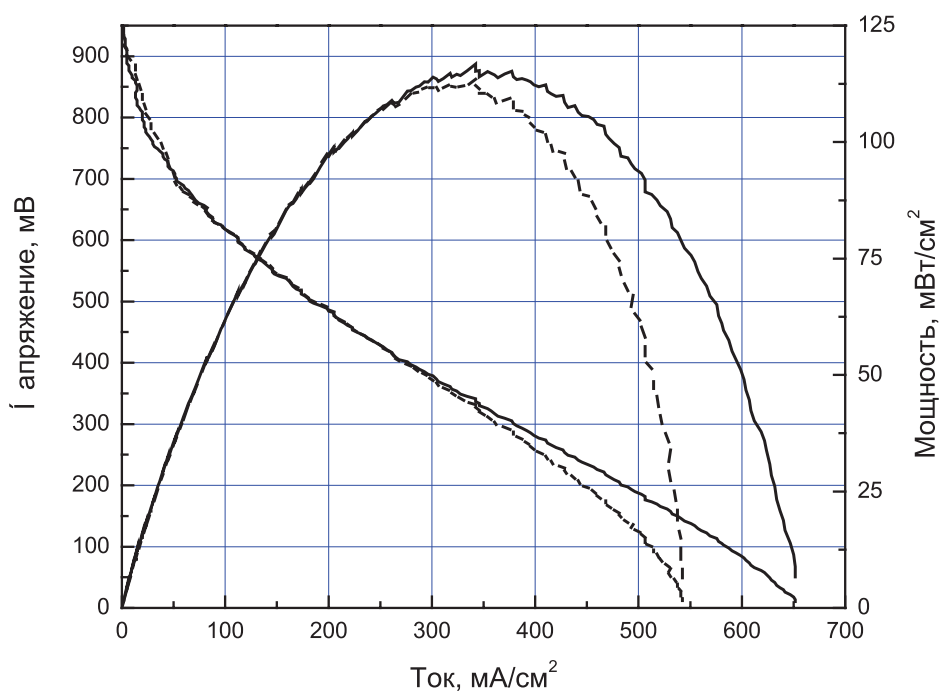


Рис. 3. Поляризационная и мощностная характеристики ТЭ с каталитическим слоем, формируемым методом распыления под давлением (штрих линия) и методом электродиспергирования (сплошная линия)

Результаты измерения приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что поляризационные кривые имеют схожий характер и отличаются в основном на участке высоких токов. Максимальные удельные мощности практически не отличаются и оставляют порядка  $110 \text{ мВт/см}^2$ , что сопоставимо с удельной мощностью коммерчески доступных МЭБ, изготовленных фирмой BASF Fuel Cell Incorporation ( $120 \text{ мВт/см}^2$ ) [9]. В области контактных сопротивлений поляризационные кривые практически совпадают, а в области диффузионных ограничений сопротивление образца, полученного методом электродиспергирования ниже, а токи соответственно выше, что свидетельствует о лучшей газопроницаемости слоя этого образца. Несмотря на это оба метода показали высокую эффективность в области рабочих напряжений ( $500\text{--}800 \text{ мВ}$ ). Отметим также, что несмотря на худшие результаты метод

распыления под давлением является менее энергоёмким и более простым, к тому согласно экспериментальному анализу потери при использовании метода нанесения под давлением меньше, чем при использовании метода электродиспергирования.

### Выводы

В работе показана эффективность применения методов нанесения каталитических слоев непосредственно на протонпроводящую мембрану посредством распыления под давлением и электродиспергирования спиртовых растворов платиновых чернил. Планируются дальнейшие работы по оптимизации данных методик, а также по характеристике структурных особенностей получаемых каталитических слоев.

*Работа выполнена в рамках ГК № П2279 от 13 ноября 2009 г.*

### Литература:

1. Wang Y., Chen K.S., Mishler J., Cho S.C., Adroher X.C. A review of polymer electrolyte membrane fuel cells: Technology, applications, and needs on fundamental research // *Applied Energy* 88 (2011) 981–1007/
2. O'Hayre R., Barnett D., Prinz F. The Triple Phase Boundary. A Mathematical Model and Experimental Investigations for Fuel Cells // *Journal of the Electrochemical Society*, 152 (2) A439-A444 (2005).
3. Сайт компании «Heliocentris»: <http://www.heliocentris.com/>
4. Сайт компании Elins: <http://www.elins.su/>
5. T. A. Zawodzinski Jr., C. Derouin, S. Radzinski, R.J. Sherman, V.T. Smith, T.E. Springer, and S. Gottesfeld, J. Electrochem. Soc., 140 (1993) 1041
6. T. E. Springer, M. S. Wilson, and S. Gottesfeld, J. Electrochem. Soc., 140 (1993) 3513.
7. Электродиспергирование спиртовых растворов платиновой черни для формирования высокопористых каталитических слоев воздух-водородных топливных элементов / Горохов М.В., Кожевин В.М., Явсин Д.А., Томасов А. А, Зеленина Н.К., Гуревич С.А. // *Альтернативная энергетика* 10, 2008. с. 26–30.
8. Кошкина Д.В., Кукин А.В., Терукова Е.Е. Оптимизация установки формирования каталитических слоев топливных элементов методом электродиспергирования // Тезисы докладов VI российской конференции «Физические проблемы водородной энергетики», Санкт-Петербург, 22–24 ноября 2010 г.
9. Гуревич С.А., Горохов М.В., Зеленина Н.К., Кожевин В.М., Терукова Е.Е., Томасов А.А. Оптимизация мембранно-электродных блоков на основе полимерно-электролитных мембран для топливных элементов // *Письма в Журнал Технической Физики* 2009, 35, 20, стр. 27–33.

## 5. ЭНЕРГЕТИКА

### Оценка влияния новых технологий на снижение энергоемкости промышленности

Мазурова О.В., кандидат технических наук, ст.научный сотрудник  
Институт Систем Энергетики им. Мелентьева СО РАН (г. Иркутск)

*В статье исследуются возможные направления изменения энергоемкости в отраслях промышленности. Предлагается схема долгосрочного прогнозирования динамики энергоемкости промышленности. Приводится количественная оценка возможной динамики энергоемкости российской промышленности с учетом структурных изменений и новых эффективных энергосберегающих технологий.*

За последние 30 лет энергоемкость промышленности в странах Западной Европы и в Японии снизилась в 1,6–1,8 раза, а в США более чем в 2 раза в результате энергосберегающих мероприятий, совершенствования технологических процессов и прогрессивных изменений в межотраслевой структуре (в основном за счет увеличения доли машиностроения и химической промышленности, и снижения доли черной металлургии).

В перспективе, как ожидается, энергоемкость промышленности развитых стран, будет уменьшаться в основном из-за структурных изменений, однако это снижение замедляется (табл. 1). Согласно последним прогнозам международных энергетических агентств, прогнозируется снижение энергоемкости промышленности в странах Западной Европы на 35% к 2030 гг. к 2030 гг.; в США — на 25 % к 2035 г. Две трети этого снижения обусловлены изменениями в структуре производства. При этом сохраняется значительный потенциал для дополнительного энергосбережения в случае резкого удорожания стоимости топлива и энергии и других стимулирующих факторов.

Сопоставление энергопотребления в промышленности России с общемировыми тенденциями показывает ее существенное отставание по эффективности использования энергоресурсов. Ее энергоемкость в 1,5–3 раза выше, чем в развитых странах. Это объясняется, прежде всего, особенностями производственной структуры: доля в валовой продукции промышленности машиностроения, пищевой, легкой и других малоэнергоемких отраслей составляет приблизительно 37%, в то время как в европейских странах, Японии и США она превосходит 50–60% (табл. 2).

Более 50% потенциала энергоэффективности отечественной промышленности сосредоточено в ее наиболее энергоемких отраслях — черной и цветной металлургии, химической и цементной промышленности, энергоемкость которых превышает среднюю по промышленности в 1,9–3,0 раза.

Черная металлургия считается самой энергоемкой отраслью промышленности. На ее нужды расходуется около 25% суммарного энергопотребления промышленности. Наиболее электроемкими являются производство

Таблица 1  
Среднегодовые темпы снижения энергоемкости промышленности, % [1,2]

Отрасли	Отчет		Прогноз	
	OECD (1970–1997гг.)	OECD (Европа) (1990–2000гг.)	OECD (Европа) (2000–2030гг.)	США (2008–2035 г.г.)
Машиностроение	1,8	2,3	0,6	0,7
Черная металлургия	2,7	1,8	0,7	1,0
Цветная металлургия	1,3	1,6	0,8	0,3
Химическая	2,3	3,0	1,6	0,3
Деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность	1,3	– 0,1	1,5	0,3
Промышленность строительных материалов	1,3	0,8	1,2	0,6
Легкая	1,6	1,5	0,4	н.д.
Пищевая	0,6	0,2	0,5	0,6
Промышленность в целом	2,3	2,7	1,0	1,0



Таблица 2

Структура обрабатывающей промышленности, % [3]

Отрасли	Россия 2007 г.	Япония 2005 г.	США 2004 г.	Германия 2004 г.
Машиностроение	20,8	47,0	34,4	43,8
Черная и цветная металлургия	21,1	12,3	9,8	11,5
Химическая и нефтехимическая	9,4	13,1	16,6	13,0
Нефтепереработка	16,3	4,6	7,0	6,7
Лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность	5,2	5,9	8,9	6,9
Промышленность строительных материалов	6,1	2,5	2,7	2,5
Легкая	1,2	1,7	2,6	1,8
Пищевая	15,3	10,9	14,7	11,5
Прочие	4,6	2,0	7,7	4,8
Промышленность в целом	100	100	100	100

стали и проката (около 20% от суммарного электропотребления отрасли), а топливоекким — производство чугуна (50% от общего потребления топлива в отрасли).

По уровню энергоэффективности производства черных металлов Россия отстает от основных стран-производителей (рис. 1). Это объясняется использованием устаревшей техники: на морально и физически устаревшем оборудовании производится почти 50% стали, чугуна и проката. На производство стали в России расходуется от 670 до 780 кг у.т./т., в то время как в зарубежных странах — 548–690 кг у.т./т. Лучший зарубежный показатель энергоемкости составляет 380–480 кг у.т./т., а теоретический минимум — 240 кг у.т./т. [4].

Основными технологическими сдвигами на современном этапе и в перспективе являются переход от мартеновских печей к кислородным конверторам и электродуговым печам, а также рост удельного веса непрерывной разливки стали. По оценкам специалистов, электродуговой способ выплавки стали (с учетом затрат энергии на производство передельного чугуна) является вдвое менее энергоемким, чем мартеновский, и более чем в 2 раза эффективным по сравнению с кислородно-конверторным. Применение технологии непрерывной разливки стали позволяет устранить ряд промежуточных стадий в производстве черных металлов и сократить расход материалов и энергоресурсов в 3–4 раза.

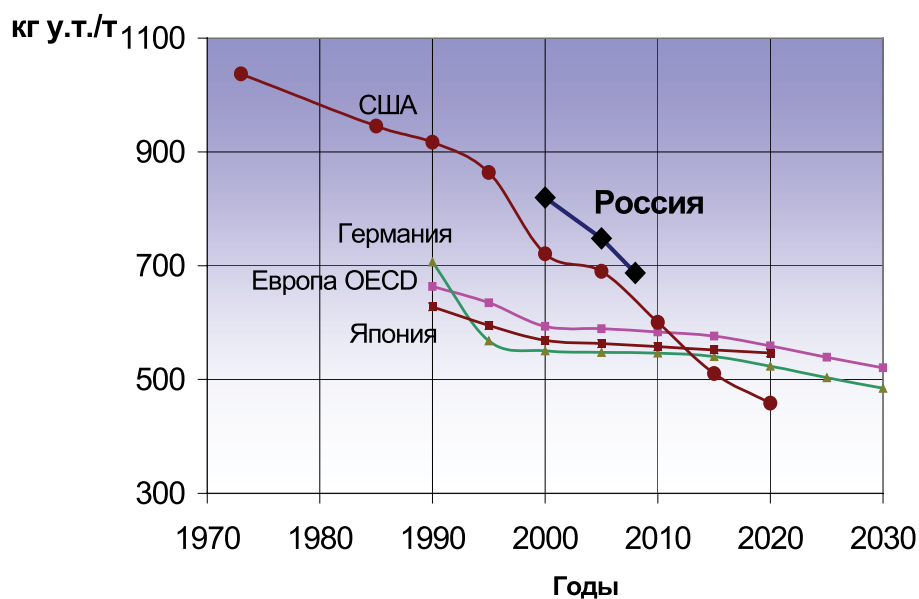


Рис. 1. Динамика энергоемкости стали  
Европа (OECD), США, Япония, Германия – базовый сценарий,  
Рассматриваемый период для России 2000–2008 гг.  
Источники: [2,5] и расчеты автора

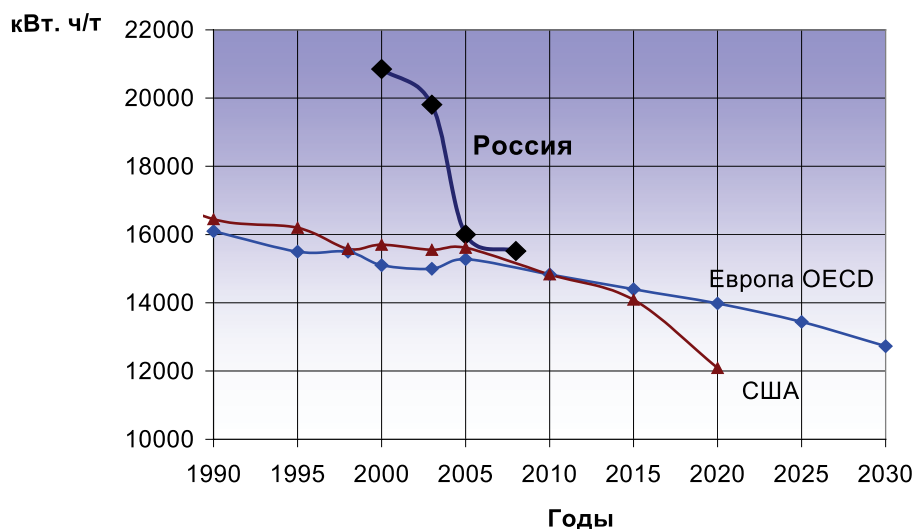


Рис. 2. Динамика электроемкости алюминия  
Европа (OECD), США, Япония, Германия – базовый сценарий  
Рассматриваемый период для России 2000–2008 гг.  
Источники: [2,5] и расчеты автора

В 2001–2008 гг. структура производства стали в России заметно улучшилась: доля стали, произведенной в кислородных конверторах и электродуговых печах выросла в 1,9 раза. Также увеличился до 68% удельный вес стали, разлитой на машинах непрерывного литья. В Японии этот показатель составляет 98%, США — 97%, Германии — 96%.

На долю *цветной металлургии* приходится около 30% электроэнергии и 14% энергоресурсов, потребляемых в промышленности. Основное количество электроэнергии расходуется на электролиз алюминия (более 70% отраслевого потребления электроэнергии), никеля, магния и на электротермические процессы.

Сравнение российских показателей с зарубежными показывает, что в процессах производства алюминия имеется достаточный потенциал для повышения энергетической эффективности (рис. 2): средняя электроемкость производства первичного алюминия на российских предприятиях составляет приблизительно 16 тыс. кВт.ч/т., а в других странах она варьируется в интервале 14,3–15,6 тыс. кВт.ч/т., в США — 15,2 тыс.кВт.ч/т. Лучший зарубежный показатель энергоемкости составляет 12–13 тыс. кВт.ч/т. [4].

Россия отстает от передовых стран по использованию новых технологий, в частности электролизеров с обожженными анодами, а также модернизации уже имеющихся технологий и оборудования; по производству металлов из вторичного сырья. Доля вторичных цветных металлов в России составляет не более пяти процентов от общего выпуска продукции и в основном это вторичный алюминий. В 2006 г. в США 30–37% алюминия производилось из вторичного сырья, в европейских странах OECD — 30–33%, в Японии — 90–97%.

Удельные расходы энергии в *цементной промышленности* России в среднем выше в 1,2–1,6 раза по срав-

нению с развитыми странами (рис. 3). На производство цемента в России расходуется приблизительно 152–169 кг у.т./т., в то время как наилучшие мировые показатели энергоемкости находятся в следующих пределах 95–120 кг у.т./т.

Основная причина высокой энергоемкости производства клинкера и цемента в нашей стране — низкая доля сухого способа производства. Он применяется только на 16% российских предприятиях, в то время как в Японии — на 100% предприятий, США — 65%, Западной Европы — на 58%. Быстрое вытеснение мокрого способа сухим обеспечило в развитых странах существенное снижение расхода энергии на производство цемента и, следовательно, энергоемкости всей отрасли. В 1980–1990 гг. энергоемкость цемента сократилась в США на 29%, Японии — на 18%, Канаде — на 9%.

Отечественная *химическая промышленность* характеризуется энергоемкой отраслевой структурой, в которой преобладают продукты с невысокой добавленной стоимостью, а также полупродукты низкой степени обработки (до 40%), в основном идущие на экспорт в качестве сырья (табл. 3). Отсталые технологии и высокий износ основного оборудования ведут к нерациональному использованию энергоресурсов в химическом комплексе. Ее энергоемкость в 3–4 раза выше уровня развитых стран. В период 1970–1993 гг. под влиянием сдвигов в продуктовой и технологической структуре отрасли энергоемкость химической промышленности сократилась в США в 1,4 раза и в Японии — почти в 3 раза.

Снижение энергоемкости в отраслях промышленности в значительной степени обеспечивается внедрением новых технологий. Перспективная динамика изменения энергоемкости российской промышленности будет зависеть от темпов модернизации производства и ввода новых производственных мощностей с передовыми технологиями.

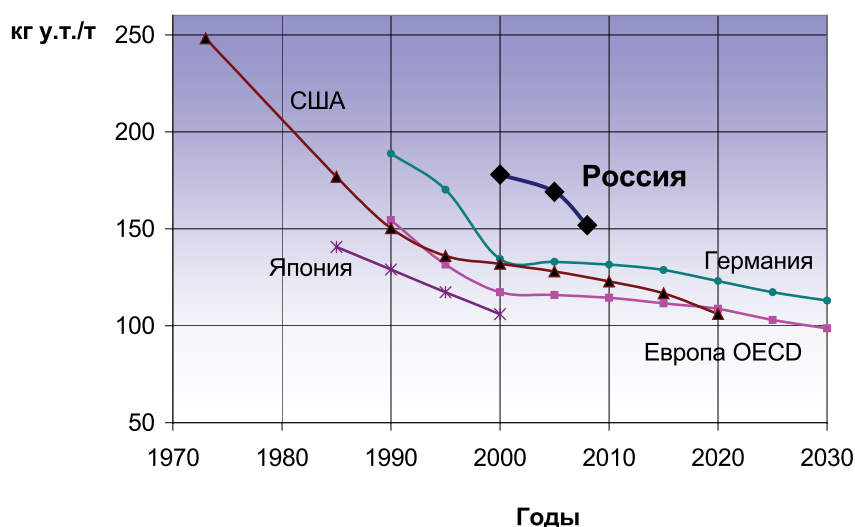


Рис. 3. Динамика энергоемкости цемента  
Европа (OECD), США, Япония, Германия – базовый сценарий  
Рассматриваемый период для России 2000-2008 гг.  
Источники: [2,5] и расчеты автора

Прирост производства осуществляется в основном на новых мощностях с более высокой энергоэффективностью (табл. 4.). Очевидно, что чем выше темпы развития промышленного производства, тем меньше доля старых мощностей и выше возможность структурных изменений как в отдельных отраслях, так и промышленности в целом. Соответственно больше потенциал энергосбережения.

Для исследования влияния темпов экономического роста, а также структурных изменений на энергоемкость промышленности в ИСЭМ СО РАН используется система моделей, включающая динамическую модель межотраслевых связей и модель энергопотребления (рис. 4). Первая определяет взаимосвязанное развитие 25 отраслей экономики с учетом задаваемого экспорта и им-

Таблица 3

Удельные расходы энергии на производство отдельных видов химической продукции в России, 2008 г. [3,6]

Вид продукции	Доля в производстве, % (2007 г.)	Электроемкость, кВт.ч/т	Теплоемкость, Мкал/т	Топливоемкость, кг у.т./т
Каучук синтетический	10,3	2435,4	13964	521,9
Химические волокна	1,5	3659,9	7433,8	77,5
Удобрения	32,0	247,7	877,1	30,9
Сода кальцинированная	н.д.	212,5	1940,2	89,0

Таблица 4

Прогнозная энергоемкость новых технологий в США (в процентах к существующим) [7]

Отрасли, процессы производства	2035 г.	
	Базовый сценарий	Высокотехнологичный сценарий
<b>Черная металлургия</b>		
Производство стали:		
кислородно-конверторным способом	99	89
в электродуговых печах	83	66
Прокатное производство (горячее и холодное)	43–63	40–48
<b>Алюминиевая</b>		
Производство		
первичного алюминия	78	55
вторичного алюминия	74	62
Основная химия	78	71
Цементная	81	54



Рис. 4. Схема долгосрочного прогнозирования динамики энергоемкости отдельной отрасли промышленности

порта и изменения во времени коэффициентов материалоемкости и капиталоемкости. Вторая модель позволяет оценить спрос на энергоносители для четырнадцати отраслей промышленности и экономики в целом на долгосрочную перспективу [8].

**Перспективная оценка динамики энергоемкости промышленности России на период до 2030 г.**, выполненная автором, проводилась с учетом влияния на ее динамику темпов развития отраслей, а также вероятных изменений в ее производственной и технологической структуре (табл. 5). При этом рассматривались два сценария развития экономики России: *инерционный* со среднегодовыми темпами роста ВВП 3,5% и *инновационный* со среднегодовыми темпами роста ВВП 6,5%.

В инерционном сценарии остается высокой доля энергоемких производств — ТЭК, черной и цветной металлургии (до 42% к 2030 г.). Темпы роста промышленного производства составляют 2,8%. В инновационном сценарии предполагается интенсивное изменение структуры производства: двукратный рост доли наукоемких отраслей — машиностроения и химической промышленности (с 22% до 45%) и снижение удельного веса металлургии и ТЭК (с

55 до 34%). Темпы роста промышленного производства составляют 5,2%.

Учитывались следующие структурно-технологические изменения в отдельных отраслях:

- **в черной металлургии** — вытеснение мартеновской плавки кислородно-конверторной и электроплавкой, рост удельного веса технологии прямого восстановления железа, непрерывной разливки стали;
- **в цветной металлургии** — расширение использования электролизеров с обожженными анодами в производстве алюминия и автогенных процессов в выплавке меди, никеля, свинца, цинка;
- увеличение доли лома и вторичного сырья **в черной и цветной металлургии**;
- увеличение доли новых материалов и прогрессивных видов проката **в машиностроении** ;
- расширение применения сухого способа производства **цемента**;
- повышение доли малоэнергоемких видов продукции **в химической промышленности и машиностроении**.

Долгосрочная динамика удельных расходов топлива и энергии определялась отдельно на новых и су-

Таблица 5

## Основные характеристики сценариев развития экономики России

	Годы			
	2015	2020	2025	2030
Темпы роста ВВП, %				
Инерционный	3,4	3,7	3,5	3,4
Инновационный	6,2	7,7	7,1	5,5
ВВП на душу населения, тыс. долл. 2005 г./чел.				
Инерционный	14,5	16,9	20,6	23,8
Инновационный	19,1	25,2	33,6	44,3
Численность населения, млн. чел.				
Инерционный	140	139	137	135
Инновационный	142	143	144	145
Темпы роста промышленного производства, %				
Инерционный	2,7	4,1	2,5	1,9
Инновационный	5,3	6,8	4,7	3,9
Доля машиностроительного и химического комплексов, %				
Инерционный	25	28	30	33
Инновационный	30	37	42	45

существующих мощностях. Энергоемкость на новых мощностях принималась на основе анализа глобальных тенденций, зарубежных аналогов, стимулирующего влияния на энергосбережение ожидаемого роста стоимости энергоносителей. Предусматривалось также снижение удельных расходов топлива и энергии на существующих мощностях под влиянием модернизации, оптимизации режимов работы оборудования и энергосберегающих мероприятий.

Темпы снижения энергоемкости различаются по отраслям, что объясняется их технологическими особенностями, разной эффективностью электрификации и характером изменения внутриотраслевой структуры. Из таблицы 6 видно, что снижение энергоемкости, как пра-

вило, значительнее в отраслях, развивающихся наиболее высокими темпами.

В случае развития экономики России по инновационному сценарию структура перспективного энергопотребления промышленности существенно меняется: доля малоэнергоемких отраслей (неэлектроемкого машиностроения, легкой и пищевой промышленности) возрастает с 19 до 29%, а энергоемких соответственно снижается с 81 до 71. Такие изменения соответствуют общемировым тенденциям и в частности, европейскому прогнозу. Так, за период с 1995 по 2005 гг. в странах Западной Европы доля малоэнергоемких производств увеличилась с 32 до 34% и в соответствии с прогнозом ожидается ее дальнейший рост до 39% к 2030 г. [2].

Таблица 6

## Среднегодовые темпы изменения валовой продукции и энергоемкости промышленности (2011–2030 гг.)

	Инерционный		Инновационный	
	продукция	энергоемкость	продукция	энергоемкость
Машиностроение	6,0	-2,5	8,7	-3,2
Нефтедобывающая	0,4	-0,5	1,4	-0,7
Нефтеперерабатывающая	1,7	-2,1	3,6	-2,5
Газовая	1,6	-0,9	2,8	-1,3
Угольная	1,4	-1,9	3,0	-2,2
Черная металлургия	1,8	-2,1	3,3	-2,9
Цветная металлургия	2,3	-2,0	3,4	-2,3
Химическая, нефтехимическая	2,6	-2,3	6,5	-3,0
Лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная	2,3	-2,3	4,9	-2,7
Промышленность стройматериалов	3,6	-2,2	4,8	-2,5
Легкая	2,0	-2,9	5,0	-3,6
Пищевая	2,7	-2,4	4,5	-2,9
Промышленность в целом	2,8	-2,2	5,2	-3,0

т у.т./тыс. долл.

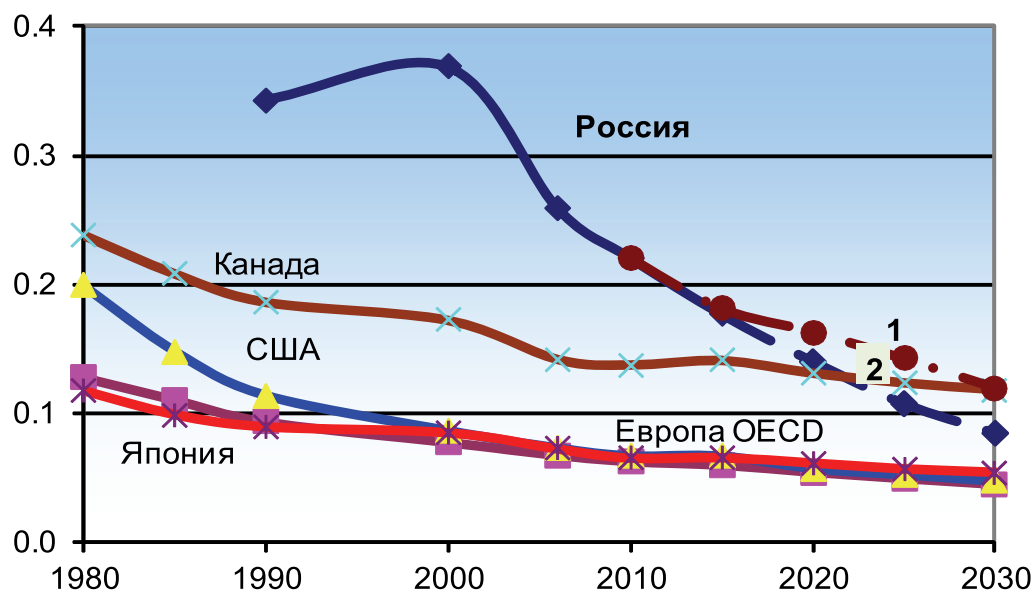


Рис. 5. Прогноз динамики энергоемкости промышленности (на единицу ВВП),  
Россия: 1 – инерционный сценарий, 2 – инновационный сценарий,  
Европа (OECD), США, Япония, Канада – базовый сценарий  
Источники: [9,10] и оценка автора

кВт. ч./ чел.

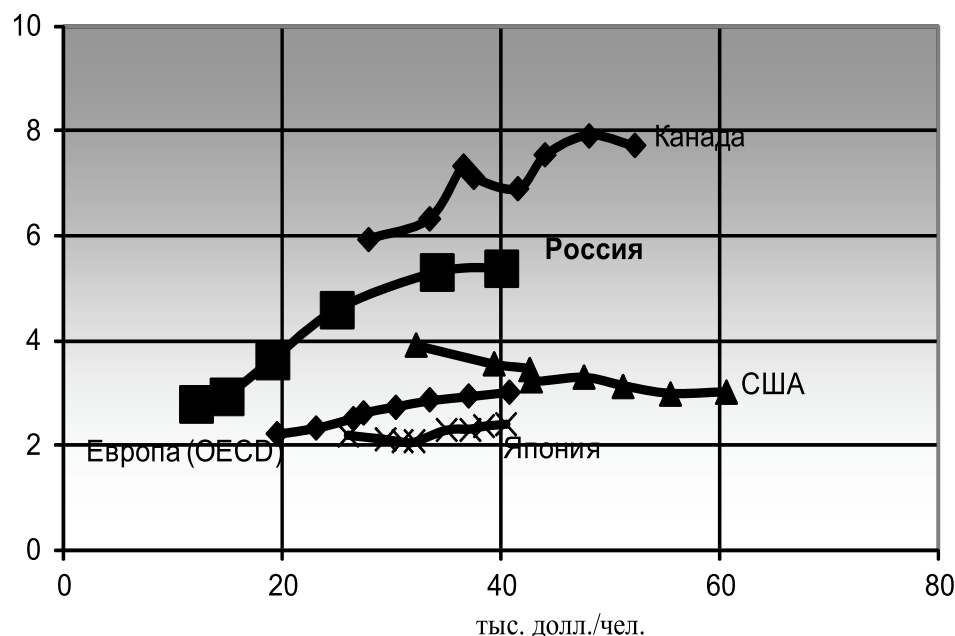


Рис. 6. Зависимость электроемкости промышленности от душевого ВВП  
Россия – инновационный сценарий, Европа (OECD), США, Япония, Германия – базовый сценарий  
Рассматриваемый период для России 2000–2008 гг., для других стран 1990–2030 гг.  
Источники: [5,9,10] и оценка автора

В случае развития экономики России по инерционному сценарию низкие темпы ввода новых производственных мощностей, прогрессивных изменений в структуре экономики и в технологических процессах замедлят

снижение энергоемкости как в отдельных отраслях, так и промышленности в целом по сравнению с инновационным сценарием.

Согласно прогнозу, энергоемкость промышлен-



ности России (на единицу ВВП) будет снижаться быстрее (с темпом 1,6–2,5% в год), чем прогнозируется в странах OECD. Можно ожидать, что к 2030 гг. отставание России от развитых стран по этому показателю будет минимальным. Уменьшатся различия между странами по

электро- и энергоемкости по мере роста душевого ВВП (рис. 5,6). При этом энергоемкость отечественной промышленности будет выше, чем в развитых странах в частности из-за особенностей структуры промышленного производства и более холодного климата.

#### Литература:

1. Annual Energy Outlook 2010. U.S. Energy Information Administration, Washington, December 2009. [<http://www.eia.doe.gov/neic/speeches/newell121409.pdf>]
2. European Energy and Transport – trends to 2030. – European Commission, Directorate General for Energy and Transport. Greece, 2003.
3. Промышленность России – 2008. Стат. Сб. М.: Росстат, 2008.
4. Worrel E., Neelis M., Price L., Galitsky C., Nan Z. World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors / Ernest Orlando Lawrence, Berkeley National Laboratory. USA, 2007.
5. Curbing Global Energy Demand Growth: The Energy Productivity Opportunity. McKinsey Global Institute/ San Francisco, 2007.
6. Росстат. Ф. 11-ТЭР, 2008.
7. Energy Information Administration, Model Documentation Report, Industrial Sector Demand Module of National Energy Modeling System (NEMS), DOE/ EIA, Washington, DC, 2009.
8. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Кононов Ю.Д., Мазурова О.В. и др. – Новосибирск: Наука, 2009.
9. World Energy Outlook 2009. ОЭСР/ IEA, Paris, 2009.
10. International Energy Agency. World Energy Outlook 2009. OECD/ IEA, Paris, 2009.

## Энергоэффективное плодовоовощехранилище с использованием нетрадиционных источников энергии

Узаков Г.Н., кандидат технических наук, доцент; Вардияшвили А.Б., доктор технических наук, профессор; Раббимов Р.Т., кандидат технических наук, доцент; Хужакулов С.М., соискатель; Раббимов Л.Р. соискатель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Создания и регулирования оптимального тепловлажностного режима в плодовоовощехранилищах для хранения плодов и овощей требует значительный расход энергетических и водных ресурсов.

Регулирование температурного режима в плодовоовощехранилищах достигается несколькими способами (охлаждение, отопление, кондиционирование воздуха и др.).

Наиболее сложно в хранилищах регулировать относительную влажность воздуха, которая оказывает значительное влияние на величину количественных и качественных потерь продуктов. Известно, при низкой влажности воздуха возрастает естественная убыль массы и повышается, потерь продуктов. Поэтому в плодовоовощехранилищах необходимо производить увлажнение воздуха водой или паром [1].

Искусственное увлажнение воздуха в период охлаждения целесообразно только в южных регионах, где необходимо подавать на 1 т картофеля более 80–100 м<sup>3</sup> наружного воздуха в час, на каждый килоджоуль удаляемого тепла из камеры хранения необходимо подавать к приточному воздуху примерно 1,1 л воды [1].

Проведенные исследования показывают, что в эксплуатируемых холодильниках с регулируемой газовой средой (РГС) вместимостью 1000 т расходуются 0,74 л/с воды, 28,9 кВт тепловой энергии, 13–27 м<sup>3</sup>/час природный газ и 230 кВт электрической энергии. При этом удельный расход электрической энергии на хранении 1 т продукции в период хранения, в зависимости от природно-климатических условиях, составляет около 1100–2000 кВт·часов/т.

Традиционные системы охлаждения, отопления, воздухообмена и увлажнения воздуха в хранилищах не отвечают современным требованиям, приводят к сверхнормативным потерям продуктов при хранении и значительным энергетическим затратам [2].

По этому в последние годы значительно возрос интерес к проблеме использования нетрадиционных источников энергии в связи с ограниченностью запасов органического топлива и задачами по защите окружающей среды от загрязнений.

Перспективным направлением является создание альтернативных систем теплохладоснабжения овощехра-

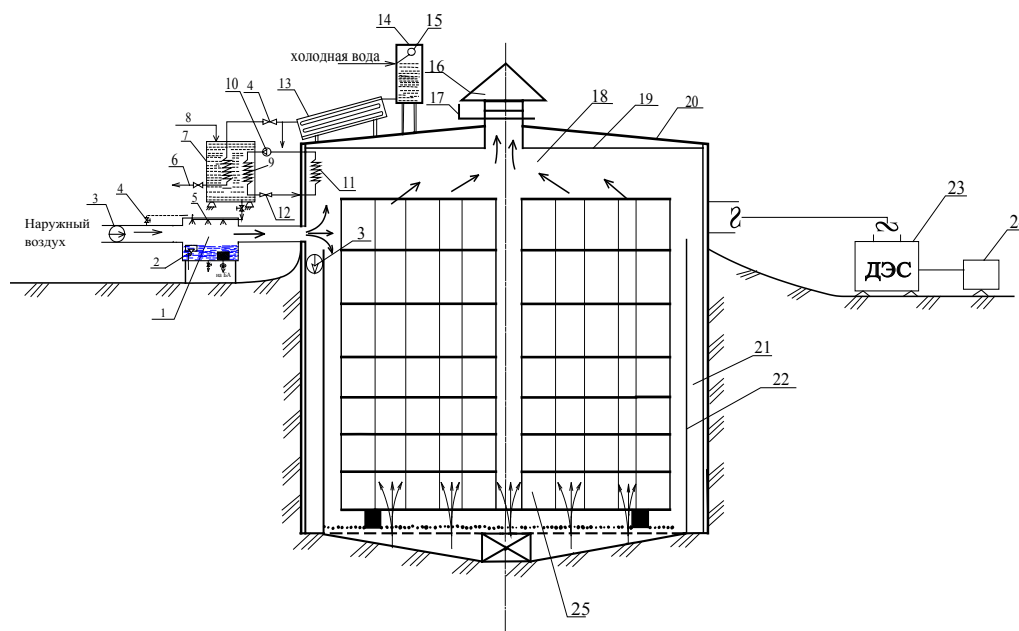


Рис. 1. Принципиальная схема систем теплоснабжения экспериментального овощехранилища с ТНУ.

1 – блок увлажнения воздуха; 2 – перелив; 3 – вентилятор; 4 – задвижка; 5 – форсунки; 6 – горячая вода; 7 – бак-аккумулятор; 8 – подпитка; 9 – конденсатор ТНУ; 10 – компрессор ТНУ; 11 – испаритель ТНУ; 12 – регулирующий вентиль ТНУ; 13 – плоский солнечный коллектор; 14 – расходный бак холодной воды; 15 – поплавковый регулятор уровня воды; 16 – вытяжной канал; 17 – шибер; 18 – холодильная камера; 19 – экран ПВД; 20 – кровли камеры; 21 – воздушная прослойка; 22 – кровли камеры; 23 – ДЭС; 24 – пиролизная установка; 25 – штабель продуктов.

нилищ в условиях жаркого — сухого климата с использованием теплонасосных установок (ТНУ).

Нами разработаны принципиальные схемы систем теплоснабжения плодовоовощехранилищ с теплонасосной установкой и способы утилизации теплоты вентиляционных выбросов и «дыхания» продуктов для получения горячей воды в аккумуляторном баке, со встроенным конденсатором холодильной машины. При температуре охлаждаемой среды 10–20 °С можно получить горячую воду с температурой 50 °С. Емкость бак — аккумулятора такого водоподогревателя составляет до 300 л (рис.1).

Создана экспериментальная углубленная овощехранилища со строительным объемом  $V_{стр} = 180 \text{ м}^3$  (ХК-180). Конструктивные характеристики опытной холодильной камеры ХК-180 для хранения яблок зимних сортов приведены в табл. 1.

Система теплоснабжения холодильной камеры ХК-180 состоит из ТНУ, систем увлажнения воздуха и вентиляции. Предложенная система работает на двух режимах, т.е. в режиме охлаждения и отопления в зависимости от природно-климатических условий местности.

В режиме охлаждения испаритель ТНУ 11 отбирает теплоту из камеры и охлаждается внутренний воздух камеры. Затем хладагент сжимается в компрессоре 10 и перегретый пар поступает в конденсатор 9. Теплота конденсации хладагента в конденсаторе нагревает воду в бак-аккумуляторе 7. Полученная подогретая вода в конденсаторном узле теплового насоса с форсунками разбрызгивается приточному воздуху для увлажнения приточного воздуха. После конденсации жидкий хладагент поступает регулирующим вентилем 12 и затем в испаритель ТНУ 11. Использование низкопотенциальной теплоты вентиляционных выбросов и теплоты дыхания продуктов позволяют сэкономить первичную энергию по сравнению с паровым увлажнением приточного воздуха. Холодильная камера ХК — 180 имеет автономную систему энергоснабжения через дизельной электростанций (ДЭС) 23 работающей на собственном альтернативном биотопливе из отходов плодовоовощехранилища. На крыше камеры установлены плоские солнечные коллекторы 13, которые позволяют дополнительно получить горячую воду для технологических и бытовых нужд хранилища. В режиме охлаждения задвижка 4 будет закрытым поло-

Таблица 1

Основные конструктивные характеристики холодильной камеры ХК-180

Ширина, В, м	Длина, L, м	Высота, Н, м	Строительная площадь, $F_{стр}, \text{м}^2$	Строительный объем, $V_{стр}$	Вместимость, $G_{гр}, \text{т}$
6,0	10	3,0	60	180	24

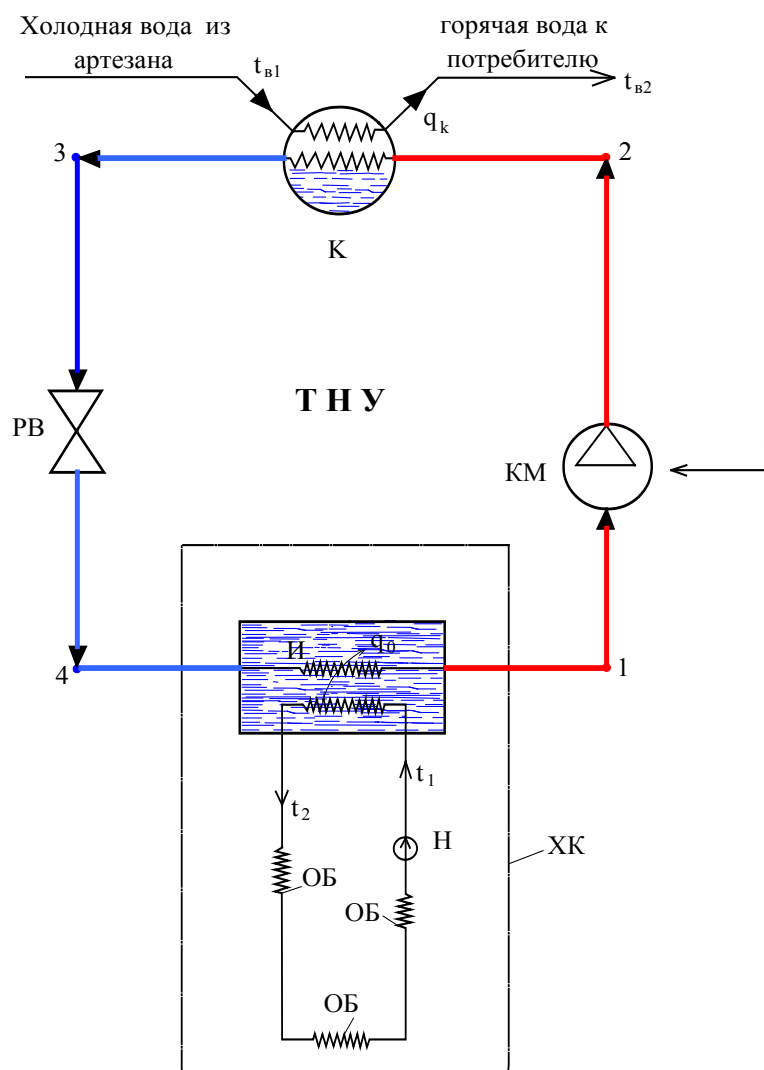


Рис. 2. Принципиальная схема систем теплоснабжения холодильной камеры с ТНУ: ТНУ – теплонасосная установка; И – испаритель ТНУ; КМ – компрессор ТНУ; К – конденсатор ТНУ; РВ – регулирующий вентиль; ОБ – охлаждающая батарея; ХК – холодильная камера; Н – насос; 1,2,3,4 – характерные точки цикла ТНУ.

жение. При необходимости вентилирование камеры естественным холодом ночного воздуха включает систему активной вентиляции. В режиме отопления камеры хладагент циркулирует в противоположном направлении. При этом испаритель ТНУ в камере выполняет функции конденсатора, а конденсатор в баке – аккумулятора испарителя. В этом режиме задвижка 4 имеет открытое положение, и горячая вода от солнечных коллекторов поступает в бак – аккумулятор, тем самым поддерживает повышение температурного уровня низкопотенциальной среды. Комбинированное использование солнечных коллекторов и тепловых насосов в режиме отопления камеры позволяет повысить энергетической эффективности системы.

Таким образом, предложенная теплонасосная система теплоснабжения плодовоощехранилищ с использованием нетрадиционных источников энергии, утилизацией теплоты дыхания продуктов и вентиляционных выбросов позволяет сэкономить энергетических и водных ресурсов

для поддержания тепло – и влажностного режима.

Разработан второй вариант систем теплоснабжения надземного хранилища с ТНУ типа «вода – вода» (рис. 2).

Надземная холодильная камера со строительным объемом 180 м<sup>3</sup> состоит из холодильной камеры, теплонасосной установки типа «вода – вода» и систем водоснабжения. Испаритель ТНУ в холодильной камере установлен в открытом водяном емкости и охлаждает воды. Охлажденная вода по трубопроводам и охлаждающим батареям движется по периметру холодильной камеры. В качестве источника тепла низкого потенциала используется холодная вода из систем охлаждения камеры. Артезианская вода в конденсаторном узле нагревается до температуры 50–55°С и применяется для технологических нужд хранилища. Проведенные исследования показывают, что утилизация низкопотенциального тепла с одновременным охлаждением камеры хранения продуктов и получения горячей воды повышает энергетической эф-

фактивности применения ТНУ.

Разработан третий вариант принципиальная схема холодильной камеры с собственным энергоснабжением и регулируемой газовой средой [3].

В предложенной системе требуемый газовый состав обеспечивается комбинированной установкой, гдеготавливается биодизельные топлива и пиролизные газы из растительных отходов хранилище. Таким образом, полученное топливо сжигается на ДЭС для производства хранения примерно на 20–30 суток [3].

#### Литература:

1. Волкинд И.Л. Комплексы для хранения картофеля, овощей и фруктов. — М.: Колос, 1981. — 223 с.
2. Узаков Г.Н. Исследование тепломассообменных процессов и теплохладоснабжения в плодоовощехранилищах. (Монография). Россия, г. Краснодар.: КубГАУ, 2006. 152 с.
3. Узаков Г.Н., Хужакулов С.М., Вардияшвили А.Б., Алирова Л. Исследование углубленной холодильной камеры в регулируемой газовой среде с использованием нетрадиционных источников энергии. // Молодой ученый. — Чита, Россия, 2010. — № 5. — с. 81–83.

## Исследование физико-химических и теплотехнических свойств различных древесных и растительных отходов для получения альтернативных моторных топлив

Раббимов Р.Т., кандидат технических наук, доцент; Узаков Г.Н., кандидат технических наук, доцент; Хайитов Р.М., соискатель; Сафаров И.Э., соискатель; Халикова Х.А., соискатель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

*Рассмотрено влажность, зольность и плотность древесных и растительных отходов. В настоящее время в Узбекистане, СНГ, а так же и в зарубежных странах все большее распространение получает термин — дре-*

*весные и растительные отходы (ДРО).*

**Д**РО называют все многообразные органические вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности деревьев и растений. ДРО являются все вещества, из которых состоят листья, хворост, недревесневевшие побеги, сучья, ветви, вершины, ствол дерева, кора и корневая система, солома, лузга и другие.

Отходы древесно-растительного сырья следует рассматривать как вторичные материальные ресурсы. В промышленности используют следующие виды отходов:

- в деревообрабатывающей промышленности — стружки, опилки, дрова, сучки, ветки, древесная пыль;
- гидролизной — лигнин (вторичный отход деревообработки);
- в масложировой — шелуха хлопковых семян;
- в зерно — обрабатывающей — шелуха и солома злаковых;
- при обработке лубяных культур — костра льна, кенафа;
- отходы сельского хозяйства — стебли хлопчатника, кукурузы, подсолнечника, табака, виноградная лоза и другие.

Запасы ДРО в Узбекистане следующие: отходы де-

лектрической энергии. Выработанная электрическая энергия применяются для электропотребления привода компрессоров, вентиляторов и насосов в системе теплохладоснабжения, а выхлопные газы используются для регулирования газовой среды холодильной камеры.

Результаты исследований показывают, что при хранении плодов и овощей в камере с собственным энерго- и газоснабжением с регулируемой газовой средой позволяет 1,5–2,0 раза сократить потери и продлить сроки

ревообработки составляют около 1,5млн. м<sup>3</sup>, ежегодные объемы рисовой соломы 150 тыс.т., лузги 30 тыс.т., лигнина 200 тыс.т., стебли хлопчатника (гуза-пая) 5–6 млн.т., костры лубзаводов 200 тыс.т. Расчеты показывают, что около 5 млн. тонн гуза-пай используется в качестве топлива а около 180 тыс.т. костры просто сжигается [1,2].

Физико-химические и теплотехнические свойства различных видов ДРО имеют некоторые различия, оказывавшие определенное влияние на эффективность их использования в энергетических целях, а именно для получения альтернативных моторных топлив. Это делает целесообразным изучение основных характеристик различных видов ДРО.

Из всего многообразия различных видов ДРО разумно выделить следующие основные, имеющие наибольшие практическое значение при энергетическом использовании ДРО, а именно стружки и опилки древесины, стебли хлопчатника, подсолнуха, кукурузы, табака, камыша, древесную гниль, тростника и т.п.

Влажность ДРО — это качественная характеристика показывающая содержание в древесине и растении влаги. Различают абсолютную и относительную влажность ДРО.

Абсолютной влажностью называют отношение массы влаги к массе сухого ДРО:

$$W_a = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $W_a$  — абсолютная влажность;  $m$  — масса образца во влажном состоянии, г;  $m_0$  — масса того же образца высушенного до постоянного значения, г.

Относительной или рабочей влажностью называют отношение массы влаги к массе влажного ДРО:

$$W^p = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $W_a$  — относительная, или рабочая влажность.

Перерасчет абсолютной влажности в относительную и наоборот производится по формуле:

$$W^p = \frac{100 W_a}{100 + W_a}, \quad W_a = \frac{100 W^p}{100 - W^p}. \quad (3)$$

При расчетах процессов сушки и пиролиза отходов древесины и сельскохозяйственной растительности используется абсолютная влажность. В теплотехнических расчетах принимается только относительная, или рабочая влажность.

Различают две формы влаги, содержащейся в древесной или растительной массе: связанную (гигроскопическую) и свободную. Связанная влага находится внутри стенок клеток и удерживается физико-химическими связями, удаление этой влаги сопряжено с дополнительными затратами энергии и существенно отражается на большинстве свойств древесинного вещества.

Свободная влага находится в полостях клеток и в межклеточных пространствах. Свободная влага удерживается только механическими связями и удаляется значительно легче, оказывает меньшее влияние на механические и тепловые свойства древесины и сельскохозяйственных растений.

Состояние древесного вещества, при котором свободная влага отсутствует, а клеточные стенки содержат максимальное количества связанной влаги, соответствует пределу насыщения или пределу гигроскопичности.

Пределом насыщения  $W_{п.н}$  называют максимальную влажность древесного вещества клеточных стенок свежесрубленной древесины или сельскохозяйственных растений, увлажнённой путем длительного выдерживания в воде (2 ч, 1 сутки, 2 сутки, 4 сутки, 7 сутки, 12 сутки, 20 сутки).

При выдерживании древесины или стебля хлопчатника (сорта Бухара 6) на воздухе происходит обмен влаги, между воздухом и древесным веществом. Если влажность древесного вещества очень высока, то при этом обмене происходит высыхание древесины и стебля хлопчатника. Если влажность их низка, то древесное вещество увлажняется. При длительном пребывании древесины и стебля хлопчатника на воздухе, при стабильных температуре и относительной влажности воздуха, влажность древесины

и стебля хлопчатника становится также стабильной. Это достигается тогда, когда упругость паров воды окружающего воздуха сравнивается с упругостью паров воды у поверхности древесины и стебля хлопчатника. Величина устойчивости влажности древесины и стебля хлопчатника, выдержанной длительное время при определенной температуре не зависит от направления процесса. В процессе сушки и пиролиза древесины и стебля хлопчатника устойчивая влажность выше той, которая получается в процессе увлажнения древесины и стебля хлопчатника. Разницу между устойчивыми значениями влажности при сушке и увлажнении принято называть гистерезисной сорбцией. Измельченная древесины и гуза-пая (опилки, стружки, щепы) с большой поверхностью имеют ничтожно малую гистерезисную сорбцию. При этом ее устойчивую влажность называют равновесной  $W_p^p$ .

Равновесная влажность одинакова у древесины и гуза-пая различных пород и полностью определяется параметрами воздуха, в среде которого она находится, т.е. та же температура  $t$  и относительная влажность  $\psi$ .

В зависимости от величины влажности стволую древесину и сельскохозяйственные растения подразделяют на мокрую, свежее срубленную, солнечно воздушно-сухую и абсолютно сухую.

Мокрой называют древесину и сельскохозяйственное растение, длительное время находящееся в воде.

Свежесрубленной называют древесину и сельскохозяйственное растение, сохранившее влагу растущего дерева и сельскохозяйственного растения. Оно зависит от породы древесины и сельскохозяйственного растения и изменяется в пределах  $W^p = 33 \div 50 \%$ .

Солнечно — воздушно — сухая — это древесина и сельскохозяйственное растение, выдержанное длительное время на открытом воздухе и солнце. Во время пребывания на открытом воздухе и солнце древесина и сельскохозяйственное растение постоянно подсыхают, и их влажность постепенно снижается до устойчивой величины. Влажность солнечно-воздушно-сухой древесины и сельскохозяйственных растений  $W^p = 13 \div 17 \%$ .

Компактно — сухая древесина и сельскохозяйственное растение — эти древесина и сельскохозяйственное растение, длительное время находящееся в отапливаемом и вентилируемом помещении. Влажность компактно-сухой древесины и сельскохозяйственного растения  $W^p = 7 \div 11 \%$ .

Абсолютно сухая — древесины и сельскохозяйственное растение, высушенное при температуре  $t = 103 \pm 2^\circ\text{C}$  до постоянной массы. В растущем дереве и сельскохозяйственном растении влажность распределена не равномерно. Она изменяется как по радиусу, так и по высоте ствола.

Влажность элементов кроны — ветви, сучья, вершины измельчались на экспериментальном участке в топливную щепу с помощью дробильной установки ДУ-2 и использовались в качестве сырья для пиролиза при получении альтернативного топлива. В составе щепы были



Таблица 1

Влажность щепы из древесных и сельскохозяйственных растительных отходов

МЕСЯЦ	Значение влажности щепы, %		
	среднее	Ошибка среднего значения	Коэффициенты изменчивости
Январь	50,5	$\pm 0,5$	$\pm 7,9$
Февраль	48,9	$\pm 0,2$	$\pm 8,9$
Март	48,6	$\pm 0,3$	$\pm 9,2$
Май	40,1	$\pm 0,4$	$\pm 10,7$
Сентябрь	48,5	$\pm 0,3$	$\pm 7,5$
Октябрь	47,5	$\pm 0,3$	$\pm 9,3$

также хвойные лапки, листья, неодревесневевшие побеги. Влажность такой щепы, по экспериментальным данным приведена в табл.1. Приведенные данные показывают, что значительная часть щепы из хозяйственных растительных и древесных отходов вследствие широкого варьирования рассматриваемого параметра имеет влажность более 50 %.

Среднее значение влажности щепы близко к 50 %.

Зольностью называют содержание в топливе минеральных веществ, остающихся после полного сгорания всей горючей массы. Зола является нежелательной частью топлива, так как снижает содержание горючих элементов и затрудняет эксплуатацию топочных устройств и пиролизных установок.

При проведении анализов, количество золы подсчитывается на рабочую массу по формуле:

$$A^p = A^c \left( \frac{100 - W^p}{100} \right), \quad (4)$$

где  $A^p$  — содержание золы в расчете на рабочую массу, %;  $A^c$  — содержание золы на сухую массу топлива, %;  $W^p$  — рабочая влажность топлива, %.

Зола подразделяется на внутреннюю, содержащуюся в древесном веществе, и внешнюю, попавшую в топливо при заготовке, хранении и транспортировке биомассы. В зависимости от вида, зола имеет различную плавкость при

нагревании до высокой температуры. Легкоплавкой называется зола имеющая температуру начала жидко-плавкого состояния ниже  $1350^\circ\text{C}$ . Среднеплавкая зола имеет температуру начала жидко — плавкого состояния в пределах  $1350-1450^\circ\text{C}$ . У тугоплавкой золы эта температура выше  $1450^\circ\text{C}$ .

Внутренняя зола древесной и растительной биомассы является тугоплавкой, а внешняя — легкоплавкой. Содержание золы в различных частях деревьев и растений показано в табл. 2.

Распределенные золы в частях дерева и сельскохозяйственного растения различных пород.

Содержание внутренней золы стволовой древесины изменяется в пределах от 0,2 до 1,17 %, а сельскохозяйственных растений изменяется в пределах от 1,5 до 2 %.

На основании рекомендаций по нормативному методу теплового расчета котельных агрегатов в топочных устройствах, зольность стволовой древесины и сельскохозяйственных пород должна приниматься равной 1 % сухой массы.

Плотность материала характеризуется отношением его массы к объему. Плотность древесного вещества — это отношение массы материала, образующего стенки клеток, к занимаемому ими объему. Плотность древесинного вещества, одинакова для всех пород древесины и равна  $1,53 \text{ г/см}^3$ , а для сельскохозяйственных растений всех пород

Таблица 2

Распределенные золы в частях дерева и сельскохозяйственного растения различных пород

ПОРОДА	Количество золы в абсолютно сухой массе, %		
	Ствол	Кора	Ветви, сучья, корни
Сосна	0,2–0,7	1,4–2,2	0,3–0,7
Ель	0,2	2,3	0,3–0,4
Береза	0,2–0,4	2,4	0,3–0,4
Осина	0,2–0,3	2,7	0,3
Тутовник	0,2–0,3	2,7	0,3
Ива	0,2–0,4	2,7	0,3
Тополь	0,2–0,3	2,7	0,3
Урюк	0,2–0,3	2,7	0,3
Стебли хлопчатника	0,2–0,3	2,7	0,3
Соломы	0,2–0,3	2,7	0,3



Таблица 3

Плотность стволовой древесины и сельскохозяйственных растений различных пород при стандартной влажности и в абсолютном сухом состоянии

Порода	Плотность кг/м <sup>3</sup>		Порода	Плотность кг/м <sup>3</sup>	
	$\rho_{12}$ при стандартной влажности	$\rho_0$ в абсолютно сухом состоянии		$\rho_{12}$ при стандартной влажности	$\rho_0$ в абсолютно сухом состоянии
Лиственница	660	630	Ясень обыкновенный	680	645
Акация белая	800	760	Береза	630	600
Груша	710	670	Орех грецкий	590	560
Дуб	690	650	Осина	495	470
Урюк	650	610	Ива	455	430
Чинара	650	620	Тополь	450	420
Сосна	500	470	Гуза-пая	370	320

равно 1,50 г/см<sup>3</sup>.

Плотность абсолютно сухой древесины или сельскохозяйственных растений — отношение массы древесины или сельскохозяйственных растений к занимаемому ими объему.

$$\rho_0 = m_0 / v_0 \quad (5)$$

где,  $\rho_0$  — плотность абсолютно сухой древесины или растения;  $m_0$  — масса образца древесины или растения при  $w^p=0$ ;  $v_0$  — объем образца древесины или растения при  $w^p=0$ .

Плотность влажности

$\rho_u = m_w / v_w$  (6) где  $\rho_u$  — плотность древесины или растений при влажности  $w^p$ ;  $m_w$  — масса образца древесины или растений при влажности  $w^p$ ;  $V_{w...}$  — объем, занимаемый образцом древесины или растений при влажности  $w^p$ .

По рекомендации комиссии СЭВ, все показатели физико-химических свойств древесины или растений определяются при абсолютной влажности 12% и пересчитываются на эту влажность.

Плотность стволовой древесины. Величина плотности стволовой древесины и стеблей растения зависит от ее породы, влажности и коэффициента разбухания  $K_r$ . Все породы древесины и сельскохозяйственных растений по отношению к коэффициенту разбухания  $K_r$  разделяются на 2 группы. К первой группе относятся породы у которых коэффициент разбухания  $K_r = 0,6$  (белая акация, береза, лиственницы и другие), ко второй группе относятся все остальные породы древесины у которых  $K_r = 0,5$ .

К первой группе относятся белая акация, береза, бук, граб, лиственница, плотность их стволовой древесины можно вычислить по следующим формулам:

$$P_w = 0,957 \frac{100}{100 - 0,4W^p} \rho_{12}, \quad W^p < 23\%. \quad (7)$$

Литература:

1. В.М.Курдюмова. Материалы и конструкции из отходов растительного сырья. Фрунзе, «Киргизистан», 1990г, с. 111 стр.
2. Комплексное использование вторичных материальных ресурсов в Узбекистане. Тезисы, доклады научно-технической практической конференции. Ташкент 1986г, с. ,121–123.

$$P_w = 0,81 \frac{100}{100 - W^p} \rho_{12}, \quad W^p > 23\%. \quad (8)$$

Для всех остальных пород стволовой древесины и сельскохозяйственных растений плотность вычисляется по формулам:

$$P_w = 0,946 \frac{100}{100 - 0,5W^p}, \quad W^p < 23\%, \quad (9)$$

$$P_w = 0,823 \frac{100}{100 - W^p} \rho_{12}, \quad W^p < 23\%, \quad (10)$$

где  $\rho_{12}$  — плотность при стандартной влажности, то есть при абсолютной влажности 12%.

Величина плотности при стандартной влажности определяется для различных пород древесины и сельскохозяйственных растений по табл. 3.

### Выводы

1. Равновесная влажность одинакова у древесины и сельскохозяйственных растений различных пород и полностью определяется параметрами воздуха, в среде которого находятся, т.е. его температурой и относительной влажностью.

2. Влага свежесрубленной древесины и сельскохозяйственных растений зависит от их породы и изменяется в пределах  $W^p = 33\% - 50\%$ .

3. Абсолютная сухая древесина и сельскохозяйственные растения становятся при температуре  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  до постоянного веса.

## 6. МЕТАЛЛУРГИЯ

### Теоретическое и экспериментальное исследование нагрузок главной линии пильгерстана

Раскатов Е.Ю., кандидат технических наук, доцент; Соловьев Д.А., аспирант

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

Технология трубопрокатных агрегатов с пилигримовым станом в производстве труб появилась порядка 120 лет назад. Такое оборудование до сих пор используется на трубных предприятиях. В мире эксплуатируются около 50 трубопрокатных установок с пилигримовыми станами, 12 из которых производят трубы диаметром более 406 мм [1].

В технической литературе с достаточной полнотой рассмотрен технологический процесс и энергосиловые характеристики периодической горячей прокатки труб на пилигримовых станах, называемых также пильгерстанами. В известных работах отечественных ученых представлены силовые условия процесса деформации заготовки, позволяющие определить усилия и моменты при прокатке в зависимости от заданных характеристик процесса, параметров инструмента и свойств деформируемого металла. Однако существует значительный дефицит информации о работоспособности оборудования пильгерстанов. В этом плане большой интерес представляют сведения о нагруженности главной линии, в частности крутящие моменты и их соотношения на шпинделях рабочих валков с учетом динамических нагрузок. Тяжелый динамический режим работы основного оборудования, необходимость расширения сортамента, марок стали и типоразмеров заказываемых труб, совершенствование технологии, в том числе уточнение коэффициентов обжатия и вытяжек, определяют необходимость прогнозной оценки работоспособности оборудования. В этих условиях была поставлена задача широкого изучения энергосиловых фактических характеристик стана путем натурных замеров на существующих маршрутах прокатки.

Главный приводной механизм таких станов включает в себя электродвигатель постоянного тока, снабженный массивным маховиком для защиты от пиковых нагрузок, и сообщающий движение валкам одновременно каждой из двух рабочих клетей через коренной вал, шестеренные клетки и карданные универсальные шпиндели. Периодический динамический характер взаимодействия валков с заготовкой существенно влияет на характер нагружения шпинделей. Наличие больших маховых масс основного приводного механизма валков, значительные мощности холостого хода и влияние массивного маховика исклю-

чают реальную оценку нагруженности каждого из шпинделей по электрическим показателям главного двигателя. В связи с этим выполнены тензометрические замеры крутящих моментов на каждом из двух шпинделей при прокатке труб из конструкционных и легированных сталей по характерным маршрутам. Синхронная запись результатов измерений крутящих моментов на шпинделях рабочих валков и характеристик подающего аппарата является основанием для определения условий циклического взаимодействия основных исполнительных механизмов и поиска рациональных управляющих параметров.

В установившемся процессе пилигримовой прокатки за каждый оборот валков осуществляется полный цикл обжатия шаговой части заготовки. При этом согласно данным работ [1, 2], изменение момента при прокатке имеет куполообразный характер, а максимальные значения достигаются в конце обжимного участка при угле поворота валков на  $0,45\text{--}0,60$  рад, превышая начальные значения на  $15\text{--}20\%$ . Однако практические измерения крутящих моментов на шпинделях рабочих валков каждой из двух клетей показали существенные отличия, как в характере изменения, так и в начальных значениях крутящих моментов, зарегистрированных с помощью тензодатчиков, от моментов, которые рассчитываются из условия взаимодействия формообразующей поверхности рабочих валков с прокатываемым металлом.

В процессе испытаний было прокатано несколько десятков заготовок из различных сталей по семи маршрутам прокатки с одновременной регистрацией усилий и напряжений на валах шпинделей, на штоке подающего аппарата, а также давления в тормозной камере подающего аппарата. Прокатка на пильгерстане осуществлялась при углах кантовки гильзы  $70^\circ\text{--}75^\circ$  с подачей за цикл около  $15\text{--}20$  мм.

Анализ результатов исследования свидетельствует о том, что максимальные значения крутящих моментов имеют нестационарный характер в период установившегося процесса прокатки [3]. При прокатке заготовки из нержавеющей стали математическое ожидание максимального крутящего момента на нижнем, наиболее нагруженном шпинделе по 113 циклам (затравочный режим был исключен) составило  $1630\text{ кН}\cdot\text{м}$  при общем диапазоне изменений моментов от  $500$  до  $2350\text{ кН}\cdot\text{м}$ . Из ре-

зультатов измерений следует, что крутящие моменты существенно изменялись в процессе установившегося режима прокатки (от 600 кН·м в начале до 2325 кН·м в конце) на нижнем шпинделе и от 500 до 1690 кН·м — на верхнем шпинделе. При этом 75% максимальных значений приходятся на диапазон 1300–2100 кН·м и 50% случаев — на диапазон 1600–2100 кН·м. Случаи превышения максимальных значений крутящих моментов значений 1700 кН·м составили 37% и только 14% зарегистрированных на нижнем шпинделе не превышали 1000 кН·м. Завышенные значения крутящих моментов приходятся на последнюю треть периода прокатки, что можно отнести к снижению температуры за время прокатки одной гильзы.

Выполнена сравнительная оценка предельно допустимых нагрузок по условию усталостной прочности шпиндельных узлов со значениями крутящих моментов, зарегистрированных при прокатке труб по характерным маршрутам. Показано, что по условию длительной усталостной прочности предельно допустимые нагрузки применяемых универсальных шпинделей рабочей клетки не должны превышать 1600 кН·м. Эти значения положены в основу настройки предохранительных устройств и разработаны рекомендации по дальнейшему увеличению нагрузочной способности соединительных валов.

При пилигримовой прокатке бесшовных труб цикл деформации гильзы периодически осуществляется за один оборот валков с переменным радиусом калибра, причем направление вращения валков противоположно направлению подачи гильзы, т.е. особенно важно теоретически оценить условия захвата металла валками, закономерности формирования мгновенного очага деформации, и изменения скорости перемещения гильзы, а также уровень динамических нагрузок в линии привода пилигримового стана. Отсутствие точного метода определения параметров мгновенного очага деформации при пилигримовой прокатке затрудняет оценку имеющихся приближенных решений.

Уравнение движения гильзы при её захвате имеет вид:

$$\frac{G}{2g} \cdot \frac{dV_r}{dt} = \pi R^2 \cdot \delta \cdot (\tau_k \cos \alpha - \sigma_n \sin \alpha), \quad (1)$$

где  $G$  — вес гильзы и дорна, кН;

$V_r$  — скорость перемещения гильзы, м/с;

$R$  — переменный радиус бойковой части валка, м;

$\delta$  — дуга соприкосновения металла с валками, рад;

$\tau_k$  — касательное контактное сопротивление, МПа;

$\sigma_n$  — нормальное напряжение, МПа;

$\alpha$  — угол захвата, рад.

Скорость гильзы и угол  $\delta$  связаны зависимостью [2]:

$$V_r = R \cdot \cos \alpha \cdot \frac{d\delta}{dt}, \quad (2)$$

Подставив зависимость (2) в уравнение (1) получим дифференциальное уравнение для  $\delta$ :

$$\frac{d\delta^2}{dt^2} + \beta_1^2 \cdot \delta = 0, \quad (3)$$

$$\text{где } \beta_1 = \sqrt{\frac{2\pi \cdot g \cdot R \cdot (\sigma_n \cdot t g \alpha - \tau_k)}{G}}, \quad (4)$$

Общее решение уравнения (3) имеет вид

$$\delta = c_1 \cdot \sin \beta_1 t + c_2 \cdot \cos \beta_1 t.$$

$$\text{Начальные условия: } t = 0, \delta = 0, \frac{d\delta}{dt} = \omega_0,$$

где  $\omega_0$  — угловая скорость валка, 1/с.

С учетом начальных условий зависимость для определения дуги соприкосновения металла с валками принимает вид:

$$\delta = \frac{\omega_0}{\beta_1} \cdot \sin \beta_1 t. \quad (5)$$

отсюда

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_0 \cdot \cos \beta_1 t. \quad (6)$$

С учетом (6) зависимость для определения скорости гильзы принимает вид:

$$V_r = R \cdot \cos \alpha \cdot \omega_0 \cdot \cos \beta_1 t. \quad (7)$$

Расчет параметров механической системы пилигримового стана показал, что отношение массы якоря двигателя и маховика к суммарной массе системы, которое называют коэффициентом распределения масс, близка к единице. В связи с этим амплитуда колебаний якоря и маховика в десятки раз меньше амплитуды колебаний валка, а переходный процесс захвата гильзы валками может без больших погрешностей рассматриваться как упругие колебания приведенной массы валка относительно якоря двигателя и маховика, вращающихся с постоянной скоростью.

Для одномассовой расчетной модели дифференциальное уравнение движения валка при наличии упругой связи в переходной стадии захвата имеет вид:

$$J \cdot \ddot{\varphi} + c \cdot \varphi = -\pi R^3 \cdot \delta \cdot \tau_k, \quad (8)$$

где  $J$  — момент инерции валка, т·м<sup>2</sup> (кН·м·с<sup>2</sup>);

$\varphi$  — угол поворота валка, рад;

$\ddot{\varphi}$  — угловое ускорение валка, с<sup>-2</sup>;

$c$  — жесткость упругой связи, кН·м.

Подставив  $\delta$  из (5) в уравнение (8) получим:

$$J \cdot \ddot{\varphi} + c \cdot \varphi = -\pi R^3 \cdot \tau_k \cdot \frac{\omega_0}{\beta_1} \cdot \sin \beta_1 t. \quad (9)$$

$$\ddot{\varphi} + \beta^2 \cdot \varphi = h \cdot \sin \beta_1 t, \quad (10)$$

$$\text{где } \beta = \sqrt{\frac{c}{J}}, \text{ с}^{-1}; \quad h = \frac{\pi R^3 \cdot \tau_k \cdot \omega_0}{J \cdot \beta_1}, \text{ с}^{-2}. \quad (11)$$

Общее решение дифференциального уравнения (10):

$$\varphi = c_1 \cdot \cos \beta t + c_2 \cdot \sin \beta t + \frac{h}{\beta^2 - \beta_1^2} \cdot \sin \beta_1 t. \quad (12)$$

С учетом начальных условий:  $t = 0$ ,  $\varphi = 0$ ,  $\dot{\varphi} = 0$ , решение уравнения (10) принимает вид:

$$\varphi = \frac{h}{\beta^2 - \beta_1^2} \cdot \left( \sin \beta_1 t - \frac{\beta_1}{\beta} \cdot \sin \beta t \right). \quad (13)$$

Динамический момент крутильных колебаний

рекомендации о направлениях совершенствования оборудования, настройки и управления станом.

$$M^d = \frac{c \cdot h}{\beta^2 - \beta_1^2} \cdot \left( \sin \beta_1 t - \frac{\beta_1}{\beta} \cdot \sin \beta t \right). \quad (14)$$

#### Заключение

На основе теоретического исследования динамики захвата гильзы валками пилигримового стана разработана методика расчета максимальных динамических нагрузок, возникающих в линии привода пилигримового стана, при мгновенном приложении нагрузки.

Выполненные измерения позволили установить значения показателей работы исполнительных и приводных устройств пильгерстана, дать их оценку и выработать ре-

#### Литература:

1. Шевакин Ю.Ф., Коликов А.П., Райков Ю.Н. Производство труб. М.: Интермет Инжиниринг, 2005. 564 с.
2. Целиков А.И. Теория расчета усилий в прокатных станах. М.: Металлургиздат, 1962. 494 с.
3. . Измерение нагрузок на шпинделях валков пильгерстана / Чечулин Ю.Б. [и др.] // Металлург. 2007. №6. С.47–49.

## 7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

### Повышение эффективности использования МТП

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант  
Туркменский сельскохозяйственный университет

Agakhan Danatarov (Turkmenistan)

### Increase of efficiency of use MTP

*The necessity of biological and biosphere comprehension of the processes taking place in soil as a result of its cultivation is considered in the article. It is stated that for the process of ploughing by means of aeration drainage and ripping of compacted subsurface layer of soil, optimal parameters of aeration drainage and deep ripper have been duly tested and worked out. Technique of ploughing by means of aeration drainage and ripping of compacted subsurface layer of soil by deep ripper has been justified; which, in its turn, allows to enhance agrotechnical performance of agricultural implements with least expenditure of time and costs. Apart from this, environmental conditions are improved, rates of irrigation and washing of soil are reduced down to 30%, the ground-water level as well as process of salinization of soil are hampered and efficiently thwarted. Technical and economic studies have proved that ploughing of soil by means of aeration drainage promotes reduction of operating costs down to 30%, provides optimal water-air level of soil in arid zone and raises the level of crop capacity of cotton plant up to 10 quintals per hectare.*

В настоящее время особенно актуальны для сельскохозяйственного производства задачи энерго- и ресурсосбережения. Так на единицу конечной продукции в России расходуется в 5 раз больше энергии и в 4 раза больше металла, чем в США. Затраты на основную обработку почвы составляют значительную долю (до 40%) в себестоимости сельскохозяйственной продукции и в основном определяют конкурентоспособность конечного продукта. Основная обработка почвы — наиболее энергоемкая и трудоемкая операция при возделывании сельскохозяйственных культур, является распространенным способом воздействия на почву с целью создания условий наиболее благоприятных для произрастания культурных растений [3].

Рабочие органы для обработки почвы являются наиболее консервативными орудиями из всех известных человечеству. Однако именно консерватизм приводит подчас к негативным результатам: разрушению почвогрунтов, падению плодородия, уменьшению продуктивности агроценозов и, как результат, — нехватке продовольствия. Орудия для обработки почвы служат в первую очередь для подготовки почвы к посадке сельскохозяйственных растений. А основная цель обработки почвы и возделывания сельскохозяйственных культур состоит в решении задач по смещению динамического равновесия агроценоза в сторону увеличения продуктивности выращиваемых растений. При этом должен соблюдаться принцип сохранения окружающей среды, агроценозов и главного их компонента — почвогрунтов. В связи с этим возникает необходимость во вновь синтезированных орудиях для обработки почвогрунтов, отличных от ранее применяемых,

включающих новые концептуальные подходы, имеющие, соответственно, и иной дизайн.

Для аридной зоны в качестве рабочих органов были применены усеченные дрены на шарнирной тяге с ножом со ступенчато установленными ножами. Технология нарезки аэрационного дренажа (АД) разработана с учетом грунтовых условий и биологических требований к развитию корневой системы хлопчатника, которая основана на разрыхлении подпахотных слоев и нарезке в монолите грунта перпендикулярно основному дренажу водоаккумулирующих кротовых спаренных дрен на глубину 500—600 мм и на расстояния 600—900 мм [2]. При близком заложении до 0,4 м происходила значительная деформация кротовин, т.к. они формировались практически в зоне объемного рыхления грунта. При заложении АД на глубине 0,7—0,9 м более сильного влияния на водно-воздушный и солевой режимы практически не наблюдалось. При увеличении глубины нарезки до 0,9 м возрастали тяговые усилия, кроме того, эффективность АД в данном случае сильно снизилась из-за увеличения удельных энергетических затрат.

В этом аспекте цели максимальной экономической эффект достигается за счет дополнительной прибыли от повышения урожайности хлопчатника. В процессе работы были определены расчетные параметры приведенных затрат при нарезке АД на участках различной площади, при длине прохода и дальностью перебазирования с участка на участок.

Анализ расчетов свидетельствует о том, что кротователи на базе тракторов класса 4 т.с. рационально использовать при нарезке АД на среднеуплотненных грунтах m



$< 10 \text{ н/см}^2$ , при интервале между проходами 0,9 м. При повышении длины прохода от 100 до 150 м средняя стоимость нарезки дрен на 1 га уменьшается на 5%. На умеренно уплотненных грунтах ( $m=15 \text{ н/см}^2$ ) кротование следует проводить одностоичными кротователями, агрегатируемыми тракторами класса 4 т.с. На сильно уплотненных почвах ( $m = 20 \text{ кН/см}^2$ ) кротование следует проводить кротователями, агрегатируемыми тракторами класса 4 т.с. с предварительным проведением вспашки. Техничко-экономические расчеты свидетельствуют о том, что нарезка АД на расстоянии 0,9 м наиболее целесообразно проводится двухстоечными кротователями. Параметры рабочего органа определены из условия резания на критический глубине и обеспечивают минимальную энергоёмкость процесса кротования. Расчетные нагрузки на рабочий орган кротователей при заблокированном резании определен и рекомендован [1].

Расчет экономических показателей выполнен на персональной ЭВМ по методике, разработанной в институте гидротехники и мелиорации Украинской академии аграрных наук. Исходя из результатов расчетов приходим к выводу, что себестоимость машино-часов работы в году при нарезке АД кротователем НАД-2—60 составляет 12592 руб., что по сравнению с первым и вторым вариантом меньше на 27% и 6,0 процентов. При этом планово-расчетная стоимость нарезки АД с применением НАД-2—60 составляет 1,12 руб., что по сравнению с другим вариантом менее на 6 и 27%.

Экономический эффект от внедрения данной конструкции в совхозе «Ак Алтын» Каракумского района Марийской области подтвердили наши работы. Так, только по себестоимости внедряемого мероприятия и удельным капитальным вложениям, фактический годовой экономический эффект составляет 128 руб./га (как рыхлитель — 70 руб./га; АД — 58 руб./га).

Конструкции устройства нарезки АД прошли ведомственные приемочные испытания Госагропрома Туркменистана. С 1990—1994 г.г. на объектах хлопководческих хозяйств выполнен АД на площади более 60 тыс. га. За

истекший период внедрено более 60 кротователей [1,2].

В дренах и почву поступают и воздух, и тепло, а с воздухом и водой — микрофлора и микрофауна. В управлении процессами создания и разложения гумуса решающая роль принадлежит внесению навоза и других форм органических удобрений, накоплению в почве корневых и пожнивных остатков, системе обработки почвы, регулирующей активность биологических процессов, соотношение интенсивных аэробных и замедленных анаэробных условий разложения. Важно, чтобы сочетание всех условий обеспечивало близкий к бездефицитному или положительный баланс гумуса. Происходит оживление биологической деятельности, а также возникает процесс химического выветривания почвы в присутствии воды, кислорода и углекислоты, что в совокупности повышает плодородие почвы. Дело в том, что после полива в почве над дренами, главным образом, оседает весь плотный осадок из поливной воды как минеральный, так и органический. Благодаря этому улучшается структура почвы, отводится излишек влаги из сельскохозяйственных угодий, происходит аэрация почв, в результате повышается урожайность культур.

Следовательно, предложена необходимость биологического и биосферного осознания процессов, протекающих в почве в результате ее обработки. Отмечено, для нарезки АД и рыхления подпахотного уплотненного слоя теоретически и экспериментально исследованы и разработаны оптимальные параметры АД и глубокорыхлителя. Обоснована технология нарезки АД и рыхления подпахотного слоя глубокорыхлителем; которая позволяет улучшить агротехнические показатели работы орудий при наименьших затратах. При этом значительно улучшается экологическая обстановка, сокращается поливная и промывная норма до 30%, предотвращаются повышения уровня грунтовых вод и процесс засоления. Техничко-экономические расчеты показали, что нарезка АД позволяет снизить эксплуатационные расходы до 30%, обеспечить оптимальной водно-воздушной режим почвы в аридной зоне и повышает урожайность хлопчатника до 10 ц/га.

#### Литература:

1. Данатаров, А., Байджанов, Г. Оптимизация параметров аэрационного дренажа. «Молодой ученый» научный журнал. №8. 2010. Чита. с. 76—82.
2. Данатаров, А. Об экологической напряженности в аридной зоне. //Тезисы докладов Международной конференции. 16—17 сентября 1993. Экологические проблемы при орошении и осушении: часть I. —Киев. —с.7—8.
3. Понуровский, В.А. Повышение эффективности основной обработки почвы за счет выбора рациональных конструктивных параметров стойки рабочего органа. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск — 2007. с. 135.



## Новые почвообрабатывающие орудия для адаптивных технологий производства сельскохозяйственной продукции в аридной зоне

Данатаров А., кандидат технических наук, докторант  
Туркменский сельскохозяйственный университет

Agakhan Danatarov (Turkmenistan)

### New soil-cultivating tools for adaptive production technologies of agricultural production in an arid zone

*On the basis of theoretical and experimental researches optimum parameters of drainage aeration and chisel plow are developed. The technology of cutting drainage aeration and loosening of subsurface by means of chisel plow which allows to improve work agrotechnical indicators used equipment at the least expenses is proved. Technical and economic calculations have shown, that cutting drainage aeration allows to reduce expenses on technics operation up to 30 %, to provide optimum of soils water-air regime in the conditions of arid zone and raise cotton productivity up to 10 centner\hectares.*

Мелиорация (от лат. *gaelio* — улучшать) — это система мероприятий по улучшению свойств и режима почв в благоприятных производственном и экологическом направлениях. Мелиорация обеспечивает создание важнейших условий для получения высоких и устойчивых урожаев, рациональное использование почв, совершенствует производство, качественно меняет условия и производительность труда. Мелиорация почв — системная дисциплина, которая ассимилирует в себе достижения гидротехники и строительного дела, почвоведения, гидрологии, геологии, климатологии, экономики и др. [4].

Успешное решение сельскохозяйственных задач немыслимо без увеличения производительности труда, внедрения энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. Особая роль в этом отводится основной обработке почвы, от которой на 20–30 %, а иногда и до 50 % зависит урожай сельскохозяйственных культур. В отличие от природных пустынных и недавно орошаемых земель луговые почвы имеют повышенное содержание гумуса, питательных элементов и более оптимальные водно-физические и физико-химические свойства. Тем не менее, вопросы регулирования физических свойств верхнего слоя луговых почв, развитых на тяжелых агроирригационных наносах, приобретают особую важность. Сочетание глубокого рыхления с обычной вспашкой и внесением органических удобрений положительно влияет на физические свойства почвы, что в конечном итоге способствует повышению урожайности хлопчатника.

Одним из важнейших требований агротехники хлопчатника является выполнение ежегодной глубокой зяблевой пахоты с изменением фактической ее глубины по годам для уничтожения «плужной подошвы». На почвах с менее глубоким плодородием слоем пахоты на полную глубину его и одновременно проводят мероприятия по углублению пахотного слоя. Глубокая пахота, улучшая водно-воздушный и пищевой режим почвы, создает также благоприятные условия для роста и развития стержневого и боковых корней хлопчатника. Перенесение вспашки на

весну сопряжено с ухудшением условий жизни, запозданием в развитии хлопчатника и понижением его урожая.

По степени засоления наиболее неблагоприятное положение складывается на орошаемых землях Каракумского и Байрамалийского районов, где степень засоления в метровом слое выше средней степени составляют соответственно 54,8% и 45,6% от общей площади орошаемых земель Каракумского, Марыйского, Туркменкалинского, Мургабского районов расширяются площади вторичнозасоленных земель. В этих районах наблюдается наиболее высокая минерализация ГВ (более 5 г/л). В целом по региону необходимо проведение агротехнических и агромелиоративных мероприятий для улучшения качественного состояния почв; внесение органо-минеральных удобрений; введение севооборотов.

Одним из отрицательных факторов, который ухудшает водно-физические состояния почв, является уплотнение почв — движителями сельскохозяйственных машин. Для улучшения таких почв применяют рыхлители и кротователи. В настоящее время происходят очевидные изменения технологий аграрного производства, обусловленные социально-экономическими изменениями, изменением соотношения стоимости вовлекаемых в производство ресурсов, в том числе энергетических, и стоимости получаемого урожая, и другими. Такие изменения требуют усовершенствования и создания новых почвообрабатывающих орудий. Универсальные орудия для безотвальной обработки почвы, это комплекс агро-мелиоративных орудий с адаптивными рабочими органами. Применение таких мелиоративных орудий направленные на ускорение фильтрации поверхностных вод способствует аккумуляции влаги в почвенном профиле и ускоряет сбор избыточных вод. Из них наиболее широко применяемым методом регулирования водно-физических состояний почв является кротовый дренаж [1]. Для аридной зоны в качестве рабочих органов были применены усеченные дренажи на шарнирной тяге с ножом со ступенчато установленными ножами.

Оценка эффективности аэрационного дренажа (АД) зависит от затрат на его устройство и прибыли, получаемой в результате эксплуатации АД. Экономическая эффективность АД может быть определена по трем основным составляющим: экономическая эффективность от применения новой конструкции и технологии его нарезки; экономическая эффективность от прибавки урожая сельскохозяйственных культур; экономия промывной и поливной воды. В процессе обработки при наличии аэрации влаги и тепла активизируется разложение органического вещества и в большем количестве выделяется  $\text{CO}_2$ . Это имеет большое значение и в процессе растворимости различных веществ в почве. Образовывающаяся в процессе разложения органического вещества  $\text{CO}_2$  при наличии вода растворяет фосфаты, что способствует увеличению доступности фосфора для питания растений. Следовательно, если нет микроорганизма, то нет  $\text{CO}_2$ , соответственно нерастворимое соединения фосфорной кислоты не может переходить в растворимое состояние.

Для улучшения качества прокладки и эффективности работы АД рекомендуется производить по направлению вспашки, т.е. по линии поливных борозд. Исследования показали, что в процессе нарезки кротовин плотность грунта околдренной зоны по величине практически не отличалась от плотности монолита грунта. Полости дрен были весьма устойчивы. Качество рыхления проверялось раскрытием зоны разрушения поверхности грунта за проходом рабочего органа. Установлено, что за проходом

сплошного ножа, разрушение грунта происходит в виде комьев до критической глубины резания, в данном случае до 0,4 м, а в нижней части происходит трещинообразование. Следует отметить, что при этом ширина разрушаемой полосы меньше на 10 см по сравнению со сплошным ножом.

Влияние конструкции АД на устойчивость и эффективность работы, для опыты, проведенные на опытных участках совхозов «Ак-Алтын» и «Целинный» Каракумского района показали, что на хлопковых полях оптимальная глубина нарезки АД составляет 0,6 м. Положительно сказалось рыхление-кротование на водопроницаемость почвы. Это объясняется использованием запасов влаги из почвы. Известно, что при обычной вспашке менее развитая корневая система хлопчатника использует влагу в основном из слоя 35–40 см, а при глубоком рыхлении благодаря развитию мощной корневой системы растения способны доставать ее из слоя 100 см и более.

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны оптимальные параметры АД и глубокорыхлителя. Обоснована технология нарезки АД и рыхления подпахотного слоя глубокорыхлителем, которая позволяет улучшить агротехнические показатели работы используемого оборудования при наименьших затратах. Техничко-экономические расчёты показали, что нарезка АД позволяет снизить расходы по эксплуатации техники до 30 %, обеспечить оптимальной водно-воздушной режим почв в условиях аридной зоны и повысить урожайность хлопчатника до 10 ц/га [2].

#### Литература:

1. Готов, М.Н. Кротовый дренаж и его применение. В кн. Кротовый дренаж. — М.: 1943. — с.8–71.
2. Данатаров, А., Байджанов, Г. Оптимизация параметров аэрационного дренажа. «Молодой ученый» научный журнал. №8. 2010. Чита. с. 76–82.
3. Данатаров, А. Аккумулирующая способность воды аэрационного дренажа в аридной зоне. Международный научно-практический журнал №1. Проблемы освоения пустынь. 1999. — с.85–89.
4. Зайдельман, Ф.Р. Мелиорация почв 3-е издание, исправленное и дополненное Издательство Московского университета 2003. с. 7–14.

## Борьба с засухой и урожай

Данатаров А., кандидат сельскохозяйственных наук  
Туркменский сельскохозяйственный университет

*The necessity of biological and biosphere comprehension of the processes taking place in soil as a result of its cultivation is considered in the article. It is stated that for the process of ploughing by means of aeration drainage and ripping of compacted subsurface layer of soil, optimal parameters of aeration drainage and deep ripper have been duly tested and worked out. Technique of ploughing by means of aeration drainage and ripping of compacted subsurface layer of soil by deep ripper has been justified; which, in its turn, allows to enhance agrotechnical performance of agricultural implements with least expenditure of time and costs. Apart from this, environmental conditions are improved, rates of irrigation and washing of soil are reduced down to 30%, the ground-water level as well as process of salinization of soil are hampered and efficiently thwarted. Technical and economic studies have proved that ploughing of soil by means of aeration drainage promotes reduction of operating costs down to 30%, provides*

*optimal water-air level of soil in arid zone and raises the level of crop capacity of cotton plant up to 10 quintals per hectare.*

**Key words:** Агромелиоративная машина — НАД-2–60 в аридной зоне.

Основное назначение кротового или аэрационного дренажа (АД) — улучшения водно-воздушного, солевого и теплового режимов тяжелых почвогрунтов с целью повышения плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур. Технология устройства АД призвана обеспечить эффективность и долговечность его работы. Но до настоящего времени такой дренаж применялся и изучался лишь в зоне осушения в качестве кротового дренажа, т.е. для отвода излишних вод. Влияние его на почвенные процессы в аридной зоне пока не исследовано, хотя важность проведение таких исследований диктуется насущными потребностями сельскохозяйственного производства. Кротование грунтов сопровождается рыхлением верхнего растительного слоя и формированием полости торпедоподобным пассивным рабочим органом.

Применение АД обусловлено двумя причинами: отсутствие экономичного и удобного подвижного источника мощности, приводящего в движение плуг; ограниченная возможность контролирования плуга в работе. Принцип, которого дренажа заключается в следующем. Тонкий лемех с имеющимся на его основании специальным устройством, формует при движении лемеха устойчивый туннель. Это достигается за счет использования торпедообразного расширителя. Формирование кротовин происходит в процессе блокированного резания массива грунта. По теории Ю.А. Ветрова процесс разрушения грунта возможно рассматривать как блокированное, полублокированное или свободное резание в зависимости от условий резания. При этом разрушение грунта рассматривается как сложный процесс, при котором происходит смещение частиц в сторону дневной поверхности — докритическая глубина резания и вдавливание частиц в стенки монолита грунта — критическая глубина резания.

Скорость перемещения рабочего органа принимались в пределах 0,25 м/с. Устойчивость кротовых дрен определялась с помощью лабораторно-полевых методов: лабораторным (Р.Ф. Астапова); полевым (М.Н. Глотова);

лабораторно-полевым (Ф.Р. Зайдельмана). При соблюдении технологии нарезки АД, эффективность и продолжительность действия его на тяжелых почвах аридной зоны составила 4 года. Для исследования были выбраны массивы грунта с высокой степенью однородности, прочность  $C = 18 \pm 1$  ударов ударника ДорНИИ; влажность по массе  $W = 21,1\%$  (аргелит); прочность  $C = 4 \pm 1$ ; влажность  $W = 25,9\%$  (лессовидная глина). Данные исследования позволили выявить физику процесса резания грунта рабочими органами [1].

Результаты фенологического наблюдения показывают, что проведение агромелиоративных приемов (АД, рыхление) позволяют значительно ускорить процесс развития и созревания хлопчатника, что дает возможность получать более высокие урожаи, т.е. урожайность хлопчатника увеличивается до 10 ц/га. Урожайность хлопчатника устанавливали по биологическому методу: сбор и взвешивание хлопка по всей учетной делянок; приведение к 8% влажности и 100% чистоты; определение урожайности в ц/га:

$$Y_p = Y_k \times P_k \times \Gamma_p / 10^5$$

$Y_p$  — урожайность хлопчатника, ц/га;  $Y_k$  — средний вес одной коробочки, г;  $P_k$  — число коробочек на одном расстоянии по последним вычислениям;  $\Gamma_p$  — частота стояния растений перед сбором хлопка-сырца.

Таким образом, новая конструкция АД, технология и средства его нарезки позволили обеспечить оптимальный водно-воздушный режим почвы, снизить расход промывной воды и значительно улучшить мелиоративное состояние тяжелых грунтов аридной зоны.

Экономическая эффективность АД может быть определена по трем основным составляющим: экономическая эффективность от применения новой конструкции и технологии его нарезки; экономическая эффективность от прибавки урожая сельскохозяйственных культур; экономия промывной и поливной воды.

Конструкции устройства нарезки АД прошли ведомственные приемочные испытания Госагропрома Туркме-

Таблица 1

Основные технические характеристики кротователей-рыхлителей

Наименование показателей	РК-1,2	ГРХ-2–50	ПЧС-10–40	НАД-2–60
Базовый трактор	Т-130	Т-4А	К-701	Т-4А
Тип машины	навесная	навесная	навесная	навесная
Глубина рыхления-кротования	60	30–50	40	60–70
Количество дренажных полостей за один проход	2	-	-	4
Глубина захвата, см	180	180	384	180
Рабочая скорость, км/ч	2	5–8	6,8–8,3	4–5
Число стоек-ножей, шт	2	2	8–10	2
Масса оборудования, кг	1150	900	1625	600

нистана. С 1990—1994 г.г. на объектах хлопководческих хозяйств выполнен АД на площади более 60 тыс. га. За истекший период внедрено 56 кротователей. Следовательно, для нарезки АД и рыхления подпахотного уплотненного слоя теоретически и экспериментально исследованы и разработаны оптимальные параметры АД и глубокорыхлителя. Обоснована технология нарезки АД и

рыхления подпахотного слоя глубокорыхлителем; которая позволяет улучшить агротехнические показатели работы орудий при наименьших затратах. Техничко-экономические расчеты показали, что нарезка АД позволяет снизить эксплуатационные расходы до 30%, обеспечить оптимальной водно-воздушной режим почвы в аридной зоне и повышает урожайность хлопчатника до 10 ц/га [2,3].

#### Литература:

1. Данатаров, А. Методика экспериментальных исследования процесса нарезки аэрационного дренажа. Повышение эффективности использования и надежность механизированных средств в сельскохозяйственном производстве аридной зоне. В сб. научных трудов ТСХИ. 1994. т.38. вып.4 —с. 34—39.
2. Данатаров, А. Аэрационный дренаж в условиях аридной зоны. Международный научно-практический журнал №6. Проблемы освоения пустынь. 1999. с. 91—95.
3. Данатаров, А. Аккумулирующая способность воды аэрационного дренажа в аридной зоне. Международный научно-практический журнал №1. Проблемы освоения пустынь. Ашгабат. 1999. —с.85—89.

## Технологии сева хлопчатника в условиях луговых почв нижнего течения Аму-Дарьи

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель САО имени С. Розметова

*On result of long-term researches zones satisfying to conditions ways of preparation of seeds, optimum technology of the sowing are developed and scientifically proved, allowing to receive the high-grade early shoots reducing expenses of seeds and manual skills on reductions of shoots, promoting claps increase — a raw with the best technological properties of a fibre. Concrete optimum ways of preparation of seeds and technology of their sowing are offered manufacture.*

Увеличение производства хлопка-сырца в нашей стране в значительной степени достигается за счет повышения урожайности — внедрения более урожайных сортов, модернизации существующей технологии, широкой химизации и мелиорации, комплексной механизации производства.

Большие преимущества имеет сев сеялками точного высева, который производят оголенными семенами, т.к. он позволяет в 2—3 раза сократить расход семян, значительно облегчить прореживание всходов или полностью исключить его. Указанные сроки сева сельскохозяйственных культур привязаны главным образом к потребности семян в положительных температурах необходимых для процесса прорастания. Следует учесть, что в районах предгорий к рекомендованным датам сева сельскохозяйственных культур следует прибавить 5—7 дополнительных дней, что связано с более низкими температурами в этих местах. Практически все исследования способов предпосевной подготовки семян хлопчатника направлены на обеспечение высокой полевой всхожести. Особенно важно это при севе хлопчатника заданным числом семян в гнездо-точечного сева.

Магистральный путь дальнейшего развития хлопководства — комплексная механизация возделывания и уборки не только общего урожая, но и семенного хлопка-сырца.

При разработке технологии точного сева долгое время среди исследователей не было единого мнения, какое количество семян необходимо высевать в каждую лунку, чтобы меньше расходовать семян, сократить затраты на прореживание всходов и получить оптимальную густоту стояния растений.

Во многих исследованиях установлено большое влияние на полевую всхожесть нормы высева семян в гнездо. В свою очередь результаты исследований по этому вопросу сравнительно разноречивы, поскольку опыты проводились в различных почвенно-климатических условиях, а также при машинном и ручном способах сева.

Сбор урожая при созревании 80—85% коробочек на кусте может решить вопрос о возможности использования на посев отсортированных семян со всего куста в целом. В.П. Соловьев (1978) пришел к выводу о существовании значительных качественных различий семян в зависимости от места расположения коробочек на кусте и семян в дольках коробочек. Высококачественные семена в подавляющем большинстве формируются в коробочках на первых и вторых местах средних и нижних плодовых ветвей. Однако в зависимости от условий выращивания крупные, упитанные, высококачественные семена формируются также в коробочках на сравнительно верхних и периферийных частях растения и при высеве в поле



дают полноценные и дружные всходы, нормально развивающиеся растения, накапливающие высокий урожай с ранним и дружным раскрытием коробочек.

Исходя из этого, перед учеными-аграрниками и научными учреждениями страны, поставлены конкретные задачи по совершенствованию системы выращивания сельскохозяйственных культур, способствующей повышению эффективности средств производства и каждого гектара орошаемой пашни.

Обеспечение высокой полевой всхожести семян еще не гарантирует получение высокой урожайности хлопчатника. Не меньшее, скорее большее значение имеет правильный выбор сорта для конкретных условий выращивания, тем более, что жизнь не стоит на месте и постоянно появляются новые сорта. Они часто превосходят своих предшественников по урожайности, устойчивости к болезням, соответствию конкретной зоне страны и другим показателям. В связи с этим нами проведено сортоиспытание целой серии новых сортов хлопчатника.

Исследования проведены согласно тематическому плану СоюзНИХИ на 1984–1986 г.г. Полевые эксперименты ежегодно проверялись апробационной комиссией ТНИИЗ и СоюзНИХИ. По материалам экспериментов ежегодно составлялись научные отчеты.

Основное преимущество при применении точного сева, помимо снижения расхода семян и затрат труда, заключается в ускорении роста и развития растений хлопчатника. По данным научных исследований, забег в ускорении развития хлопчатника при точном севе составляет 9–10 дней за счет рационального размещения растений. По нашим наблюдениям, в среднем за три года рост главного стебля превысил контроль на 2,3 см при севе дражированными семенами, а при севе оголенными был почти на уровне контроля. Количество коробочек на кусте в среднем за 3

года на втором варианте превысило контроль на 0,4 шт., при севе дражированными семенами — на 1,1 шт. (в контроле в среднем 8 шт.). В получении высокого урожая хлопко-сырца имеет немаловажное значение сохранение хотя бы одной дополнительной коробочки. Если допустить, что масса одной коробочки минимум будет 4 г., то при густоте стояния растений 100 тыс./га прибавка дополнительного урожая составит 4 ц/га.

Устойчивую прибавку урожайности за 3 года дал сев хлопчатника дражированными семенами. По сравнению с контролем прибавка составила 2,51 ц/га., достигнув 35,4 ц/га. Сев оголенными семенами, напротив, снизил урожай на 0,68 ц/га по сравнению с рядовым способом сева. Но как показывает математическая обработка урожайных данных, это незначительное снижение урожая недостаточно и можно считать, что урожай получен на уровне контроля. При этом следует особо подчеркнуть, что для точного сева необходимо использовать высококлассные семена хлопчатника, снижая по мере возможности процент их дробленности.

Использование точного сева хлопчатника в условиях луговых засоленных почв Дашогузской зоны хлопководства способствует экономии посевных семян, независимо от способа их подготовки до 3 и более раз, по сравнению с рядовым способом сева. По результатам многолетних исследований разработаны и научно обоснованы удовлетворявшие условиям зоны способы подготовки семян, оптимальная технология сева, позволяющие получать полноценные ранние всходы, уменьшающие затраты семян и ручного труда на прореживания всходов, способствующие увеличению хлопко-сырца с лучшими технологическими свойствами волокна. Производству предложены конкретные оптимальные способы подготовки семян и технология их сева.

## Экономическая эффективность применения технологии сева хлопчатника

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель САО имени С. Розметова

*Use of exact sowing of a cotton in the conditions of the meadow salted soils of the Dashoguzsky zone claps manufacture promotes economy of sowing seeds, irrespective of a way of their preparation to 3 and more times, in comparison with ordinary way of sowing. Results of researches on effective way of preseeding preparation of seeds and technologies of sowing of a cotton in the conditions of meadow soils of the bottom current of Amu-Dari are introduced in Dashoguzsky area on the area of 60 thousand in hectare.*

**Х**лопчатник — это главная культура, на выращивание которого используется большая часть имеющихся средств сельскохозяйственного производства и финансов. Хлопок-сырец составляет основную часть объема экспортной продукции и от его реализации поступает большой доход в экономику страны. В технологии возделывания хлопчатника особое значение имеет решение проблемы получения ранних полноценных всходов. Для формиро-

вания дружных всходов в хлопководстве используют различные приемы: предпосевную обработку семян хлопчатника химическими препаратами, удаление подпушка, оптимальные сроки и эффективные способы посева и др.

В последние годы благодаря созданию новых машин и механизмов многие основные процессы возделывания хлопчатника механизированы. Однако до сих пор на значительной части площадей сев хлопчатника в стране осу-

ществляется рядовым опущением семян. Норма расхода семян в республиках хлопковой зоны составляет, как правило, 120–130 кг/га. На прореживание посевов затрачивается в год 1,5–1,8 млн.чел.-дней. К тому же по времени оно совпадает с другой важной и трудоемкой работой — выкормкой тутового шелкопряда.

Поэтому многие хозяйства прореживание с опозданием, что отрицательно влияет на развитие растений, следовательно, урожай. Результаты исследований научных учреждений и практика передовых хлопкосеющих хозяйств показали, что прореживание может быть исключено только при коренном изменении технологии сева хлопчатника — проведения сева ограниченным, «заданным» числом семян сеялками точного высева. Опущенные семена, подготавливаемые на хлопзаводах к посеву, при существующей технологии заводского оборудования не удовлетворяют перечисленным требованиям. После дженирования и линтерирования на них остается еще много подпушка (8–9% от массы семян), который представляет собой плотное войлочное сплетения коротких волокон, покрытых восковым веществом. Такие семена перед севом необходимо увлажнять или замачивать в воде на специально оборудованных пунктах. Кроме того, подпушек не дает возможности сортировать семена по размерам. А самое главное, существующее конструкции сеялок не могут высевать заданное число опущенных семян. Используемый в настоящее время довольно широко в условиях производства частогнездовой способ уменьшает норму высева семян до 50–60 кг/га, сокращает затраты труда на прореживание на 40–50%, но не исключает этот процесс. Высев ограниченного количества семян в гнезде и загнивание их в неблагоприятные весны привело ученых к убеждению о необходимости улучшения качества посевных семян и защиты их от почвенных патогенов, возбудителей гомоза, сосущих и других вредителей.

В последние годы усилиями коллективов различных научно-исследовательских учреждений разработаны различные способы подготовки семян к севу. Наибольшее распространение получили предпосевное облучение семян концентрированным солнечным светом, лазерная обработка, стимуляция семян в магнитном поле, дражирование опущенных семян, капсулирование и др.

В зоне хлопкосеяния, вследствие проходящих в послепосевной период ливневых дождей, на полях образуется мощная почвенная корка, значительно затрудняющая появления полноценных всходов. В целях предотвращения ее образования предлагались различные способы мульчи-

рования поверхности почвы, среды которых наибольшее распространение получили ленточный способ обработки отходами нефтяной промышленности, лигнином и навозом — сыпцом. Исследования по эффективности мульчирования проводились в основном в условиях Узбекистана.

Для решения этих вопросов необходимо было изучить: энергию прорастания и всхожесть семян различных способов подготовки; динамику появления всходов хлопчатника в зависимости от способов подготовки семян и технологии сева; распределения растений по гнездам и густоту всходов; влияния мульчирования на мощность почвенной корки; рост и развитие хлопчатника; влияния различных способов подготовки семян и технологии сева на образование сухой массы хлопчатника; урожай хлопка — сырца в зависимости от способов подготовки семян и технологии сева; технологические свойства волокна; экономическую эффективность различных способов подготовки семян и технологии сева, а также мульчирования поверхности почвы навозом — сыпцом.

Производству предложены конкретные оптимальные способы подготовки семян и технологии их сева. Сев высококачественными и правильно подготовленными семенами в хорошо разделанную, прогретую и достаточно влажную почву обеспечивает получение ранних и дружных всходов. В первую очередь посевные работы следует проводить на легких и песчаных почвах, которые лучше прогреваются и быстрее теряют влагу в верхнем слое, затем переходить на земли со средним и тяжелым механическим составом почвы. Каждое фермерское хозяйство должно проводить сев в лучшие агротехнические сроки, использовать семена высокого класса районированных и высокоурожайных сортов прошедших заводскую обработку и калибровку.

Таким образом, применение точного способа сева хлопчатника в Дашогузского велаята на среднесоленых почвах дает определенную экономическую выгоду, которая выражается в снижении расхода семян более чем в два раза и снижении затрат труда на прореживание в 4–5 раз по сравнению с рядовым способом сева. Результаты исследований по эффективному способу предпосевной подготовки семян и технологии сева хлопчатника в условиях луговых почв нижнего течения Аму-Дарьи внедрены на площади 60 тыс.га. К тому же при севе механически оголенными семенами получается почти та же урожайность хлопчатника, что и при рядовом способе, а при севе дражированными семенами достоверная прибавка урожая составляет не менее 2,5 ц с каждого гектара.



## Исследование закрутки всасываемого потока в гидроэлеваторах

Сейтасанов И.С., кандидат технических наук, доцент  
Казахский национальный аграрный университет (г. Алматы)

Сильное влияние закрутки на инертные и реагирующие течения хорошо известно и изучается на протяжении многих лет. Когда эффект закрутки оказывается полезным конструктор старается создать закрутку, наиболее подходящую для решения его задач, если же подобные эффекты нежелательны, конструктор предпринимает усилия для регулирования или устранения закрутки.

Закрученные течения являются результатом сообщения потоку спиралевидного движения путем тангенциальной (спиралевидной) подачи в камеру закрутки с формированием окружной компоненты скорости (называемой также тангенциальной компонентой скорости).

В настоящее время одной из главных задач интенсификации народного хозяйства является разработка и внедрение ресурсосберегающих технологии, а также высокоэффективных прогрессивных устройств, всесторонне отвечающих современным требованиям практики при гидротехническом и мелиоративном строительстве. Одним из прогрессивных устройств являются струйные насосы — гидроэлеваторы.

Гидроэлеватором называется струйный аппарат, в котором происходит смешение и обмен энергией двух потоков жидкостей разных давлений с образованием

смешанного потока с промежуточным давлением.

Подаваемая под высоким давлением в аппарат среда называется рабочей или активной средой, а всасываемая называется пассивной средой.

Гидроэлеваторы успешно используются при гидромеханизации мелиоративных работ: для очистки каналов; вскрытия толщи земли; транспорта наносов, двухфазных жидкостей; понижения уровня грунтовых вод; очистки шахтных колодцев, скважин, водоемов от наносов; гидро-транспорта наносов и т.д.

Как показывает многолетний опыт эксплуатации эжекторных устройств на практике эффективная их работа зависит от многих факторов, в том числе и от того, как подводится водогрунтовая среда к всасывающему патрубку.

С целью исследования и сравнения функциональных возможностей были изготовлены и смонтированы на экспериментальном стенде две конструкции струйных насосов, принципиальным отличием которых является то, что в первой конструкции пассивный всасываемый поток подводится в приемную камеру обычным способом — прямооточно, а во втором случае — с закруткой, через тангенциальный подвод (рисунок 1).



Рис. 1.

Зависимость коэффициента эжекции от числа Рейнольдса активного потока

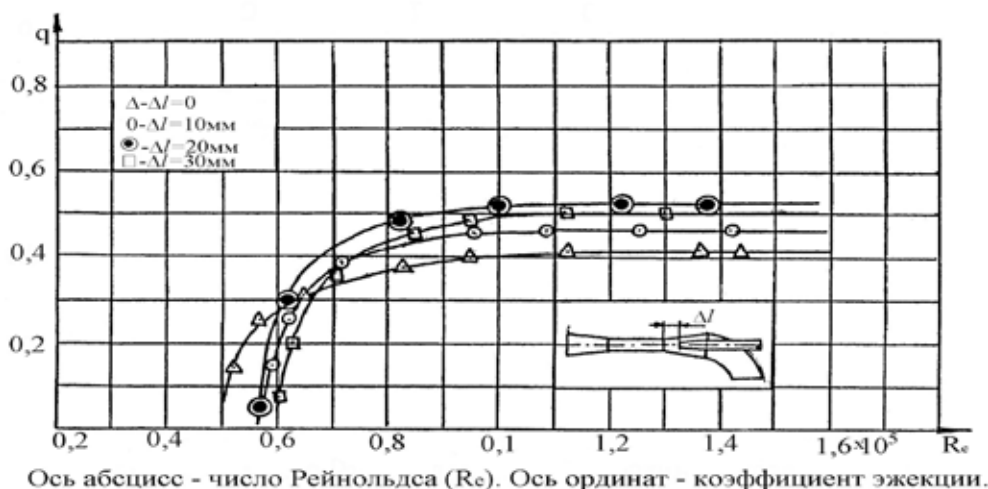


Рис. 2.

Зависимость коэффициента эжекции от числа Рейнольдса активного потока

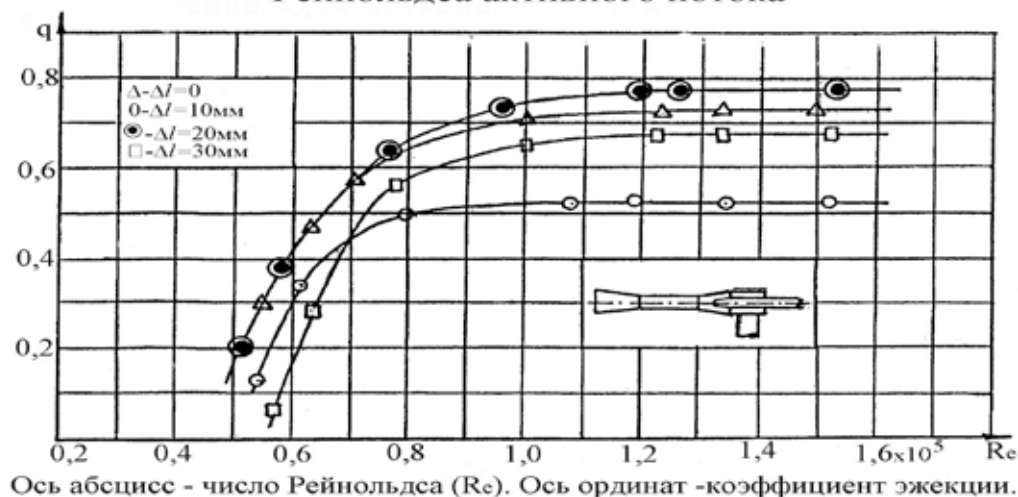


Рис. 3.

Экспериментальные исследования показали, что закрутка оказывает крупномасштабное влияние на поле течения; на расширение струи, процессы подмешивания и затухания скорости в струе. На все эти характеристики влияет интенсивность закрутки потока.

Исследования позволили выявить, что достигаемый положительный эффект в конструкции с вихревым подводом всасываемой жидкости значительно больше, чем для конструкции с обычным прямоточным подводом, на основании чего можно полагать о предпочтительности применения данной конструкции в случаях, когда требуется увеличить подачу струйного насоса.

Вихревой тангенциальный подвод всасываемого пассивного потока оказывает существенное влияние на гидравлические параметры струйного насоса (гидроэлеватора).

Анализ зависимостей коэффициента эжекции от скорости из активного сопла (рисунки 2,3) показывает, что коэффициент эжекции гидроэлеватора с вихревым подводом ( $q_1 = 0,76$ ) значительно превосходит значение коэффициента эжекции гидроэлеватора с прямоточным подводом ( $q_2 = 0,56$ ) при одинаковых исходных гидравлических параметрах.

Рассмотрение зависимости  $q = f(Re)$  показало, что существует критическое значение числом Рейнольдса  $Re_{кр} = 1,2 \times 10^5$ , выше которого увеличение коэффициента эжекции не происходит, т.е. существует автомоделная зона.

Полагая, что коэффициент эжекции зависит от интенсивности передачи энергии активного потока пассивному, заключили, что чем больше активный поток передаст кинетическую энергию пассивному, тем эффективнее ис-



Рис. 4.

пользуется поверхность активной струи, которая является рабочей, тем больше значение коэффициента эжекции.

По всасывающему действию поверхность активной струи подобна поверхностям рабочих органов других насосов — торцевой поверхности поршня, подсасывающим сторонам лопастей центробежного насоса и т.д.

Экспериментальные данные показали, что закрутка всасываемого потока оказывает сильное влияние на рабочие характеристики гидроэлеватора.

При увеличении степени закрутки увеличивается интенсивность смешения потока, возникают большие градиенты давления в радиальном и осевом направлениях, что приводит к увеличению коэффициента эжекции.

Как известно, интенсивность закрутки характеризуется параметром закрутки, представляющим собой безразмерное отношение осевой компоненты потока момента количества движения к произведению осевой компоненты потока количества движения и эквивалентного радиуса сопла.

Параметр закрутки также может быть представлен в виде

$$S = \frac{G/2}{1 - (G/2)^2}$$

#### Литература:

1. Патент РФ № 2016260 F 04 F 5/02. Струйный насос. /Абдураманов А.А., Сейтасанов И.С..Опубл.15.07.94. Бюлл.№ 13.
2. Патент РК № 4751 МКИ F 04 F 5/02/. Струйный насос. /Абдураманов А.А., Сейтасанов И.С..Опубл.16.06.97. Бюлл.№ 2.

где  $G = U_w/U_0$  — отношение окружной компоненты скорости к осевой.

Кривая зависимости  $q = f(S)$  (рисунок 4) плавно растет до критического значения  $S_{кр} = 0.20$ , после чего дальнейшее увеличение параметра закрутки не влияет на увеличение коэффициента эжекции.

Важнейшей характеристикой гидроэлеватора является также зависимость безразмерного перепада абсолютных гидростатических давлений от коэффициента эжекции

$$\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p} = f(q);$$

Анализ экспериментальных данных показывает, что при одинаковых исходных гидравлических параметрах в обеих конструкциях гидроэлеваторов, достигаемый перепад гидростатических давлений и коэффициент эжекции конструкции гидроэлеватора с тангенциальным подводом на много превышает такие же параметры гидроэлеватора с прямоточным подводом всасываемой среды.

Вышеизложенное позволяет заключить, что дальнейшее исследование гидроэлеватора с закруткой всасываемого потока представляет большой научный и практический интерес, а внедрение исследованной новой конструкции гидроэлеватора в производство принесет значительный экономический эффект.

## 8. СТРОИТЕЛЬСТВО

### Проблемы при выборе типа морской стационарной платформы для работы в ледовых условиях

Ильина С.В., старший преподаватель кафедры «Кораблестроение».  
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Морская стационарная платформа (МСП) — морское нефтегазо-промысловое сооружение, состоящее из верхнего строения и опорного основания, зафиксированное на все время использования на грунте и являющееся объектом обустройства морских месторождений нефти и газа [1, 2]. В среднем эксплуатационный период МСП на месторождении составляет 25 лет [1].

Все установки (платформы) для морского бурения подразделяются на три основные категории: стационарные — постоянные основания, эстакады, искусственные острова; полустационарные — плавучие (самоподнимающиеся) буровые установки; подвижные — буровые суда, баржи и другие плавучие устройства (полупогружные установки) [3].

Состав гидротехнических сооружений для освоения шельфа находится в непрерывном развитии. Это связано с освоением новых районов, выходом на более глубоководные участки и с появлением новых технических решений. Стационарные сооружения представляют собой наиболее развивающуюся и многочисленную группу гидротехнических сооружений для освоения шельфа. Они используются главным образом для долговременной эксплуатации — бурения скважин, добычи, переработки и хранения нефти и газа [4–6].

Суровые природные условия морских районов Севера и Арктики требуют принципиально новых технических решений по освоению нефтяных и газовых месторождений этих районов, а также высокая стоимость самих объектов и проектных решений.

Главная проблема при создании сооружений для освоения нефтегазопромысловых шельфов заключается в том, что с увеличением глубины водоема значительно, в несколько раз, увеличивается стоимость таких сооружений. Поэтому главная задача для проектантов найти оптимальное соотношение таких показателей как надежность и экономичность технических средств для эксплуатации морских стационарных платформ (МСП) в районах со сложными ледовыми условиями [7–9].

Следовательно, выделим основные факторы для проектирования МСП в ледовых условиях:

- эксплуатация месторождения должна вестись круглогодично;

- долговечность (срок эксплуатации сооружения на месторождении 20–30 лет);

- многообразие природных условий различных арктических районов требует принятия отдельных технических решений для каждого случая.

Круглогодичное производство работ по добыче нефти и газа и бурению скважин обуславливает необходимость в создании таких МСП, которые были бы надежными в работе при различных изменениях условий окружающей среды, в особенности в ледовой обстановке [7].

Отсюда можно сделать вывод о том, что при проектировании МСП предназначенных для работы в северных районах основной величиной воздействия на конструкцию является действие горизонтальных сил движущегося льда. Среднее давление ветра на конструкцию принимают равным приблизительно 2 кПа, волн — от 96 до 144 кПа, ледовая нагрузка составляет 2,88 МПа и более [10–13].

В связи с преобладанием величины ледовой нагрузки по отношению к другим (волновая и ветровая) предпочтительным типом МСП для таких районов являются моноопорные сооружения (т.е. те платформы, у которых одна массивная опора, их также называют моноподами), которые лучше противостоят надвигающемуся ледовым полям [2, 7].

Все сооружения по способу сопротивления давлению льда можно условно отнести к одному из трех классов [2, 4–6]:

- *установленные на морское дно* и снабженные массивной опорной частью (фундаментом), на которую воздействует ледовая нагрузка;

- *плавучие платформы*, давление льда в которых воспринимает корпус платформы и натяжные устройства или якорная система;

- *сооружения островного типа*, устойчивость которых обеспечивается насыпью песка или гравия.

На рисунке 1 приводятся схемы разных типов конструкций сооружений предназначенных для эксплуатации в различных ледовых условиях.

В умеренной субарктической ледовой зоне применяют металлические стационарные платформы типа монопод 2 на (рис. 1, вар. 2), которые крепятся к морскому дну сваями. Плавучие платформы не рассчитаны на зна-

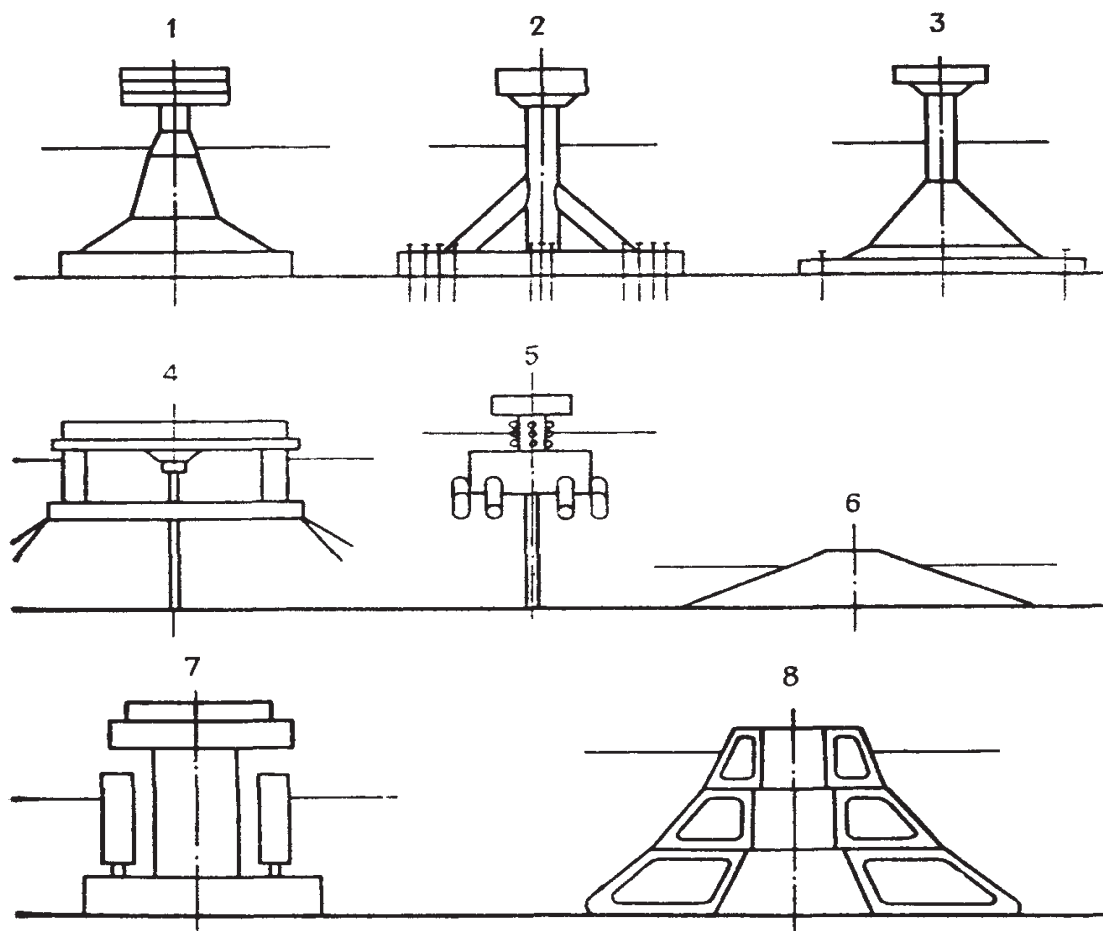


Рис. 1. Схемы конструкций сооружений для эксплуатации в различных ледовых условиях

- 1 – гравитационное основание башенного типа с коническим неподвижным ледоломом; 2 – свайное основание с одной опорой и монолитным фундаментом; 3 – конструкция основания с развитой опорной частью; 4 – плавучее основание с якорной системой, полупогружное с противоледовой защитой; 5 – полупогружное основание с ледорезом; 6 – насыпное гравийное основание; 7 – гравитационное основание с оградительным кольцом; 8 – основание многоразового использования, островного типа, из стальных кольцевых кессонов.

чительную ледовую нагрузку, но при разведочном бурении и добыче в глубоких водах они находят применение (рис. 1, вар. 4).

Сооружения островного типа нашли свое применение в мелководных акваториях арктического шельфа и в основном предназначены для проведения разведочного бурения, однако удаление волновой защиты с острова (например, мешков с песком) приведет к его разрушению (под воздействием волн остров практически исчезает). С увеличением глубины моря объем насыпного материала при неизменном угле откоса возрастает почти в кубической зависимости. Поэтому строительство островных сооружений многоразового использования позволяет значительно экономить строительный материал.

В настоящее время предпочтение отдается кессонным конструкциям сооружений островного типа. В качестве кессонов могут использоваться бетонные блоки, стальные кольцевые конструкции с жесткой платформой или без нее. Для более глубоких вод имеются проекты из отдельных кольцевых кессонов (рис. 1, вар. 8). Например,

компанией «Эксон» разработана конструкция бетонного конического сооружения для глубин моря 18–36 м. Сооружение предназначено для работы в монолитных торосах с толщиной подводной части 23 м и надводной – 7 м. Подводные льдины, надвигаясь на сооружение, движутся вверх по конической поверхности и ломаются. В целях применения этих конструкций на более глубоких акваториях компания «Эксон» предложила донную конструкцию, которая служит опорой конического сооружения, что дает возможность применить его на глубинах до 60 м.

Также предложена конструкция стационарной гравитационной бетонной платформы с кольцевым отбойным устройством с целью защиты от воздействия айсбергов (рис. 1, вар. 7). Предполагается, что в случае столкновения айсберга с платформой кольцевое отбойное устройство должно горизонтально переместиться по неподвижному основанию и кинетическая энергия должна быть поглощена за счет силы трения, возникшей между платформой и отбойным устройством (коэффициент трения 0,55). Предполагается что после удара устройство дебал-



ластируется, возвращается в исходное положение с помощью лебедок и вновь заполняется балластом. Сдвиг устройства, по мнению разработчиков, произойдет только после столкновения конструкции с айсбергом массой от 10–50 млн. т. Если устройство столкнется с айсбергом массой менее 10 млн. т, то устройство не сдвинется с места и погашение кинетической энергии произойдет за счет разрушения от соприкосновения его с острыми углами на поверхности устройства. Предполагается что, в обоих случаях устройство должно погасить большие динамические нагрузки при столкновении с айсбергом и защитить платформу от разрушения.

Еще предлагается конструкция платформы «Чейн-Стар», у которой ледовую нагрузку от айсбергов воспринимают якорные цепи, расходящиеся лучами. Цепи, по мнению фирмы, позволяют погасить кинетическую энергию и остановить айсберг на большом расстоянии от платформы. Цепи прикрепляются одним концом к якорям на морском дне, а другим — к поглотителям энергии на верхней части платформы. Поглотители энергии сравнительно громоздкие и требуют специальной системы регулирования. Фирма «Скэнска» рекомендует использовать цепную систему для защиты платформы, представляющей собой ступенчатый кессон. На кессон устанавливается верхнее строение на четыре колонны. При такой конструкции цепная система сможет остановить айсберг массой до 3,5 млн. т, движущийся со скоростью 3,7 км/ч.

Следует отметить, что в настоящее время разработан и предложен ряд технических решений в области конструкций морских стационарных сооружений, однако применяются они лишь в ограниченных районах: мелководных зонах прибрежного льда, зоне арктического пакового льда и глубоководной зоне прибрежного льда в районе Канадских арктических островов, море Бофорта, а также на Сахалинском шельфе [3, 4, 10–13, 15, 23].

Пока не созданы надежные конструкции для работы в акваториях с паковым льдом на глубинах более 20 м. Наиболее предпочтительными являются стационарные сооружения кессонного типа, которые предлагается использовать в условиях пакового льда на водных глубинах до 60 м.

Одним из наиболее эффективных вариантов морских стационарных платформ ледового типа является МСП в виде монопода 8 (рис. 1).

### **Задачи при выборе типа МСП для работы ледовых условиях**

При выборе типа МСП для работы в сложных ледовых условиях проектировщику необходимо решить следующие задачи [2, 4, 5, 6]:

1) изучение окружающей среды с целью получения достоверных сведений в конкретном районе предполагаемой установки сооружения (волнение, ветер, ледовая ситуация, грунтовые условия, сейсмичность);

2) выбор типа МСП;

3) изучить поведение конструкции в эксплуатационных и экстремальных условиях;

4) произвести экономические обоснования;

5) создание проектной документации.

### **Практическое использование МСП для работы в ледовых условиях Сахалинского шельфа**

Платформа «Орлан» первоначально носила название «Glomar Beaufort Sea I» (Гломар Бофорт Си I) и была построена в 1983–1984 гг. в Японии. В 1984 г. платформа была отбуксирована и установлена в море Бофорта (США, штат Аляска). Платформа эксплуатировалась в море Бофорта в качестве установки разведочного бурения. В результате ее эксплуатации было практически доказано, что конструкция платформы приспособлена для круглогодичной эксплуатации в суровых арктических условиях. Платформа обладает большим опытом работы в условиях льдов и соответствует самым высоким стандартам безопасности и охраны окружающей среды. В период с 1984 по 1997 г платформой пробурено 6 разведочных скважин [14, 15].

Компания «Эксон Нефтегаз Лимитед» (ЭНЛ) приобрела у компании «Global Marine Drilling» буровую платформу «Glomar Beaufort Sea I» и назвала ее «Орлан» для того чтобы использовать ее в проекте «Сахалин-1». Для участия платформы в проекте «Сахалин-1» платформа была переоборудована на ОАО «Амурском судостроительном Заводе» из разведочной в добывающую [15, 16].

Платформа относится к буровым установкам типа CIDS (CIDS — сталебетонная буровая установка на искусственном основании), которая к тому же является мобильной оффшорной буровой установкой (MODU — mobile drilling offshore). Платформа предназначена для оффшорного бурения в суровых арктических условиях на глубинах 10.7–16.8 м [14–16].

Американское Бюро Судоходства классифицировало эту платформу как — железобетонная погружная буровая платформа арктического типа с присвоением класса Буровая установка A1 (кессонного типа), ледовый класс IAA. По отечественной классификации платформа «Орлан» — это погружная ЖББП (ЖББП — железобетонная буровая платформа) арктического типа [14, 16].

В результате объемной работы проведенной ОАО «АСЗ» в г. Комсомольске-на-Амуре, на платформе «Орлан» были установлены следующие компоненты: вентиляционная стрела, технологический модуль, модуль инженерного оборудования, модуль устьевого оборудования, вертолетная площадка, аварийно-спасательные средства. На платформе модификации подверглись: жилой модуль, система подачи забортной воды, грузовой кран и палубные баржи [17–21].

Комплексное проведение буровых работ на платформе можно одновременно обеспечивать с помощью 8 нефтедобывающих скважин, 5 газонагнетательных скважин, 1 скважина для удаления отходов бурения и





Рис. 2. Месторождение Чайво

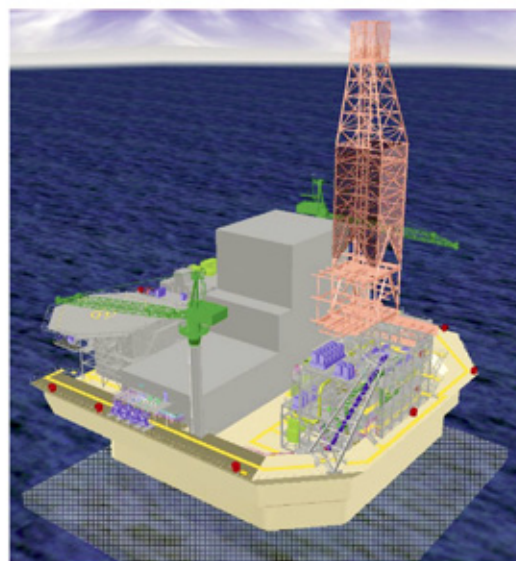


Рис. 3. Проектный вид МСП «Орлан»

6 скважин для использования на последующих стадиях проекта [17–21].

Платформа была успешно транспортирована и установлена на постоянное место эксплуатации на месторождении Чайво (рис. 2) по проекту «Сахалин 1» (рис. 3) [16].

МСП «Моликпак» — Ледостойкая платформа приобретенная компанией «Sakhalin Energy». Ранее с 1984 года платформа эксплуатировалась в Канаде, в море Бофорта. Изначально платформа была предназначена для разведочного бурения, была установлена на глубине 15 м. [23].

Платформа «Моликпак» (ПА-А) была установлена на Астохской площади Пильтун-Астохского месторождения в Охотском море в сентябре 1998 года в рамках проекта «Сахалин-2», в 16 км от побережья, глубина моря в месте установки составляет 30 м (рис. 4, 5). До осени 2008 года она являлась главным объектом производственно-добывающего комплекса «Витязь». «Моликпак» представляет собой модернизированную буровую платформу ледового класса. Название «Моликпак» означает «большая волна» на языке эскимосов северной Канады, где эта платформа базировалась раньше (в море Бофорта). В 1998 году к основанию платформы «Моликпак» было добавлено 15-метровое промежуточное стальное основание, чтобы установить ее в более глубоких водах у острова Сахалин.

Для того чтобы установить платформу на шельфе на глубину более 30 метров необходимо было поднять платформу на нужную высоту над уровнем моря, было принято решение нарастить под ее основание стальную «юбку». После переоборудования его в буровой и технологический комплекс, доставлен и установлен на шельфе северо-восточной части Сахалина в точке с координатами: 52° 42' 58» северной широты и 143 33' 58» восточной долготы, на глубине 30 метров, в 16-ти км от берега. Плат-

форма установлена на стальной подставке, возвышающейся на 15 м над дном, заменяющей грунтовую берму.

Размеры платформы в плане 111х111 м, высота корпуса — 29 м (посадочная глубина — 15 м, высота палубы 14 м). Размеры стальной подставки — 110х110х15 м.

Перед установкой платформы потребовалось сооружение котлована под ее основание с выемкой 125 тыс. м<sup>3</sup> грунта на глубину до 6,5 м в центральной части котлована. Котлован был засыпан песчано-гравийным грунтом, добываемым на площади разведанного карьера №1, прилегающей к точке размещения платформы (около 160 тыс.м<sup>3</sup>). После посадки платформы на установленное на грунтовую подушку основание, ядро ее балластируется песком. Для заполнения ядра кессона потребуется около 190 тыс.м<sup>3</sup> песка, добываемого на площади разведанного карьера №2 в четырех километрах к северо-западу от платформы [24].

«Моликпак» состоит из кессона, центр которого заполнен песком, обеспечивающим эффективное закрепление платформы на морском дне. Основные рабочие зоны закрыты, в них предусмотрен контроль температуры и вентиляции. Оборудование, расположенное на открытом воздухе, оснащено средствами защиты от обледенения и низких температур. Жилые помещения рассчитаны на 134 постоянных и 30 сезонных рабочих. На платформе «Моликпак» применялся метод бурения с расширенным радиусом охвата отклоненных скважин с максимальным горизонтальным отклонением до 6 км и максимальной глубиной скважин до 6650 м.

Уникальность платформы еще и в том, что до ее появления на Сахалине работали самоподъемные буровые установки, с помощью которых были открыты практически все морские месторождения островного шельфа. Но эти установки предназначены только для поиска, оценки и разведки углеводородов и могут работать лишь в навигационный период.



Рис. 4. Пильтун-Астохское месторождение



Рис. 5. Платформа «Моликпак»

*Литература:*

1. ПРАВИЛА классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП). — Санкт-Петербург: Российский Морской Регистр Судоходства, 2001 г.
2. Интернет-ресурс: Специальный проект гильдии экологов. Все о бурении скважин - <http://infoburzenie.narod.ru/burzenie.html>.
3. Морские инженерные сооружения. Ч.1. Морские буровые установки: Учебник / Р.В. Борисов, В.Г. Макаров, В.В. Макров, В.С. Никитин, А.С. Портной, А.С. Симоненко, В.Ф. Соколов, И.В. Степанов, О.Я. Тимофеев; под общ. ред. В.Ф. Соколова. — СПб.: Судостроение, 2003 г., 535 с.
4. Пронкин А.П., Хворостовский И.С., Хворостовский С.С. Морские буровые моноопорные основания. Теоретические основы проектирования и эксплуатации. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002, с. 303.
5. Симаков Г.В., Шхинек К.Н., Смелов В.А., Марченко Д.В., Храпаты Н.Г. Морские гидротехнические сооружения на континентальном шельфе. Л.: судостроение, 1989 г.
6. Скрыпник С.Г. Техника для бурения нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1989 г.
7. Арктические основания экономической конструкции (фирма «Скенска», Швеция) — Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. № 3, 1985, с. 28–29.
8. Крел Н.У., Буслов В.М. (Проекты разработок и эксплуатации арктических месторождений (фирма «Браун и Рут», США). — Нефть, газ и нефтехимия за рубежом, 1983, № 8, с. 63–68; № 111, с. 46–48; № 12, с. 54–56; 1984, № 2, с. 51–53.
9. Буслов В.М., Карзан Д.И. Глубоководные стационарные платформы, конструкции и классификация (Фирма «Браун и Рут», США). — Нефть, газ и нефтехимия за рубежом, 1985, № 10, с. 82–85; № 3, с. 47–57.
10. Ажермачев Г.А. Особенности проектирования железобетонных морских платформ для условий Арктики. / Технология судостроения № 9, 1990 г, с. 26–27.
11. Потапов В.М. Особенности создания плавучих буровых установок для эксплуатации в условиях северных и дальневосточных морей. / Технология судостроения № 9, 1990 г, с. 21–24.
12. Картамышев П.И., Благовидов Л.Б., Морозов Е.П., Перец Н.Я. Перспективные направления проектирования и строительства морских стационарных платформ. / Технология судостроения № 9, 1990 г, с. 24–26.
13. Берникер Я.С., Рыжаков Н.Н. Состояние основных конструктивных решений морских стационарных платформ, работающих в условиях ледовых воздействий. М.: ВНИИЭгазпром, 1985 г., с. 74.
14. Технический паспорт платформы «Орлан». 01–0581wo1 Orlan (CIDS) Technical Passport, 2001 г.

15. Тарануха Н.А., Журбин О.В., Чижиумов С.Д., Журбина И.Н. Численное моделирование прочности и гидродинамики океанотехники. — Владивосток: Дальнаука, 2009 г. — 340 с.
16. Интернет-ресурс: Экологическая вахта Сахалина — <http://www.sakhalin.environment.ru>.
17. Серьезный проект требует должного отношения. / газета «Амурец», 2003 г., № 41, с. 3.
18. Сахалинские проекты: опыт и перспективы. / газета «Амурец», 2003 г., № 58, с. 2.
19. Проект «Орлан»: Анализ пройденного. / Газета «Амурец», 2004 г., № 29, с. 2—3.
20. «Орлан» улетел в Корею для установки бурового оборудования. / «Нефть и капитал», 2004 г., VII—VIII, с. 29—32.
21. Сахалин / Региональное приложение № 11 к журналу «Нефть и капитал», 2003 г., XI, с. 4—64.
22. Носков Б.Д. Сооружения континентального шельфа. — М.: МИСИ, 1986 г., с. 303.
23. Интернет-ресурс: Буровой добычной комплекс «Моликипак» — <http://www.Sakhalin.environment.ru/oil/ekoekspert/geeprojekt/zak.php>.
24. Интернет-ресурс: Платформа «Моликипак». 10 лет на шельфе Сахалина - [http://www.setcorp.ru/main/pressrelease.phtml?news\\_id=19193](http://www.setcorp.ru/main/pressrelease.phtml?news_id=19193).

## Самоуплотняющиеся бетонные смеси с отдельным введением суперпластификатора

Моховиков Е.С., инженер; Усов Б.А., кандидат технических наук, доцент  
Московский государственный открытый университет

**В** настоящее время в условиях возведения высокоэтажного монолитного строительства, да и при заводском производстве — элементов конструкций из высоких классов бетона, часто возникает необходимость экстренной корректировки или «повторного» модифицирования самоуплотняющихся смесей для высокопрочных бетонов.

В самом общем случае на практике — это вызвано отсутствием требуемого по технологической ситуации оборудования — точнее оптимальных бетононасосов для перекачивания однородной (нерасслаивающейся) бетонной смеси требуемого класса подвижности.

Главным дефектом при этом является — отсутствие в насосе постоянной скорости подачи для сохранения требуемой структурной вязкости бетонной смеси — до укладки в формируемую конструкцию. В этих условиях с локально — собирательным поличастотным режимом нагнетания автомобильным двигателем требуемого давления на бетонную смесь — происходит разделение и сближение крупных частиц (заполнителя) и почти одновременно — отжатие пластичной (водоцементной) среды. А периодическое загущение смеси крупными частицами с неизбежной тенденцией к «закупорке» тракта подачи бетона при наступлении избытка давления — приводит к высокودинамичному струйно-фонтанному эффекту. Расслоения смеси в виде линейно-направленного потока твёрдых частиц и струй пластичной массы, сопровождаемыми к тому же разрушительными кавитационными явлениями, связанными в данном процессе с измельчением частиц цемента и тем значительной потерей подвижности смесей.

За рубежом — автобетоносмесители обычно принадлежат строительной организации и рассчитаны

на работу с расчётными объёмами поставки бетона строительной фирмы и с фиксированным диапазоном показателей осадки конуса, а также с регламентированным временем смешивания компонентов бетонной смеси. Причём перемешивание, осуществляется обычно в последовательности: добавка + вода, затем водный раствор с тщательно распределённой сухой или жидкой добавкой вводится в бетонную смесь непосредственно за 15 мин. перед формированием или подачей смеси бетононасосом на требуемую высоту монтажа, то есть в течение периода времени, когда активная начальная скорость гидратации цемента достигает почти одного порядка по всему объёму бетона.

К сожалению, у нас, за исключением случая приготовления сухих растворных смесей, бетонную смесь производят сразу полностью готовой к укладке на одном заводе или и даже на ряде заводов — изготовителей, в зависимости от стоимости смеси. И это — достаточно расточительный приём, приводящий — из-за постоянного безконтрольного вынужденного перемешивания бетонной смеси в автобетоносмесителе при перемещении его к месту строительства, к значительной потере запаса клинкерного фонда так, как в это время полностью гидратируются частицы портландцемента размером до 0,25 мкм, определяющие марочную прочность бетона, но к сожалению остающимися не отформованными в конструкцию. Последнее обстоятельство приводит к необходимости введения из цемента в процесс гидратации дополнительных более крупных ещё недостаточно реакционноспособных частиц. И это, как правило, осуществляется посредством дополнительного принудительного воздействия физическим полем — тепловым прогревом при



40–50 С° (причём по интенсивности со значительным теплорассеивающим физическим эффектом), допуская этим ещё больший перерасход того ценнейшего инженерного запаса цемента, определяющего долговечность бетона.

Однако, другим достаточно противоречивым явлением — особенно для высокопластифицированных смесей и на что мало обращают внимание технологи является — введение с полным объемом воды затворения максимального, даже излишнего количества суперпластифицирующих добавок (причём — часто дорогостоящих, чему с лихвой помогают и сами фирменные производители, пополняя вещественный их состав разнообразными «облагораживающими» комплексами).

Оценку литого состояния бетонной смеси сегодня устанавливают по диаметру её расплыва, но ни как ни по углу величины естественного откоса стандартного конуса, как это имело место с истинным первым немецким суперпластификатором — мельментом, который вдруг стали у нас именовать «разжижителем». Но этот термин всё-таки подменил понятие пластификации не совсем правильно. При пластификации однородность коллоидного состояния бетонной смеси не теряется, но приобретает лишь способность перемещения смеси под действием внешних физических полей или от действия собственной массы.

Да и вообще достаточен или избыточен эффект самоуплотнения устанавливаемый по диаметру расплыва, в действительности на практике — производитель оценивает лишь визуально спустя некоторое время после испытания — непосредственно уже при укладке бетона.

Учитывая последнее, всё же главной причиной получения смеси с нестабильными требуемыми техническими показателями следует считать — отсутствие у производителей работ навыков оперативного модифицирования или вмешательства в бетонную смесь непосредственно перед формованием (в опалубку или форму). Последнее, порой крайне необходимо, поскольку смесь становится явно не удобоукладываемой.

Происходит это из-за малого количества воды в бетонной смеси и постоянно нарастающей адгезии добавки на компонентах смеси и стенках смесителя от детонации двигателя, который взбивает органические добавки в отдельные скопления подобно молочным сливкам, смесь теряет подвижность, а точнее самоуплотняемость.

Исправить такие смеси, а точнее полностью избежать этих явлений возможно. Требуемая технологическая операция по существу заложена уже в технологии бетоноприготовления (точнее в порядке модифицирования самого бетона, то есть в учёте последовательности влияния каждой вводимой в бетон составляющей на формирование его структуры).

Всем технологам — бетоноведам известно, что для получения наибольшей прочности цементного камня (да об этом свидетельствуют особенно работы с жёсткими бетонными смесями — наших учёных — Н.В. Михай-

лова, А.Е. Десова, Ю.М. Баженова и, даже Д.И. Менделеева) бетону требуется обычная чистая вода. Поэтому ещё под руководством уважаемого д.т.н. Розенталя Н.К. и др. учёных на воду для бетонов и растворов (близкую по составу к водопроводной) разработан ГОСТ 23732–79. А сегодня получается, что большинство литых бетонов приготавливается не с чистой водой, а исключительно на жидкостях, наполненных сложными органическими включениями.

Возникающая непосредственно при смешивании цемента с чистой водой промежуточная структура, представляет собой структурированную суспензию (пасту), в которой частицы цемента разделены жидкими прослойками воды. Затем на поверхности цементных частиц возникает тонкий слой геля из окислов кальция и кремния с переменным содержанием воды. Постепенное увеличение толщины гелевых слоев приводит к склеиванию гидратированных зерен клинкера и возникновению цементного камня, в структуре которого цементные частицы разделяются прослойками геля.

Однако в процессах образования гелей цементного теста важное значение воды сводится не столько к возникновению химической реакции гидратации, сколько к образованию прочных связей между цементными частицами за счет сил сцепления. Последнее — многими исследователями объясняется особым (льдообразным) состоянием воды — в виде пленки со значительным контракционным эффектом, сопровождающим твердение теста в бетонной смеси и растворах.

Более 50% поглощаемой цементом воды, находится на поверхности цементных зерен в виде толстых полимолекулярных слоев и не замерзает даже при охлаждении до -110°С: и, наконец, вода, поглощённая цементными минералами находится в «особом» деформированном взаимодействии с твердой фазой, сжатом состоянии, для которого характерна повышенная структурная упорядоченность молекул, чем для обычной «объемной» воды.

Процесс упорядочения структуры воды в цементном тесте объясняется, во-первых, возникновением геля на поверхности частиц в условиях интенсивного протекания диффузионных потоков, которые способствуют ориентационной поляризации молекул воды.

Во-вторых, значительным поляризующим и упрочняющим действием на молекулы воды окисей кремния и кальция, содержащихся в портландцементе.

И, наконец, к упорядочению структуры приводит гидратация ионов неорганических солей, в результате которой полярные молекулы воды ориентируются вокруг заряженных ионов противоположным по знаку полюсам. Последнее свидетельствует о том, что еще до смешивания с цементом повышается структурная связность воды и чем выше скорость её диффузии, тем сильнее поляризация воды и подвижнее бетонная смесь.

В смесях с низким В/Ц (жестких смесях) эффект поляризации от физико-химических процессов цементного теста значительно слабее, поскольку условия для рас-

творения более ограничены. Однако, эффект дополнительной поляризации, даже, с небольшим количеством добавки — весьма высок (если, конечно концентрация раствора затворения тоже высока) и тогда необходимая упорядоченность (плотность) воды, способствующая повышению подвижности и прочности, достигается в основном за счет введения добавок

Высокопрочные бетоны, приготавливаемые с низким В/Ц из очень жёстких бетонных смесей при доставке автобетоносмесителем уплотнять не требуется, необходимая консервация сохраняется, поскольку для полной гидратации малодисперсных частиц цемента размером до 0,25 мкм воды недостаточно.

При рассмотрении этого вопроса, появилось некоторое решение, которое заключалось в том, что необходимое количество добавки вводилось в бетонную смесь с последней долей воды затворения, составлявшей — 30% всей воды затворения бетона. Положительные результаты подкреплены практическими испытаниями, полученными в лаборатории ООО «ЖБИ-5» г. Рязань. Именно этот подход будет как можно подробно описан в этой работе.

#### **Описание разработки и ее актуальность**

При подборе состава бетона для возведения гидротехнических сооружений, одним из нормативных документов является СНиП 2.06.08–87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» [1]. При эксплуатации строительных сооружений в высокогорных районах специалисты сталкиваются с проблемой высокого износа опор мостов. Высокая скорость течения реки и наличие в них крупных и мелких взвесей истачивают опоры. Доцент, к.т.н. РИ МГОУ В.А.Биленко [2], предлагает применять для строительства опор высокопрочный бетон.

Главной задачей при этом является подбор состава бетона с последующим испытанием натурных образцов в условиях их максимального абразивного износа при эксплуатации. Но огромную значимость при изготовлении такого бетона приобретает экономическая эффективность за счёт снижения расхода материалов, затрат электроэнергии и труда. Именно эти условия стали основными при написании данной работы.

Первоначальная операция технологического процесса бетонирования любых железобетонных конструкций всегда начинается с уплотнения бетонной смеси. Это успешно прорабатывается при возведении монолитного домостроения, но особенно надёжно вошло в практику заводов железобетонных изделий, где уже имеется масса способов формирования сборного железобетона.

Однако наиболее рациональным решением, снижения затрат энергии и труда представляется — применение самоуплотняющихся бетонных смесей. Как правило это достигается подбором их состава, и рекламируется только за счёт сильных добавок — гиперпластификаторов. Но

они достаточно дорогостоящие (из-за большого расхода), а некоторые из них теряют необходимый пластифицирующий эффект (осадку конуса), не достигнув строительной площадки, и требуют введения ещё большего количества добавки уже на месте строительства.

В связи с последним фактом нас заинтересовала технология раздельного введения добавки. Особенно её введение интересно на месте строительства в период проявления начального всегда самого интенсивного максимального эффекта пластификации и особенно при получении высокопрочных бетонов.

#### **Методы исследований и результаты испытаний**

Материалы:

Цемент (Ц) — ЦЕМ I 42,5н ЗАО «Мальцевский портландцемент»

Песок (П) — ОАО «Вяземское Карьероуправление»  
 $M_{кр}$  (модуль крупности) = 2,50; ГОСТ 8736–93;  $\rho_{нас}$  (насыпная плотность) = 1600 г/см<sup>3</sup>

Щебень (Щ) — ООО «Бонтышевский щебень», фракция 5–20 мм, М1200

Лабораторные испытания были посвящены подбору состава бетонов с различным расходом цемента. Наиболее рациональным и экономичным, стал состав с расходом цемента — 500 кг/м<sup>3</sup> и В/Ц = 0,4.

#### **Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> в составе №1 составлял:**

Ц=500 кг, П=693 кг., Щ=957 кг. и В=200 л.

Понижение В/Ц привело к повышению прочности и снижению осадки конуса (в данном случае О.К. = 5 см). При В/Ц = 0,4 сохраняется нормальная густота цементного теста. Но при О.К. = 5 см бетонная смесь не является самоуплотняющейся. Тем более, что марка по прочности этого состава из-за недостаточного уплотнения составила М390, хотя все материалы были промыты и высушены до постоянного веса.

Получение бетонов высокой прочности (свыше М600), достигалось увеличением расхода цемента (до 600–650 кг/м<sup>3</sup>) и уменьшением В/Ц [3]. Так же другим приёмом повышения прочности (на сжатие, изгиб, растяжение), являлось применение фибры [4]. Опираясь на полученные нами ранее результаты с фиброй (пластиковой, волокнистой, металлической), была при подборе состава использована металлическая фибра.

Три вида металлической фибры при подборе состава, условно были проименованы — «кормысло», «гвоздь», «волна» (см. рис.1.)

При введении фибры в смесь возникла проблема её равномерного распределения в объёме структуры бетона. Поэтому при подборе её ввели в последнюю очередь и практически вручную распределили по всему телу бетона. Каждого вида фибры в состав 1 было введено по 30 кг/м<sup>3</sup>. Испытания образцов размером 10×10×10 см, производились непосредственно после пропаривания, а также через 28 суток (выдерживания бетона в нормальных условиях). А так же призмы, для испытания на изгиб, размером 30×30×200 см. Смесь уплотнялась на лабораторном вибростоле.



«волна», L = 10–40 мм



«гвоздь», L = 70 мм



«коромысло», L = 70 мм

Рис. 1 Виды металлической фибры, применяемой при подборе состава

Таким образом, были подобраны следующие расходы материалов на 1 м<sup>3</sup>:

Фибра «гвоздь»	Фибра «коромысло»	Фибра «волна»
<b>Состав №2</b>	<b>Состав №3</b>	<b>Состав №4</b>
Ц=500 кг.	Ц=500 кг.	Ц=500 кг.
П=693 кг.	П=693 кг.	П=693 кг.
Щ=957кг.	Щ=957кг.	Щ=957кг.
В=200 л.	В=200 л.	В=200 л.
Ф = 30 кг.	Ф = 30 кг.	Ф = 30 кг.

Результаты испытаний, приведены в таблице 1.

Результаты приведены на диаграмме 1:

В составе №3 прочность на изгиб, незначительно отстает от других составов, но несмотря на это — именно в нём была достигнута наивысшая прочность на сжатие. Кроме того данный вид фибры (коромысло) лучше всех распределяется в бетоне (практически на собирается в «ежи»), то из всех трех составов был выбран состав №3 и на нём продолжена дальнейшая работа с этим видом фибры. Осадка конуса при добавлении фибры несколько понижается, благодаря адсорбции водного раствора. В дальнейшем был осуществлён выбор наилучшей добавки

(Д) из трёх хорошо рекламируемых видов:

- 1) Glenium ACE 430. («BASF»)
- 2) Реламикс Н («Полипласт»)
- 3) Полипласт СП-1 («Полипласт»)

Качество и описание добавок приведены в Приложении 1.

Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> смеси :

Состав №5	Состав №6	Состав №7
Ц=500 кг.	Ц=500 кг.	Ц=500 кг.
П=693 кг.	П=693 кг.	П=693 кг.
Щ=957кг.	Щ=957кг.	Щ=957кг.
В=200 л.	В=200 л.	В=200 л.
Ф = 30 кг	Ф = 30 кг.	Ф = 30 кг.
Д = СП-1, 1.0%	Д = ACE 430, 1.5%	Д = Реламикс Н, 0.6 %

Приготовление образцов бетона осуществлялось вручную. Испытания производились на пропаренном бетоне по режиму 4+3+8+2час (предварительное выдерживание + набор температуры до 85°С + изотермическая выдержка + остывание) и через 28 суток на кубках с размерами 10 × 10×10 см. Сухая добавка вводилась вместе с водой (100 % добавки разбавленной в 100 % воды). Об-

Таблица 1

№ п\п	Состав	О.К.	В/Ц	Прочность на изгиб (пропарка*)	Прочность на изгиб (28 суток)	Прочность на сжатие (пропарка*)	Прочность на сжатие (28 суток)
1	Состав 2 Фибра «гвоздь»	4,5 см	0,4	9,7 МПа	10,5 МПа	35,2 МПа	41,9 МПа
2	Состав 3 Фибра «коромысло»	4,5 см		8,4 МПа	9,2 МПа	33,4 МПа	43,3 МПа
3	Состав 4 Фибра «волна»	4 см		9,6 МПа	9,9 МПа	32,3 МПа	41,6 МПа

\* Режим пропаривания составлял: 4+3+8+2 (предварительное выдерживание+ подъём температуры до 85°С+ изотермический прогрев при 89°С+ остывание до 20°С).



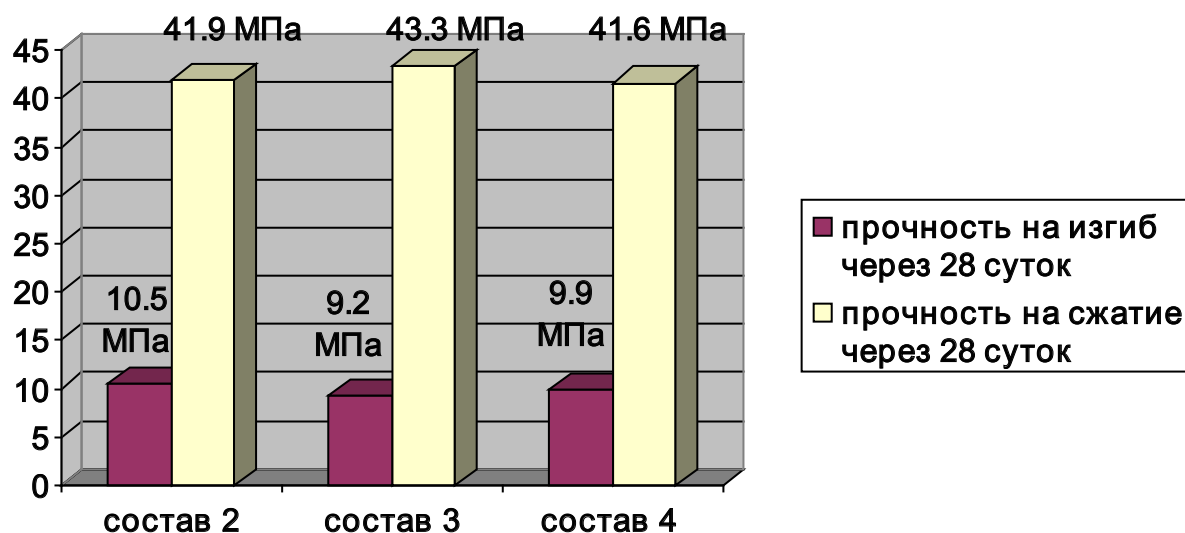


Диаграмма 1. Прочность на изгиб и сжатие через 28 суток

разцы уплотнялись на лабораторном вибростоле. Результаты испытаний, приведены в таблице 2.

Самая высокая осадка конуса — в составе 6. Но все равно, этого недостаточно, чтобы бетон смело можно было назвать — самоуплотняющимся.

Результаты представлены в диаграмме 2:

После этого добавка была введена «раздельно». То есть — сначала затворялась смесь 70% воды, а после в оставшуюся часть воды (30%) вводилась добавка, и смесь окончательно заливалась водой. Таким образом, представлялась возможность проверить эффективность способа раздельного введения добавок. Ведь в оставшейся части воды, концентрация очень сильно повышается. Затворенные частички цемента, «обволакиваются» более концентрированным раствором добавки (см. рис.2). Поэтому между частичками смеси, происходит увеличение силы скольжения. Исходя из этого, не увеличивая расхода добавки, представляется возможным, повысить удобоукладываемость смеси. Увеличение удобоукладываемости, без повышения расхода добавки дает ощутимую экономическую эффективность. Понижается энерго- и трудозатраты, сокращается расход добавки.

Для подтверждения данного предположения, были испытаны те же три вида добавки:

- 1) Glenium ACE 430. («BASF»)
- 2) Реламикс Н («Полипласт»)
- 3) Полипласт СП-1 («Полипласт»)

На основе принципа «раздельного затворения», произведены замесы следующих составов с расходом материалов на 1 м<sup>3</sup>:

Состав №8	Состав №9	Состав №10
Ц=500 кг.	Ц=500 кг.	Ц=500 кг.
П=693 кг.	П=693 кг.	П=693 кг.
Щ=957кг.	Щ=957кг.	Щ=957кг.
В=140 л.	В=200 л.	В=200 л.
Ф = 30 кг	Ф = 30 кг.	Ф = 30 кг.
Д = 60 л (В)+5 л (Д)	Д = 60 л (В)+7,5 л (Д)	Д = 60 л (В)+3 л (Д)

Замесы производились вручную. После затворения 70 % воды, состав тщательно перемешивался в течении 7–10 минут. После чего в состав добавлялась оставшаяся часть воды (30 %) с добавкой. Сравнение результатов испытаний приведены в таблице 3.

По полученным результатам становится видно, что при раздельном введении добавки, мы получаем выигрыш в удобоукладываемости бетона. О.К. увеличивается в несколько раз. Состав 8 и состав 9 требовали небольшого уплотнения

Таблица 2

№ п\п	Состав	О.К.	В/Ц	Прочность на сжатие после пропарки	Прочность на сжатие через 28 суток
1	Состав 5 СП-1, 1.0%	4,5 см	0,4	36,0 МПа	42,4 МПа
2	Состав 6 ACE 430; 1.5%	19 см		36,7 МПа	46,3 МПа
3	Состав 7 Реламикс Н; 0.6%	4,5 см		35,3 МПа	44,4 МПа

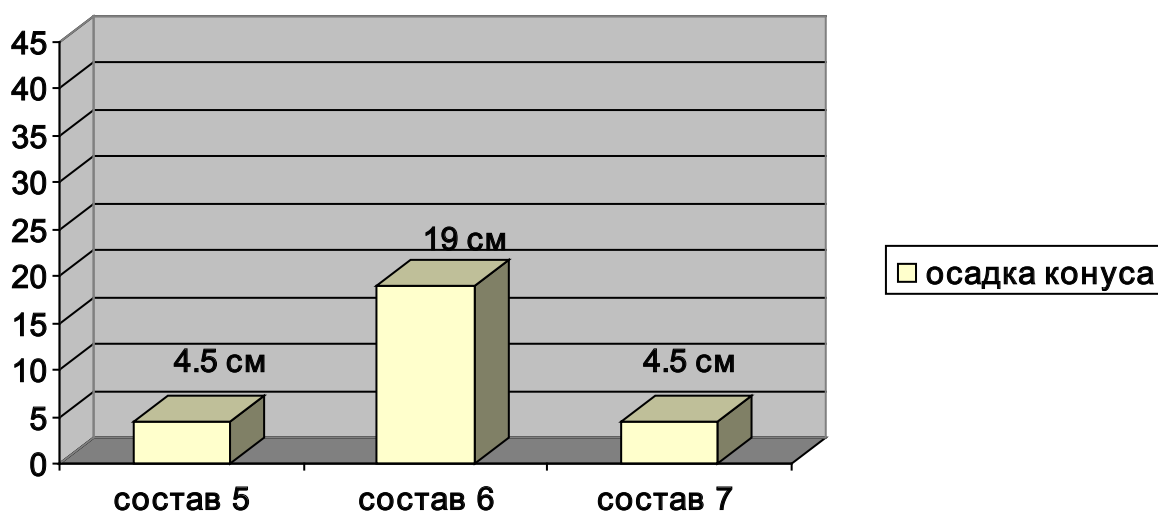


Диаграмма 2. Осадка конуса в составах 5; 6 и 7

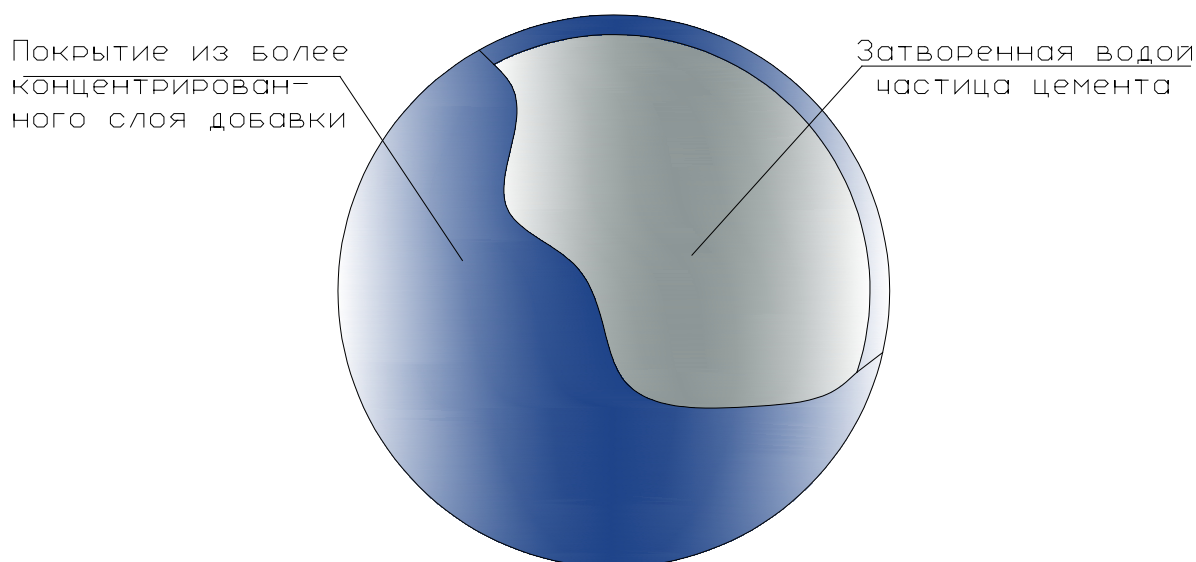


Рис. 2. Частица смеси после раздельного затворения

на вибростоле. Состав 9 не уплотнялся. Сравнение результатов прочности на сжатие, приведены в таблице 4.

Стоит заметить, что прочность практически не возросла. Возможно, для увеличения прочности, требуются другие дозировки добавок или их введение в сухом виде в бетонную смесь в последнюю очередь. Общий результат, можно представить в виде диаграммы 3:

Исходя из полученных результатов, представляется возможность рассчитать приблизительную экономическую эффективность при внедрении в производство данной технологии. (см. раздел 3)

#### Область применения и степень апробации

В современном строительстве, при производстве практически всех видов строительных работ, применяется бетон с различного рода добавками. Разнообразие и назначение их очень велики. Добавки применяются для

увеличения прочности, подвижности и т.д. Технология раздельного введения добавки могла бы решить ряд проблем и упростить технологический режим. По такому пути, возможно, пытались идти технологи или ученые, но организационные затраты на устройство дополнительных ёмкостей часто сводились на нет существовавшими техническими решениями проектной документации, которую очень трудно было изменить.

Кроме монолитного домостроения, а так же при возведении сооружений различной сложности и назначения (опор мостов, плотин и т.д.), эта технология весьма полезна в технологическом процессе заводов железобетонных изделий. Данный эксперимент, и все испытания, производились на базе лаборатории завода железобетонных изделий ООО «ЖБИ-5» г. Рязань. На заводе организован поточно-агрегатный метод производства. Данная технология, заин-

Таблица 3

№ п\п	Состав	О.К.	В/Ц	Состав	О.К.	В/Ц
1	Состав 5	4,5 см	0,4	Состав 8	15 см	0,4
2	Состав 6	19 см		Состав 9	25 см	
3	Состав 7	4,5 см		Состав 10	16 см	

Таблица 4

№ п\п	Состав	Прочность на сжатие через 28 суток	Состав	Прочность на сжатие через 28 суток
1	Состав 5	42,4 МПа	Состав 8	43,6 МПа
2	Состав 6	46,3 МПа	Состав 9	48,7 МПа
3	Состав 7	44,4 МПа	Состав 10	45,1 МПа

тересовала технологов предприятия. На базе этих экспериментов, проводится работа, по внедрению раздельного введения добавки. Все изделия требуют уплотнения. Но после испытания технологии на предприятии в реальных условиях, она готова к полному внедрению и использованию.

#### Экономическая эффективность

Расчет производится на основании оборудования предприятия ООО «ЖБИ-5» г. Рязань. Расчет ори-

ентировочный, для оценки приблизительной экономической выгоды. Применение технологии раздельного введения бетона позволяет сократить расход электроэнергии (т.к. сокращается время уплотнения бетона, а в некоторых случаях и вовсе не является необходимой) и трудозатрат.

На заводе используются два вибростола (посты на полигоне), мощностью по 10 кВт\*ч. Каждый из них работает в среднем по 4 часа в день непрерывно. Следовательно за день два вибростола потребляют:  $2 \times 4 \times 10 = 80$  кВт.

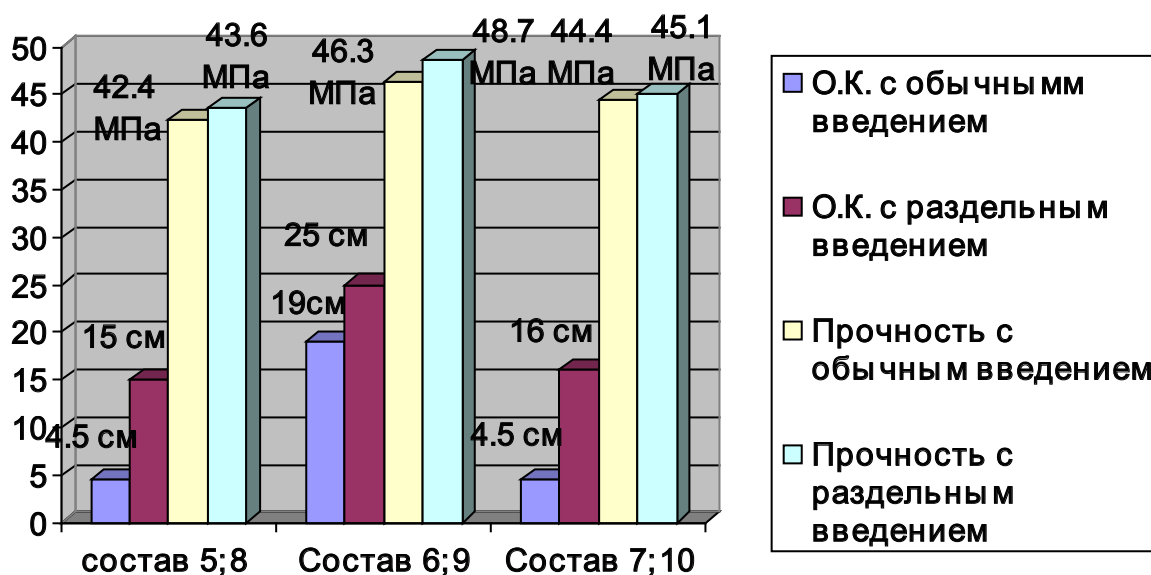


Диаграмма 3.

Стоимость 1 кВт на 2011–3 рубля 80 копеек. Стоимость электроэнергии за день следующая:  $3.80 \times 80 = 304$  р; за месяц:  $304 \times 22$  рабочих дня = 6 688 р; за год:  $6\,688 \times 12 = 80\,256-00$  р.

Также, для производства свай, индивидуальных изделий и фундаментных блоков, используют 5 вибраторов глубинного типа, с потреблением энергии — 1.6 кВт\*ч. Ориентировочно принимаем — 4 часа непрерывной работы в день каждый. Следовательно в день вибраторы потребляют:  $5 \times 1.6 \times 4 = 32$  кВт. Стоимость электроэнергии в день:  $3.80 \times 32 = 121.6$ ; в месяц:  $121.6 \times 22 = 2\,675-20$  р.; в год:  $2\,675-20 \times 12 = 32\,102-40$  р.

От уплотнения вибратором, которое используется при изготовлении блоков, свай и индивидуальных изделий, при хорошей герметизации швов, можно отказаться.

Время уплотнения на вибростоле сокращается вдвое.

Следовательно, экономичность, при использовании данной технологии в год составляет —  $(80\,256-00 / 2) + 32\,102-40 = 72\,230-40$  р.

Подсчитать сокращение трудозатрат не представляется возможным, из-за недоступности к сведениям экономического отдела завода.

Таким образом, явно видна экономическая эффектив-

ность, в результате сокращения трудозатрат и электроэнергии.

Применение добавок различной технологической направленности весьма эффективный метод повышения тех или иных показателей бетонной смеси. Но в современной промышленности не придается значению технологии введения. Исходя из проведенных экспериментов очевидно, что это немаловажный фактор, на который непременно должны обратить внимания технологи всех заводов России.

При использовании технологии раздельного введения добавки, открываются скрытый потенциал добавок. Например, добавки СП-1, при максимальной концентрации которой О.К. = 4.5см (при введении со 100% воды затворения), а при раздельной технологии введения добавки, О.К.=15см. Кроме того, на небольшое значение, повышается прочность образцов на сжатие (в среднем на 1%).

Исходя из этого, очевидно, что в этом направлении еще предстоит провести большое количество работы. Но уже на данном этапе, очевидно, что за раздельной технологией, стоит экономическая выгода и повышение производительности заводов, гидротехнического строительства и монолитного домостроения.

#### Литература:

1. Усов Б.А. Технология модифицированных бетонов. М.:МГОУ, 2010.
2. Усов Б.А. Методы подбора состава модифицированных бетонов. М.:МГОУ, 2010.
3. СНиП 2.06.08–87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»/ Госстрой СССР — М.:ЦИТП, 1978
4. Биленко В.А., Рудомин Е.Н., Григорьев Н.А., «Перспективы использования высокопрочного бетона для строительства и ремонта элементов гидротехнических сооружений, подверженных абразивному износу»/ «Новые технологии», выпуск № 5, Москва 2010 г.
5. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н., «Высокопрочный бетон» — под редакцией Берга О.Я. / Издательство литературы по строительству, Москва 1971г.
6. Базанов С.М., Торопова М.В.. «Улучшение качества бетона на основе использования смешанных видов волокон». Журнал «Популярное Бетонведение».

## Вторичные материальные ресурсы для дорожной разметки

Юшков Б.С., Пугин К.Г., кандидат технических наук, доцент; Юшков В.С., студент  
Пермский государственный технический университет

Россия безнадежно отстает по качеству и количеству дорог от промышленно развитых стран, а стоимость строительства — самая высокая в мире из-за тотальной коррупции в отрасли и несогласованности дорожников и коммунальщиков. Все это приводит к удорожанию товаров и услуг в РФ. На дороги необходимо тратить 4 % ВВП, сейчас данный показатель составляет порядка 2,5 % ВВП. Стоимость дорог зависит от многих факторов и складывается из различных составляющих. Например, прокладка дороги в гористой местности обойдется значительно дороже, чем на равнинной территории. А длинная

скоростная автомагистраль стоит на порядок больше, чем второстепенная дорога районного значения. Средняя стоимость строительства 1 км дороги в России составляет \$8,3 млн. Для сравнения, в Германии аналогичный показатель равен \$6,9 млн, а в США — \$6,5 млн.

В настоящее время в связи с растущими ежегодно интенсивностью движения на 3–7 % и аварийностью на дорогах на 7–8 % все большее внимание уделяется такому обязательному и эффективному средству организации дорожного движения, как горизонтальная дорожная разметка (ГДР). Её отсутствие или неудовлетворительное

состояние увеличивает число дорожнотранспортных происшествий, связанных с дорожными условиями, до 30 %. Поэтому на ее устройство ежегодно расходуются значительные средства. Так, на дорогах России только в 2008 году на этот вид работ было затрачено более 1,387 млрд. рублей, причем около 50 % затрат составляет стоимость материалов для ее нанесения [2]. Поэтому чрезвычайно важно осуществлять постоянный контроль фактического расхода этих материалов, который может достаточно широко варьироваться в процессе производства работ при нанесении горизонтальной дорожной разметки, существенно влияя на качество, долговечность и стоимость работ по ее нанесению. Существующие методы контроля, предусмотренные действующими нормативными документами, позволяют оценить толщину только свеженанесенного (не затвердевшего) слоя материала или определить расход краски с помощью датчиков, установленных на разметочных машинах. Методов, позволяющих оценить фактический расход материалов для нанесенной и затвердевшей горизонтальной дорожной разметки, в настоящее время в нормативной литературе не приводится. В федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах» подчеркивается необходимость выполнения исследований, направленных на увеличение эффективности дорожной разметки. В ситуации ежегодного роста интенсивности движения и аварийности на автодорогах в условиях ограниченных финансовых ресурсов, проблема увеличения срока службы горизонтальной дорожной разметки при определении рациональных объемов материалов для ее нанесения является весьма актуальной. Предполагается, что срок службы дорожной разметки на покрытии автодороги зависит от ряда факторов, влияние которых необходимо определить и оценить, что позволит рассчитать рациональный расход материала при нанесении разметки.

К разметке относятся линии, надписи и иные обозначения на проезжей части, бордюрах, элементах дорожных сооружений и обстановки дорог, устанавливающие порядок дорожного движения, показывающие габариты дорожных сооружений или указывающие направление дороги. Разметку выполняют красками, термопластиком, холодным пластиком, полимерными или другими материалами, обеспечивающими хорошую видимость. Разметка бывает [1]:

- а) горизонтальная;
- б) вертикальная.

Она применяется самостоятельно и в сочетании с дорожными знаками или светофорами. Каждому виду разметки присвоен номер, состоящий из цифр: первая цифра означает номер группы, к которой принадлежит разметка (1 — горизонтальная, 2 — вертикальная); вторая — порядковый номер разметки в группе; третья — разновидность разметки. Горизонтальная разметка дорог может быть постоянной или временной. Временная дорожная разметка, должна быть оранжевого цвета и выполняться материалами, допускающими ее быстрое устранение.

Обеспечение функциональной долговечности дорожной разметки является одним из наиболее значимых показателей безопасного, бесперебойного и комфортного движения транспортных средств. При этом круглогодичное наличие дорожной разметки на любом из имеющихся в настоящее время типов покрытия проезжей части автодорог — основа поддержания пропускной способности транспортных артерий РФ.

Среди технических средств организации дорожного движения разметка дороги занимает особое место. Основными отличиями и, по сути, преимуществами именно дорожной разметки над дорожными знаками, светофорами, направляющими устройствами являются следующие [3]:

1) дорожная разметка практически постоянно находится в поле зрения водителей, что позволяет оперативно воспринимать информацию и реагировать на неё;

2) дорожная разметка позволяет с высокой точностью обозначить границы допустимого или запрещенного манёвра, действия, как водителей, так и пешеходов.

В крупных городах Западной Европы и США, кроме линий дорожной разметки широко применяется цветной асфальтобетон, который является разновидностью горячего асфальтобетона и имеет различную окраску. Для его изготовления применяют цветной щебень с размером частиц 5–7 мм и песок из мрамора, гранита, клинкерных материалов, известняка. При применении красноватого, розового, зеленоватого, белого щебня совместно с цветными порошками-пигментами получают цветные асфальтобетоны. В качестве пигментов используют сурик железный, сурик свинцовый, крон желтый светостойчивый, крон оранжевый, окись хрома, цинковые белила. При получении цветных асфальтобетонов обеспечивают минимальное содержание битума, чтобы пленки вяжущего вещества на минеральных частицах были как можно тоньше, так как толстые слои битума на минеральных частицах придают темный цвет смеси. Для получения цветных асфальтобетонов применяют осветленные или синтетические битумы, потому что при использовании обычных битумов трудно получить цветные асфальтобетоны ярких цветов. Содержание компонентов в составе смеси устанавливается лабораторным путем. Цветной асфальтобетон применяют для устройства разделительных полос, обозначения пешеходных переходов, для покрытий пешеходных дорожек, аллей в парках, ботанических садах, для покрытий декоративных площадок в зонах отдыха в парках, на городских площадях и скверах, для покрытий пешеходных улиц в старинных и торговых кварталах городов, для покрытий набережных вдоль рек или водоемов в черте города, для покрытий полов в промышленных и общественных зданиях.

При устройстве зон ограниченного движения транспорта широко применяются цветные дорожные покрытия из асфальтобетона или литого асфальтобетона. Материал покрытия зон ограниченного движения транспорта должен быть водонепроницаемым и долговечным. Таким требованием лучше всего отвечают асфальтобетон



и литой асфальтобетон, а также щебеночное покрытие толщиной 8–10 см, залитое мастикой. К преимуществам таких покрытий относятся отсутствие швов и способность выдерживать большие нагрузки от автотранспорта. Традиционные дорожные покрытия имеют темный цвет, что обусловлено темным цветом битума.

Существуют различные способы устройства цветных дорожных покрытий, например, применение в качестве вяжущего светлых полимерных материалов. Однако из-за высокой стоимости их применяют редко.

Наиболее распространенным средством изменения цвета дорожного покрытия является поверхностная обработка, проводимая на стадии устройства покрытия россыпью мелкого цветного щебня или гравия крупностью 3–8 мм по горячему покрытию, после этого щебень слегка укатывают. Эффективно применение щебня из кварца, базальта или цветного песчаника.

Другой метод заключается в распределении по холодному дорожному покрытию слоя горячей мастики толщиной 2–3 мм, в которую втапливают высортный цветной мелкий щебень таким образом, чтобы его поверхность оставалась чистой. В качестве подгрунтового материала вместо мастики можно применять различные синтетические материалы. Более пригодны для этой цели полиуретаны, обеспечивающие наиболее прочное сцепление каменной мелочи с дорожным покрытием. В этом случае раствор полимера лопаткой равномерно наносят на покрытие, а затем по нему густо рассыпают мелкий щебень. После схватывания раствора лишний материал удаляют. Для обеспечения шероховатости поверхности покрытия проводят двойную обработку путем россыпи мелкого кварцевого песка по первому слою полимерного раствора и повторного нанесения раствора. Рекомендуется также устраивать такие покрытия, особенно светлые, для подземных пешеходных переходов и при размещении под землей торговых площадей.

В настоящее время разработан принципиально новый способ поверхностной обработки — механическое обогащение минерального заполнителя, цвет которого подбирают при проектировании асфальтобетонной смеси.

После укладки покрытия его поверхность обрабатывают биологически чистым средством, растворяющим битум, либо применяют водо- и пескоструйную обработку для удаления битумной пленки. Посредством механической обработки дорожное покрытие приобретает требуемую шероховатость.

Цветной асфальтобетон также можно приготовить из светлых минеральных материалов (известняков, доломитов, мрамора), красителей и стружки органического стекла (отходов при переработке органического стекла в изделие), которое предварительно измельчается в шаровой мельнице.

Органическое стекло отличается прозрачностью, светостойкостью, погодоустойчивостью, а также стойкостью по отношению к маслам, кислотам и щелочам. Минеральные материалы смешивают с измельченными отходами органического стекла в холодном состоянии в соотношении 2:1 или 3:1, после чего в эту смесь добавляли 5–10 % красителя и тщательно перемешивали. После нагревания до 140–150° С цветную смесь уплотняют в горячих прессформах при температуре 120° С и удельном давлении 250–500 кгс/см<sup>2</sup> в течение 3–5 мин. Применение органического стекла дает возможность получать дорожный пласт бетона любой расцветки.

В Пермском государственном техническом университете на автодорожном факультете, были проведены ряд опытов по применению новых материалов для разметки автомобильных дорог. На рис. 1 представлены два образца асфальтобетона. В результате добавки дополнительных компонентов асфальтобетон принимает коричневую окраску, что позволяет водителю автомобиля различать дорожную разметку нанесенную на дорогу. На рис. 2 представлена автомобильная дорога по четырем полосам движения без ГДР. Используя цветное решение деления транспортных потоков, улучшает видимость и повышает безопасность рис. 3. Одним из главных преимуществ нанесения такой разметки является ее не стираемость, тем самым снижаются затраты на материал и организацию нанесения разметки [4].

В качестве добавки была применена пыль системы газоочистки электропечи ДСП — 60 завода «Камасталь»



Рис. 1. Образцы асфальтобетона



Таблица 1  
Химический состав пыли

Концентрация компонента %					
SiO <sub>2</sub>	Fe	Al	Ca	Mg	S
91,68	0,11	2,31	1,29	4,09	0,32



Рис. 2. Дорожное покрытие без ГДР, 4 полосы движения

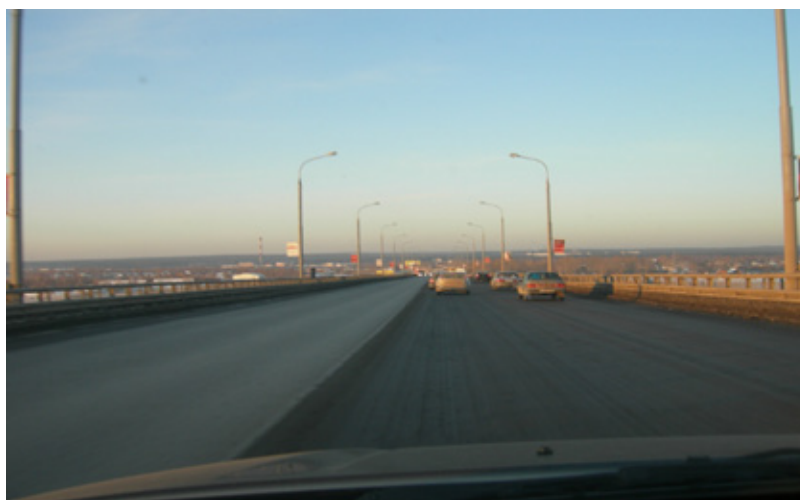


Рис. 3. Разделение по полосам движения цветом на мосту

г. Перми. Химический состав пыли, отходящей от печи, приведён в таблице 1. Пыль газоочистки представляет тонкодисперсный порошок светлого цвета с высокой удельной поверхностью (1,2–2,5 тыс. см<sup>2</sup>/г) и объемной массой 3,7–4,2 г/см<sup>3</sup>. Цвет порошка темно-коричневый.

Сводим в таблицу данные по зерновому составу минеральных материалов табл. 2. В качестве связующего применялся битум БНД 90/130. Содержание битума в смеси 6,5% (сверх 100%), проведенные испытания указаны в табл. 3.

По вышеперечисленным показателям данная смесь соответствует типу Б марки III и может быть применена в районах I, II и частично III дорожно-климатических зон, характеризующихся холодным и влажным климатом, для устройства верхних слоев покрытий.

В настоящее время еще более возрастает потребность в цветных асфальтобетонных покрытиях, которые во многих случаях повышают безопасность движения транспорта и пешеходов и улучшают внешний вид автомобильных дорог, магистралей и скоростных дорог, парковых и велодорожек, аллей, спортивных площадок.

Таблица 2

Состав горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б для устройства верхнего слоя покрытия

№ п/п	Наименование материалов с указанием производителя	Зерновой состав (прошло через сито с отверстием, мм), в % по массе									
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,31	0,16	0,07
1	Щебень	99,7	59,2	31,5	7,1	4,2	3,8	3,5	3,0	2,4	1,8
2	Отсев	100	100	100	97,2	61,8	45,0	24,8	11,0	5,0	3,8
3	Песок	100	100	100	99,8	99,6	99,4	98,6	67,2	10,6	4,6
4	Минеральный порошок / пыль системы газоочистки ДСП- 60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99,6

Таблица 3

### Испытания асфальтобетона

Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,48
Водонасыщение, %	3,50
Предел прочности при сжатии:	
при температуре 20°С, МПа	3,44
при температуре 50°С, МПа	0,93

### Литература:

1. Гост Р 51256—99 Дорожная разметка и ее характеристики.
2. Справка о сравнительной стоимости строительства автомобильных дорог в Российской Федерации и зарубежных странах. РОСДОРНИИ, Москва, 2009 год.
3. Гост Р 52289—2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.
4. Материалы международной научно — практической конференции «Проблемы функционирования систем транспорта» Пугин К.Г., Юшков В.С. «Современные материалы нанесения дорожной разметки», г. Тюмень 2010 г. стр. — 275.

## 9. ТРАНСПОРТ

### Оценка эмиссии отработавших газов дизелей эксплуатирующихся судов смешанного (река-море) плавания

Нгуен Х.Х., аспирант

Астраханский государственный технический университет

В связи с вступлением в силу в 2005 г. международных и национальных требований по предотвращению загрязнения атмосферы с судов [1] и ужесточением этих требований из года в год [2], актуальной является оценка соответствия эмиссий отработавших газов (ОГ) дизелей эксплуатирующихся судов требованиям действующих нормативных документов. Вместе с тем и разработка и внедрение методов и средств снижения выброса вредных веществ (ВВ) судовыми дизелями. Экологическая безопасность двигателей оценивается нормируемыми и ненормируемыми компонентами ОГ, опасность которых общепризнанна. В зависимости от механизма воздействия судов на человека и окружающую среду они рассматриваются на местном (локальном), региональном и глобальном

уровнях. Суда смешанного (река — море) плавания являются источником всех трех случаев. Поэтому двигатели этих судов должны соответствовать и требованиям Приложения VI международной конвенции МАРПОЛ 73/78 (по NO<sub>x</sub>) [3], ГОСТ Р 51249—99 (по NO<sub>x</sub>, CO, CH) [4], ГОСТ Р 51250—99 (по дымности) [5].

**Цель работы** — оценка соответствия эмиссий ОГ дизелей эксплуатирующихся судов требованиям нормативных документов ИМО и РФ и возможные технические мероприятия по снижению выбросов ВВ с ОГ.

Работа проводится по следующей схеме алгоритма (рис. 1)

**Объект исследования** — дизели, установленные в качестве главных двигателей (ГД) на судах Волго-Каспийс-

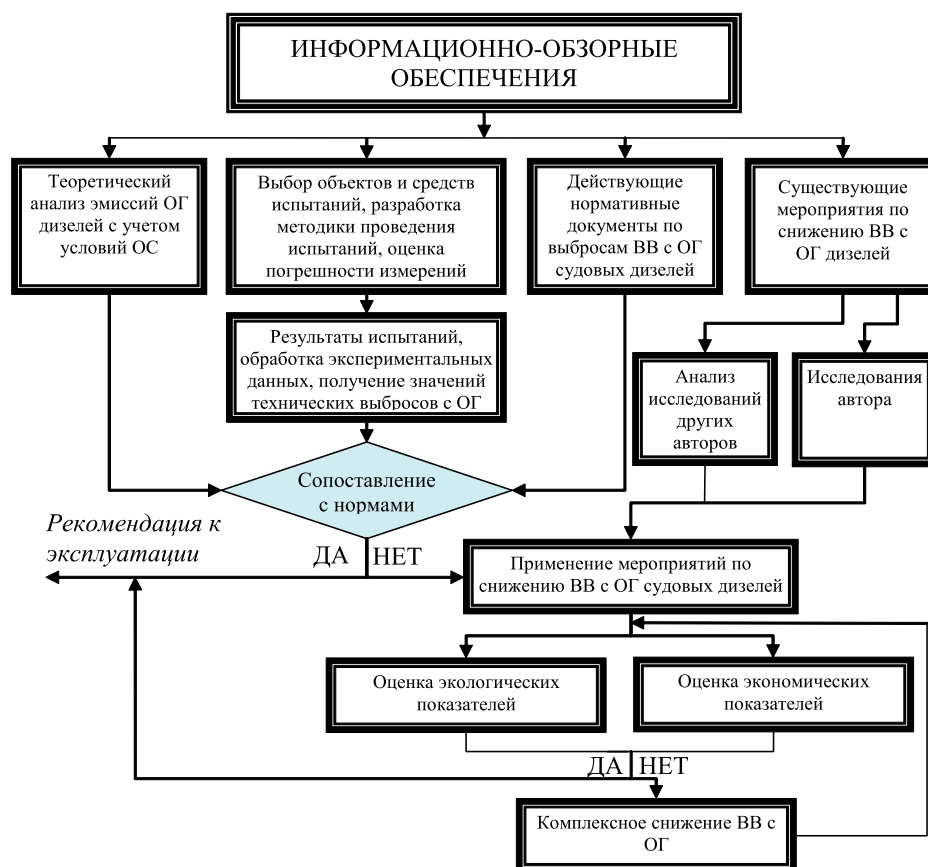


Рис. 1. Алгоритм контроля и снижения ВВ с ОГ судовых дизелей

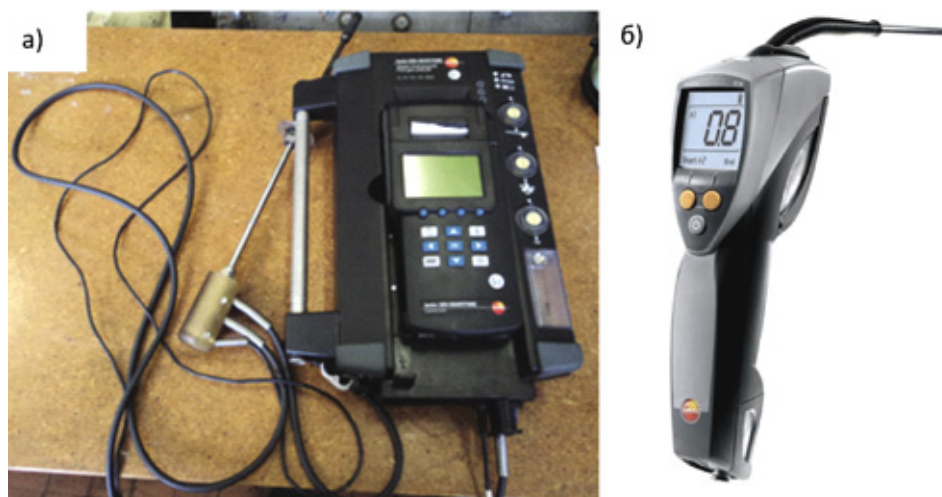


Рис. 2. Приборы для измерения состава ОГ:  
а) газоанализатор Testo 350-MARITIME; б) дымометр Testo 308

кого региона (ВКР) (суда эксплуатируются в Каспийском морском бассейне и Волжской речной системе).

В работе была разработана база данных судов ВКР, в базу данных входят 245 судов, плавающих под флагом РФ и под контролем Астраханского филиала ФГУ «Российский морской регистр судоходства» (РМРС).

При помощи выборочного метода определен минимальный объем выборки — 15 судов. Её состав 5, 3, 2, 2, 1, 1, 1 соответствует судам с ГД 6NVD48AU (485, 330), 6NVD48—2AU (515, 300), 6 (8)NVD48A2U (640 (852), 375), 8NVD48AU (736, 375), Г70 (883, 375), 6NVD—8—2AU (567, 330), 8NVD48—2U (647, 428), которые входят в группы с максимальным выбросом ВВ (здесь указываются марки двигателей, а в скобках — номинальная мощность и частота вращения) (см. [6]).

**Предлагаемая приборная база, используемая при испытаниях.** Для измерения состава ОГ использовался портативный газоанализатор testo 350-MARITIME, сертифицированный Germanischer Lloyd, и дымометр testo 308 (рис. 2). Крутящий момент определяется по усредненной тензограмме при наклейке тензодатчиков на любой доступный вал валопровода с использованием тензометрического комплекса фирмы «Astech Electronics» (Англия), который одобрен и разрешен к применению «Lloyd's Register of Shipping». Для измерения частоты вращения используются штатные приборы-тахометры или бесконтактный цифровой тахометр DM6234P+. Такие поверочные приборы входят в приборную базу «Испытательный центр «Marine technology service»» (ИЦ МТС АГТУ).

**Программа испытаний.** В программе испытаний дизелей судов изложены общие требования к проведению испытаний, условия проведения испытаний, параметры и места измерений, режимы испытаний, обработка экспериментальных данных и требования по технике безопасности при испытаниях. В этом разделе акцентируется внимание на точке отбора ОГ, согласно действующим стандартам [4, 5, 7, 8] точка отбора ОГ расположена на расстоянии

шести диаметров прямого участка трубы от присоединительного фланца выпускного коллектора.

**Результаты натурных испытаний.** Натурные испытания проводились после хорошей проверки регулировки двигателя, на четырех режимах, поддерживаемых близким к стандартным значениям цикла  $E_z$  ИСО 8178—4 [9]. В качестве примера на рис. 3—6 показаны зависимости концентрации токсичных компонентов от режимов работы некоторых исследуемых двигателей по винтовой характеристике, концентрация  $SO_2$  на всех режимах нулевая.

Испытания также проведены на судне «РК-2091» типа «Ярославец» при работе двигателя на дизельном и печном топливах.

**Обработка экспериментальных данных.** Эффективная мощность каждого режима обеспечивается частотой вращения двигателя и крутящим моментом, вычисляется по формуле [10], кВт:

$$P_e = \frac{T_{ig} \cdot n}{9550},$$

где  $T_{ig}$  — крутящий момент, Н·м;  $n$  — частота вращения, об/мин.

При использовании Трубки Пито для измерения скорости потока газов объемный расход ОГ на каждом режиме определяется по формуле [11], м<sup>3</sup>/ч

$$V_{exhj}^{OG} = 3600 \cdot K_v \cdot v_j \cdot \frac{\pi d^2}{4},$$

где  $v_j$  — измеренная скорость потока дымовых газов на каждом режиме, м/с;  $d$  — измеренный диаметр газовой трубы, м;  $K_v$  — коэффициент, равный 1 при измерении в середине трубы.

После этого объемный расход ОГ, приведенный к нормальным атмосферным условиям ( $p_0 = 101,3$  кПа,  $T_0 = 273^\circ\text{K}$ ).

В некоторых испытаниях, без использования Трубки Пито, объемный расход ОГ рассчитывается по расходам

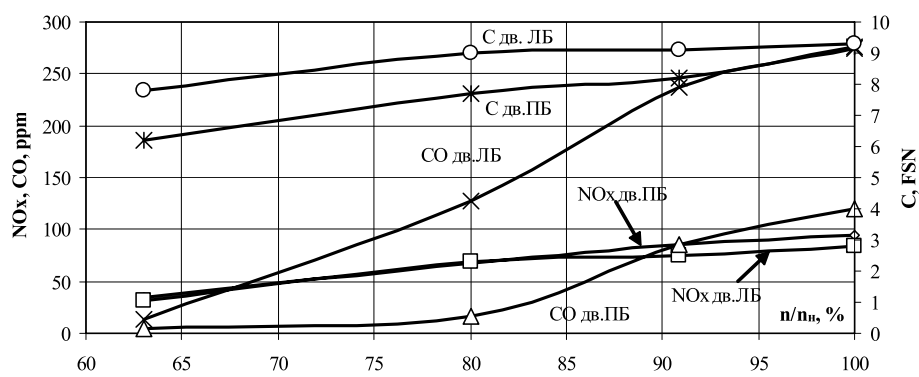


Рис. 3. Экологические показатели ГД 6NVD48AU (485, 330) судна «НРВ-50М»

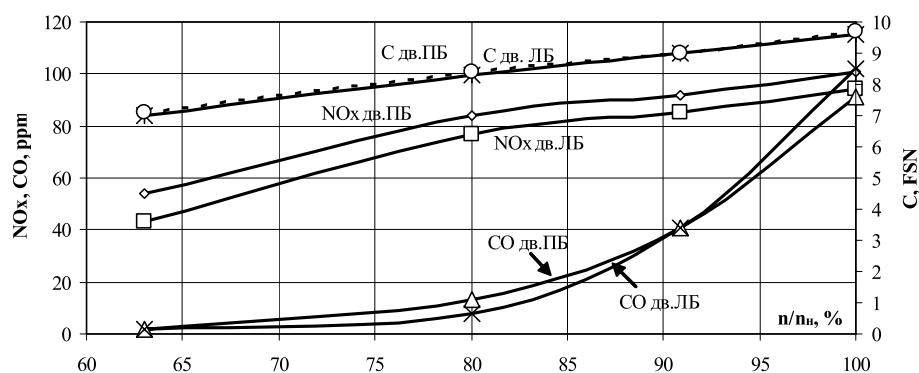


Рис. 4. Экологические показатели ГД 6NVD48AU (485, 330) судна «НРВ-21М»

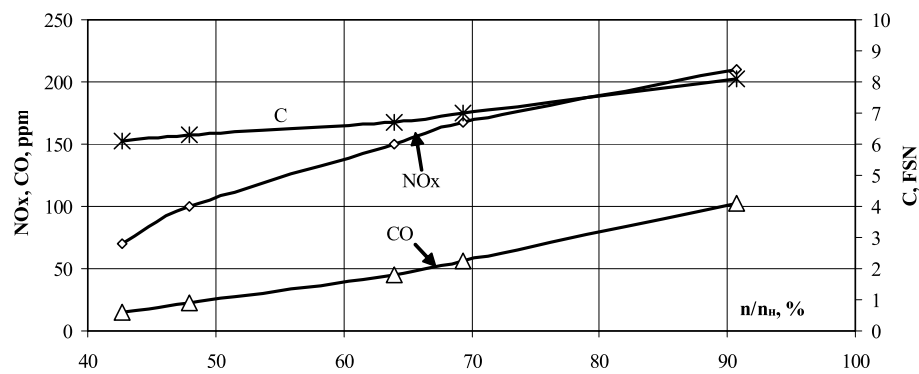


Рис. 5. Экологические показатели ГД 8NVD48AU (736, 375) судна «Аксиома»

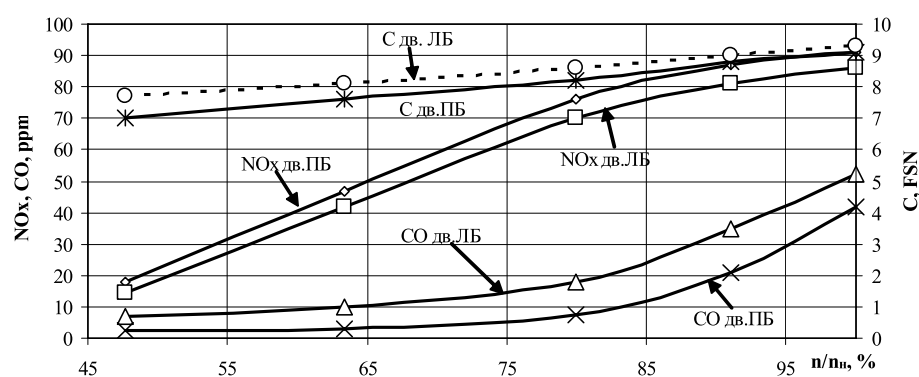


Рис. 6. Экологические показатели ГД 6NVD48-2AU (515, 300) судна «Омский-143»

Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов с нормами (рис. 7, 8, 9).

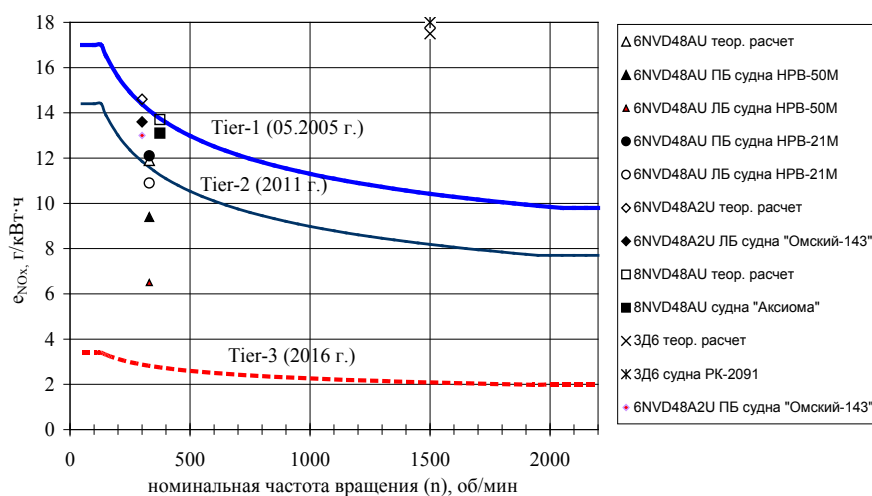


Рис. 7. Сопоставление значения технических нормативов выбросов  $\text{NO}_x$  с нормами

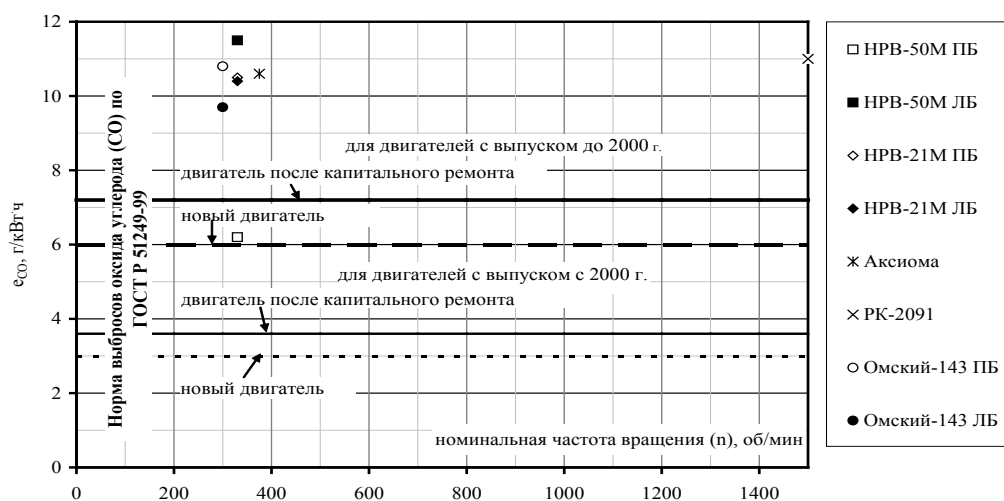


Рис. 8. Сопоставление значения технических нормативов выбросов  $\text{CO}$  с нормами

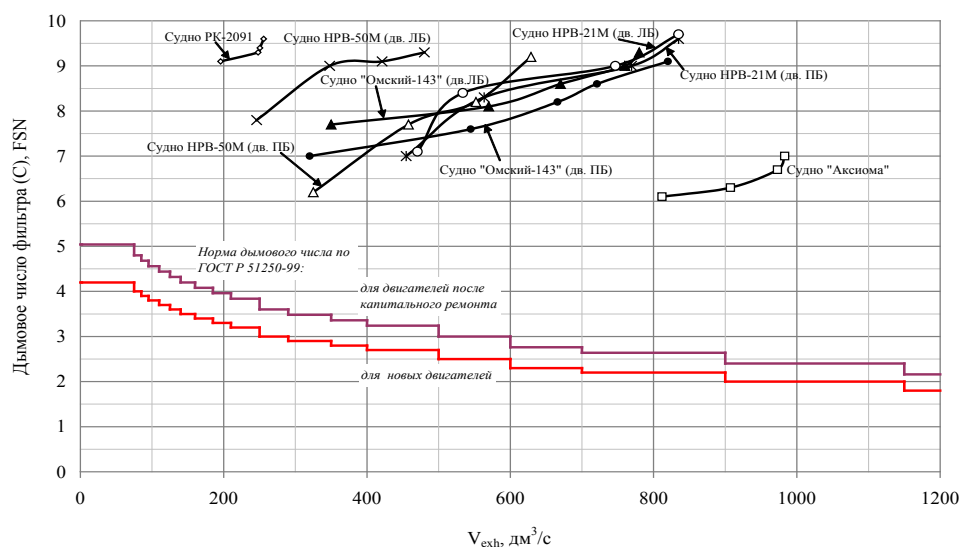


Рис. 9. Сопоставление дымового числа ОГ с нормами



топлива и воздуха, это проводится следующим образом: удельные расходы топлива выбираются согласно винтовым характеристикам двигателей (допускает РМРС). Суммарный коэффициент избытка воздуха определяется по результатам газового анализа по нижеприведенным упрощенным формулам, полученным с условием допущения, что весь углерод топлива окисляется до двуокиси углерода  $CO_2$  (для судовых дизелей, где неполнота сгорания топлива редко достигает 1 %, такое допущение вполне приемлемо)

$$\alpha_{CO_2} = \frac{A + BCO_2}{CO_2},$$

где  $A = C/12L_0$ ,  $L_0 = (1/0,21)[(C/12) + (H/4) + (S/32) - (O/32)]$  кмоль/кг топлива,  $B = 0,21 - A$ ,  $C, H, S, O$  — компоненты элементного состава топлива, кг/кг топлива,  $CO_2$  — содержание диоксида углерода в сухих ОГ дизеля, объемные доли; на основе полученных коэффициентов избытка воздуха и удельных расходов топлива проводится расчет расхода воздуха, после этого рассчитывается объемный расход ОГ.

Согласно ГОСТ Р и руководству Регистра удельные средневзвешенные выбросы определяются по формуле [4, 7, 8, 9]:

$$e_i^p = 0,446\mu_i \frac{\sum_{j=1}^m C_{ij} V_{exh j} W_j}{N_{en} \sum_{j=1}^m \bar{P}_j W_j},$$

где  $e_i^p$  — удельный средневзвешенный выброс  $i$ -го вредного вещества, г/кВт·ч;  $\mu_j$  — молекулярная масса  $i$ -го загрязняющего вещества либо его эквивалента по приведению, кг/кмоль ( $\mu_{NO_2} = 46$ ,  $\mu_{CO} = 28$ );  $m$  — число режимов испытаний в испытательном цикле;  $j$  — порядковый номер режима испытаний в испытательном цикле;  $i$  — индекс загрязняющего вещества;  $C_{ij}$  — измеренная при испытаниях в  $j$ -ом заданном режиме концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в ОГ, %,  $\bar{P}_j$  — отношение эффективной мощности дизеля для данного режима испытаний к номинальной эффективной мощности;  $N_{en}$  — номинальная эффективная мощность дизеля, кВт,  $W_j$  — весовой коэффициент режима (коэффициент весомости).

**Рекомендации по снижению выбросов ВВ с ОГ дизелей эксплуатирующихся судов.** На основе анализа исследований других авторов и автора данной работы основные средства и методы снижения вредных выбросов дизелей систематизированы и приведены на рис. 10.

Улучшение экологических показателей дизелей путем совершенствования их конструкции возможно только на стадии создания новых двигателей или их существенной модернизации. Поэтому в работе акцентируется внимание на мероприятиях, которые могут быть реализованы на эксплуатирующихся судах ВКР.

На основе анализа основных направлений, средств и методов снижения вредных ВВ с ОГ дизелей, исследований других авторов и исследований автора по этой про-

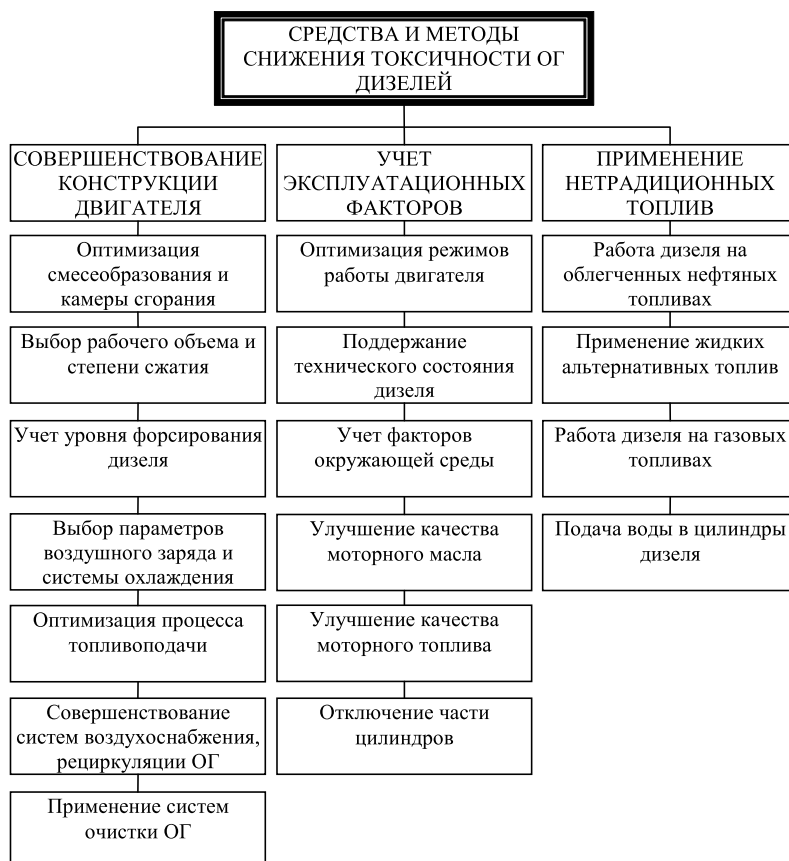


Рис. 10. Схема основных средств и методов снижения выбросов ВВ с ОГ дизелей

Таблица 1

## Возможные технические мероприятия по снижению ВВ с ОГ дизелей

№	группы	Мероприятия	Изменение выбросов вредных веществ, %				$g_e$ , г/кВт·ч	Э
			NO <sub>x</sub>	CO	C	CH		
1	Учет эксплуатационных факторов	Оптимизация режимов работы двигателя	↑	↑	↑	↑	↓	↑
2		Поддержание технического состояния двигателя	↑	↑	↑	↑	↓	↑
3		Применение легких фракций моторного масла	=>	=>	-25	=>	=>	=>
4		Оптимизация давления маслосъемного кольца	=>	=>	-25	=>	=>	=>
5		Увеличение ЦЧ (введение в топливо органических нитратов)	-50	-60	-50	-40	-	-
6		Введение противодымных присадок	=>	=>	-60	=>	=>	=>
7		Введение катализаторов в виде присадки к топливу	=>	-61	=>	-38	-9	↑
8		Отключение части цилиндров на мало.наг. реж.	↓	↓	↓	-50	-20	↑
9		Уменьшение плотности топлива	=>	=>	-8	=>	↓	↑
10	Применение альтернативных топлив	диметилвый эфир (ДМЭ) в качестве топлива	↓	нет	нет	-	↑	↓
11		ДМЭ в качестве присадки к воздуху	↓	↓	↓	↓	↑	↓
12		метанол в качестве топлива	-75	↗	-50	↗	+50	↓
13		метанол в качестве присадки к воздуху	-85	-	-	-	-	-
14		метанола в виде эмульсии с дизельном топливом (МТЭ)	-50	-	-	-	-	-
15		Природный газ	-80	↓	↓	-	-	↑
16		Биодизель	=>	↓	↓	↓	-	↑
17		Водород	-30	↓	-40	-35		
18	Увлажнение воздуха	смешением топлива и воды до топливного насоса и впрыском в цилиндр водотопливной эмульсии (ВТЭ).	-30	=>	↓	=>	↙	↙
19		впрыском воды непосредственно в цилиндр, для чего дизель оборудуется отдельной системой (НВП);	-70	=>	↑	=>	+7	↓
20		увлажнением наддувочного воздуха путем впрыска заборной воды в поток горячего воздуха на выходе из улитки центробежного компрессора (УНВ);	-70	=>	↑	=>	↑	↓
21		подачей перегретого пара из утилизационного котла в цилиндр через электромагнитный клапан в крышке цилиндра в начале хода сжатия (ППП).	-60	=>	-	=>	-5	↑
22		абсорбция	-15	=>	-50	-60	=>	=>
23	Очистка ОГ	каталитическое окисление (для бенз. дв., дизель – диску.)	=>	-90	-10	-90	=>	=>
24		каталитическое восстановление	↓	-	-	-	-	-
25		термическое сжигание (пока не реализован)	↓	↓	↓	↓	↓	↑
26		обработка электрическим разрядом (холодной плазмой)	-60	-90	-	-	-	-
27		мембранное разделение	↓	-	-	-	-	-
28		Жидкой нейтрализатор	-10	=>	-75	-60	=>	=>
29		Сажевые фильтры	=>	=>	-95	=>	=>	=>
30	Регулировка топливной аппаратуры	Уменьшение максимальной ЦПТ	=>	-63	-63	-63	=>	=>
31		Уменьшение угла опережения впрыски топлива	-60	=>	+35	+25	-	↑
32		Регулировка параметров ТА	=>	-35	-35	-35	-	=>
33		Регулировка фаз газораспределения	-35	↓	↓	↓	-	=>
34		Рециркуляция ОГ	-80	-	-	-	-	↗
35		Наддув с охлаждением воздуха	-50	-50	-50	-50	-50	↑
36		Обогащение воздуха на впуске жидким или газообразным топливом	↙	-35	-50	-35	↓	↑
37		Увеличение температуры на впуске	↗	-28	-28	-28	-	↙
38		Увеличение температуры стенок КС	↗	-28	-28	-28	-	↙

Обозначение:

↑/↓ – увеличение/уменьшение; ↗/↙ – незначительное увеличение/уменьшение;  
 +50....-50 увеличение...уменьшение на 50%; => – без изменения; – – нет данных; Э – экономичность – величина, обратно пропорциональная удельному расходу топлива ( $g_e$ ).

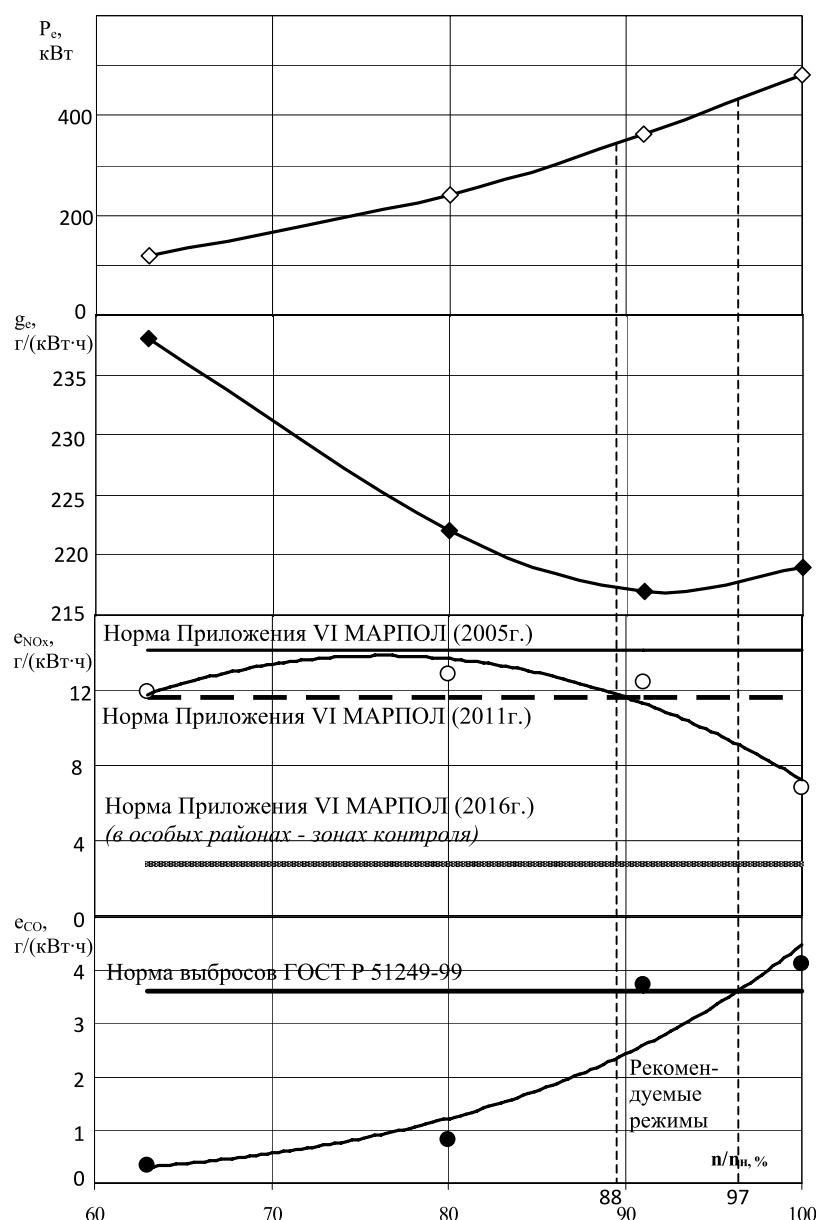


Рис. 11. Эксплуатационная винтовая характеристика дизеля 6NVD48AU (485, 330) судна «НРВ-21М»

блеме, автором систематизированы 38 мероприятий по изменению выбросов ВВ и экономичности при применении этих мероприятий, которые представлены в табл. 1.

Любая техническая неисправность двигателя увеличивает выброс ВВ с ОГ. С участием автора были проведены испытания судового дизеля 1NVD24 при неисправности топливной системы, полученные значения технических нормативов NOx и CO почти в 2 раза выше, чем при исправном состоянии. Поэтому при эксплуатации дизелей судов рекомендуется поддержание технического состояния двигателя, особенно своевременная и правильная регулировка элементов питания двигателя.

На основе обработки экспериментальных данных получены удельные выбросы ВВ с ОГ дизелей судов ВКР. В качестве примера представлена эксплуатационная винтовая характеристика зависимостей удельных выбросов ВВ, удельных расходов топлива, а также мощности глав-

ного двигателя 6NVD48AU (485, 300) судна «НРВ-21М» (двигателя правого борта) от режимов работы (рис. 11).

На основе результатов испытаний рекомендуется эксплуатация дизелей типа NVD48 судов типа река-море на режимах 88–97%, в общем случае 85–95% от номинальной чистоты вращения. На этих режимах обеспечиваются экологические показатели ниже норм, особенно максимальная экономичность (минимальные удельные расходы топлива). Такая же картина наблюдается и для остальных исследуемых дизелей.

На кафедре «Эксплуатация водного транспорта» АГТУ проводились экспериментальные исследования работы дизеля 1Ч17,5/24 при использовании диметилового эфира (ДМЭ) в качестве присадки к воздуху. Результаты показали значительные улучшения технико-экономических и экологических показателей работы дизеля. При процентном содержании ДМЭ от 1,78 до 3,56% в ка-

честве присадки к воздуху NOx уменьшается, особенно отсутствуют эмиссии NOx и сажи при работе дизеля на холостом ходу на чистом ДМЭ. Рекомендуется использование ДМЭ в качестве присадки к воздуху и в качестве топлива для снижения выбросов ВВ с ОГ дизелей эксплуатирующихся судов.

Для снижения эмиссий NOx, CO и сажи рекомендуется использовать комплекс «сажевый фильтр-каталитическое окисление-каталитическое восстановление». Для исследуемых дизелей температура ОГ  $T_{ог}$  в пределах 300–400°C можно установить SCR-селективное каталитическое восстановление после газотурбины на газоходной трубе, это уменьшает затраты на установку. При этом NOx уменьшается на 97%, CO — на 90%, C — на 90%, и суда соответствуют самым жестким требованиям (Tier-3).

**Заключение.** В работе получены следующие результаты:

1. Большинство судов ВКР соответствуют требованиям Приложения VI МАРПОЛ 73/78 по состоянию 2005 г.; не соответствуют требованиям пересмотренного этого приложения (состояние 2011 г.) и все суда не соответствуют нормам CO и дымности ГОСТ Р 51249–99 и ГОСТ Р 51250–99.

2. Для снижения выбросов ВВ с ОГ дизелей эксплуатирующихся судов ВКР рекомендуются: поддержание технического состояния двигателя, особенно своевременная и правильная регулировка элементов питания двигателя; эксплуатация дизелей типа NVD48 на режимах 85–95% от номинальной частоты вращения; использование диметилевого эфира в качестве присадки к воздуху и в качестве топлива; использование комплекса «сажевый фильтр-каталитическое окисление-каталитическое восстановление».

#### Литература:

1. Евенко В., Гришкин В. «Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов» и их применение // Морской флот. — 2005. — № 5. — С. 54–61.
2. Мельник Г.В. Новая редакция Приложения VI к МАРПОЛ 73/78 // Двигателестроение. — 2008. — № 4. — С. 51–52.
3. Приложение VI — Инструкция по предотвращению загрязнения атмосферы с судов: Международная Конвенция МАРПОЛ 73/78, книга III. — СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, — 2005. — 200 с. — С. 1–81.
4. ГОСТ Р 51249–99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения (с изменением №1). — М.: Стандартинформ, — 2005. — 36с.
5. ГОСТ Р 51250–99. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения (с изменением №1). — М.: Стандартинформ, — 2005. — 38с.
6. Покусаев М.Н., Нгуен Ха Хиен, Теренин О.И. Статистическое наблюдение судов Каспийского морского бассейна и Волжской речной системы для оценки эмиссии выхлопных газов двигателей // Вестник Астраханского гос. тех. университета. Серия: морская техника и технология. — 2010. — № 1. — С. 153–158.
7. Руководство по техническому наблюдению за соблюдением технических нормативов выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при изготовлении и эксплуатации судовых энергетических установок. — СПб.: Российский морской Регистр судоходства. — 2010. — 97с.
8. ГОСТ Р 52408–2005 (ИСО 8178–2:1996). Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Часть 2. Измерения в условиях эксплуатации. — М.: Стандартинформ, — 2006. — 23с.
9. ГОСТ 30574–98 (ИСО 8178–4). Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Выбросы вредных веществ и дымность отработавших газов. Циклы испытаний. — Минск: Стандартинформ, — 1999. — 15с.
10. ГОСТ 21792–89. Установки судовые. Приемка и методы испытаний на судне. — М.: Издательство стандартов, — 1990. — 28с.
11. ГОСТ 8.361–79. Государственная система обеспечения единства измерений. Расход жидкости и газа. Методика выполнения измерений по скорости в одной точке сечения трубы

## Определение эффективности инвестиций в операции по перевозке торфа с производственных участков к конечному потребителю

Яблонев А.Л., кандидат технических наук, доцент  
Тверской государственный технический университет

*Представлены сведения, касающиеся оценки эффективности (выгодности) инвестиций в операции по транспорту торфа. Определены современные показатели расчета инвестиционной привлекательности проектов по организации вывозки торфа с производственных участков.*

**Ключевые слова:** торф, транспорт, трактор, грузовой автомобиль, эффективность.

**Keywords:** peat, transport, tractor, lorry, efficient.

В отличие от основных работ, связанных непосредственно с добычей торфа, транспортные работы могут быть переложены торфопредприятиями на плечи посредников или потребителей. Таким образом, возникает вопрос: как торфопредприятиям оценить выгодность и эффективность инвестиционных вложений в транспортные операции и решить самостоятельно ли заниматься транспортом добытого торфа? Применявшийся в Советском Союзе показатель фондоотдачи, при оценке эффективности торфяного производства, в новых условиях экономической свободы торфопредприятий и изменяющейся покупательной способности отечественного рубля, хотя и имеет значение, но скорее иллюстративное, чем оценочное. Изменились схемы инвестирования и сбыта, да и производство торфяной продукции тоже изменилось. Свернули деятельность ранее датируемые предприятия, ограничили выпуск продукции до необходимого предприятия, оставшиеся на плаву. Появились новые виды торфяной продукции. Цена на топливный фрезерный торф соизмеряется с ценой на другие виды топлива и лишь только после этого принимается решение о работе на том или ином виде топлива. Инвестирование средств в какой-либо проект осуществляется лишь в том случае, когда проект (в том числе и транспорт торфа) выгоден.

В современной научной литературе исследованию проблемы выбора оптимального варианта капиталовложений уделено немало внимания. Методические рекомендации зарубежных организаций (например, методики ЮНИДО, Всемирного банка, Европейского банка реконструкции и развития), разработки отечественных ученых и госорганов РФ нацелены на необходимость единообразного подхода к оценке различных инвестиционных проектов.

При всем многообразии распространенных в настоящее время методик анализа эффективности инвестиций в реальном секторе экономики, и в торфяной промышленности в частности, нет рекомендаций по применимости тех или иных показателей оценки. Оценка экономической эффективности по любому показателю имеет как свои положительные, так и отрицательные стороны, а также специфические условия и возможности ее применения на практике.

Среди существующих современных методик оценки экономической эффективности инвестиционного проекта следует выделить классические методы экономического

анализа (сравнения, балансовый, корреляционно-регрессивный, графический, простых и сложных процентов, дисконтирования и др.), а также конкретно-аналитические приемы исследования (расчет абсолютных, относительных и средних величин, детализация показателей на составляющие, сводки и группировки).

Торфяная промышленность РФ характеризуется резко выраженной сезонностью основных работ по добыче торфа и невысокой рентабельностью, позволяющей, как правило, однократно производить лишь долгосрочные инвестиции. Поэтому методика по оценке экономической эффективности тех или иных инвестиционных программ в торфяной промышленности должна учитывать данные конкретные условия.

Проведенный анализ показателей и методик оценки экономической эффективности инвестиций в торфяной промышленности позволил выделить следующие показатели, в комплексе наиболее полно оценивающие состояние дел и перспективы развития торфяного предприятия: минимум приведенных затрат  $Z_{min}$ , коэффициент сравнительной экономической эффективности  $K$ , чистая текущая стоимость  $NPV$ , внутренняя норма доходности  $IRR$ , срок окупаемости инвестиций  $PP$ .

Широко распространенный ранее в практике российских предприятий показатель минимума приведенных затрат представляет собой сумму текущих затрат и капиталовложений, приведенных к одинаковой размерности в соответствие с нормативным показателем эффективности. Данный показатель рассчитывается по формуле [1, 220]:

$$Z_{min} = C + E_n K, \quad (1)$$

где  $C$  — годовые текущие затраты;  $E_n$  — нормативный показатель эффективности капиталовложений;  $K$  — единовременные капиталовложения.

Под нормативным показателем эффективности, как правило, понимается либо значение цены инвестированного в проект капитала, либо минимально приемлемую ставку рентабельности, установленную в рамках инвестиционной политики конкретной организации (предприятия).

Минимум приведенных затрат особенно актуален и показателен, когда единовременные капиталовложения происходят в начальный период ( $t = 0$ ), а величина  $C$  пос-



тоянна из года в год и инвестиции осуществляются в основные фонды с длительным сроком их эксплуатации. Основное правило использования данного показателя в инвестиционном анализе: из списка взаимоисключающих инвестиций, не имеющих явно выраженных финансовых результатов (невысокую рентабельность), целесообразно принимать проект с минимальными приведенными затратами.

В качестве примера рассмотрим вывозку торфа с полей добычи двумя способами: первый вариант — 4 трактора с прицепами емкостью по 30 м<sup>3</sup>, второй вариант — один грузовой автомобиль с прицепом общей емкостью 50 м<sup>3</sup>. При этом следует отметить, что колесный трактор и прицеп в сезон торфодобычи вовлечены в основное производство, вывозка же торфа осуществляется в неблагоприятные по погодным условиям дни и вне сезона, в связи с чем стоимость трактора с прицепом относится на затраты по производству торфа. Грузовой же автомобиль не вовлечен в основное производство, и стоимость его целиком относится на затраты по транспорту торфа. Будем считать, что нормативный показатель эффективности капиталовложений для предприятия установлен в размере 15 %. Необходимо найти наиболее экономичный вариант вложения средств.

Методика расчетов и сами расчеты приведенных затрат по двум альтернативным вариантам доставки представлены в таблице 1.

Таблица требует некоторых пояснений, необходимых для понимания специфики транспортных работ. Трактор, в отличие от грузового автомобиля может двигаться с меньшей на 40–60 % средней скоростью, поэтому за смену каждый трактор совершает только два рейса, а грузовой автомобиль — три. Производительность транспорта взята с учетом насыпной плотности торфа в кузове 350 кг / м<sup>3</sup>. Единовременные капиталовложения по варианту 1 хотя и не включают затраты на приобретение тракторов с прицепами, но предусматривают затраты, необходимые для осуществления выхода колесных тракторов с прицепами на дороги с твердым покрытием (построение стационарной мойки и т.д.).

Из данных таблицы 1 видно, что второй вариант менее экономичный в эксплуатации. Общая сумма экономии

финансовых средств, при вложении капитала по первому варианту, составит 433,34 тыс. рублей (13866,67 – 13433,33 = 433,34).

Как следует из примера, основными факторами, влияющими на показатели эффективности производства в сравниваемых вариантах, являются емкости кузовов техники на пневмоколесном ходу и удаленность конечного потребителя от полей добычи торфа, которая определяет в свою очередь количество рейсов техники в смену.

Другим, не менее распространенным показателем, используемым в инвестиционной практике отечественных промышленных компаний, является коэффициент сравнительной экономической эффективности ( $K_3$ ) [1, 180]:

$$K_3 = (C_1 - C_2) / (K_2 - K_1), \quad (2)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  — себестоимости продукции до и после осуществления капитальных вложений;  $K_1$  и  $K_2$  — объем капиталовложений по старым и планируемым к вводу активам.

Этот показатель удобно использовать для обоснования инвестиционных мероприятий по замене изношенного и морально устаревшего оборудования ( $K_1$ ) более производительным ( $K_2$ ), а также сравнивать различные варианты производства по эффективности. Так, с помощью этого коэффициента легко оценить эффективность вывозки торфа различными способами. Предполагается, что при этом себестоимость вывозки торфа одним транспортом ( $C_2$ ) будет меньше, чем другим ( $C_1$ ), а  $K_1 < K_2$ .

Для принятия оптимальных инвестиционных решений, согласованных с положениями инвестиционной политики предприятия, значение  $K_3$  сравнивается с нормативной величиной эффективности, где, как правило, нормативный коэффициент эффективности долгосрочных инвестиций меньше или равен коэффициенту сравнительной экономической эффективности:

$$E_H \leq K_3. \quad (3)$$

Если существует проблема выбора взаимоисключающих проектов, то принимается вариант с наибольшим  $K_3$ , превышающим норматив.

Чистая текущая стоимость (чистый приведенный эффект, Net Present Value, NPV) — сумма текущих стоимостей всех спрогнозированных, с учетом дисконтирования, денежных потоков.

Таблица 1

Показатели	Вариант № 1	Вариант № 2
1. Единовременные капиталовложения, тыс. рублей	100	4000
2. Текущие затраты (расходы на электроэнергию, топливо, техническое обслуживание и эксплуатацию оборудования), тыс. рублей	2000	700
3. Приведенные затраты по оборудованию, тыс. рублей (стр. 1 + стр. 2/0,15)	13433,33	8666,67
4. Производительность оборудования, т/смен	84	52,5
5. Коэффициент приведения затрат к одинаковому объему транспорта	84 : 84 = 1	84 : 52,5 = 1,6
6. Приведенные затраты с учетом коэффициента приведения к одинаковому объему транспорта, тыс. рубл. (стр.3 × стр.5)	13433,33	13866,67



Метод чистой текущей стоимости ( $NPV$ ) состоит в следующем.

1. Определяется текущая стоимость затрат ( $I_0$ ), т.е. решается вопрос о том, сколько инвестиций необходимо резервировать для проекта.

2. Рассчитывается текущая стоимость будущих денежных поступлений от проекта, для чего доходы за каждый год  $CF$  (кэш-флоу) приводятся к текущей дате. Под  $CF$  понимается чистый денежный поток (доход за вычетом всех затрат, налогов, выплат).

Результаты расчетов показывают, сколько средств нужно было бы вложить сейчас для получения запланированных доходов, если бы ставка доходов была бы равна барьерной ставке  $r$  (для инвестора — ставке процента в банке, в ПИФе, для предприятия — цене совокупного капитала). Подытожив текущую стоимость доходов за все годы, получают общую текущую стоимость доходов от проекта ( $PV$ ) за время  $t$  [2, 113; 3, 280]:

$$PV = \sum_{t=0}^n PV_t = \sum_{t=0}^n CF_t / (1 + r)^t. \quad (4)$$

3. Текущая стоимость инвестиционных затрат ( $I_0$ ) сравнивается с текущей стоимостью доходов ( $PV$ ). Разность между ними составляет чистую текущую стоимость доходов ( $NPV$ ):

$$NPV = PV - I_0. \quad (5)$$

Если капитальные вложения осуществляются в несколько этапов, то расчет показателя  $NPV$  проводят по следующей формуле [2, 114]:

$$NPV = \sum_{t=1}^n CF_t / (1 + r)^t - \sum_{t=0}^n I_t / (1 + r)^t, \quad (6)$$

где  $CF_t$  — приток чистых денежных средств за период  $t$ ;  $I_t$  — сумма инвестиций в  $t$  — м периоде;  $r$  — барьерная ставка (ставка дисконтирования);  $n$  — суммарное число периодов инвестирования.

$NPV$  показывает чистые доходы или чистые убытки инвестора от помещения денег в проект по сравнению с хранением денег в банке. Если  $NPV > 0$ , то можно считать, что инвестиция приумножит богатство предприятия или инвестора и инвестицию следует осуществлять. Если  $NPV < 0$ , то доходы от инвестиции недостаточно высоки, чтобы компенсировать риск, присущий данному проекту и инвестиционное предложение должно быть отклонено. При оценке эффективности инвестиций в транспортирование торфа,  $NPV$  определяет, имеет ли смысл делать инвестиции в развитие транспортных операций, или выгоднее положить деньги в банк под проценты, и поручить эти операции посреднику.

Внутренняя норма доходности (внутренний коэффициент окупаемости, Internal Rate of Return —  $IRR$ ) — норма прибыли, порожденная инвестицией. Это та норма прибыли (барьерная ставка, ставка дисконтирования), при которой чистая текущая стоимость инвестиций равна нулю, т.е. когда дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Внутренняя норма до-

ходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника [2, 120]:

$$IRR = r, \text{ при котором } NPV = f(r) = 0. \quad (7)$$

Ее значение находят из следующего уравнения:

$$NPV(IRR) = \sum_{t=0}^n CF_t / (1 + IRR)^t - \sum_{t=0}^n I_t / (1 + IRR)^t = 0, \quad (8)$$

где  $CF_t$  — приток денежных средств в период  $t$ ;  $I_t$  — сумма инвестиций (затраты) в  $t$  — ом периоде;  $n$  — суммарное число периодов,  $t = 0, 1, 2, \dots, n$ .

Экономический смысл данного показателя заключается в том, что он показывает ожидаемую норму доходности (рентабельность инвестиций) или максимально допустимый уровень инвестиционных затрат в оцениваемый проект. Показатель  $IRR$  должен быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов  $CC$ :

$$IRR > CC. \quad (9)$$

Если это условие выдерживается, инвестор может принять проект, в противном случае проект должен быть отклонен.

Достоинства этого показателя заключаются в том, что кроме определения уровня рентабельности инвестиций, есть возможность сравнивать проекты разного масштаба и разной длительности. Однако нет возможности определить, сколько денежных средств инвестиция принесет в абсолютных значениях (например, в рублях).

Срок окупаемости инвестиций (Payback Period,  $PP$ ) — это время, в течение которого доходы от инвестиций становятся равны первоначальным вложениям (т.е. период, необходимый для того, чтобы средства, вложенные в проект, полностью вернулись). Вместе с чистой текущей стоимостью  $NPV$  и внутренней нормой доходности  $IRR$ ,  $PP$  используется как инструмент оценки целесообразности и эффективности инвестиций. Этот показатель актуален для стран с неустойчивой финансовой системой, а также для случаев, когда возмещение инвестиционных расходов является первостепенной задачей.

Общая формула для расчета срока окупаемости инвестиций [3, 235]:

$$PP = n, \text{ при котором } \sum_{t=1}^n CF_t > I_0, \quad (10)$$

где  $PP$  — срок окупаемости инвестиций;  $n$  — число этапов инвестиций;  $CF_t$  — приток чистых денежных средств за время  $t$ ;  $I_0$  — величина инвестиций в нулевой период.

В зависимости от поставленной цели, возможно вычисление срока окупаемости инвестиций с различной точностью.

Однако следует отметить, что окупаемость не учитывает временной стоимости денег. Этот показатель позволяет узнать, пренебрегая влиянием дисконтирования, сколько потребуется времени, чтобы инвестиции принесли столько же денежных средств, сколько пришлось вложить.

Каждый из рассмотренных показателей дает достаточно поверхностное представление о происходящих финансово-экономических процессах. Лишь оценивание этих процессов по всем пяти рассмотренным показателям

может дать исчерпывающую и достоверную картину по необходимости, выгоды и полезности инвестиций в транспортные операции, сопряженные с торфяным производством.

*Литература:*

1. Ендовицкий Д.А. Инвестиционный анализ в реальном секторе экономики. — М.: Финансы и статистика, 2003. — 354 с.
2. Кольцова И.В., Рябых Д.А. Практика финансовой диагностики и оценки проектов. — Москва — Санкт-Петербург-Киев: Альт-Инвест, 2007. — 416 с.
3. Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций. — Санкт-Петербург: Питер, 2004. — 464 с.

## 10. АРХИТЕКТУРА

### Провинциальный постконструктивизм на примере иркутских построек архитектора К.В. Миталья

Лисицин В.Г., соискатель

Иркутский государственный технический университет

Архитектурный «постконструктивизм» [1; С. 639] являлся финишным этапом существования стиля «конструктивизм» (1932–1936 гг.). Давая определение «постконструктивизма», можно отметить главный его принцип, — это смешение стилей конструктивизма и классики. Подобное смешение происходило в упрощенной манере: на конструктивистские фасады зданий «накладывались» декоративные элементы классических стилей.

Перелицовка фасадов конструктивистской архитектуры на новый художественный лад охватывает не только столичные города, но с неизбежностью, обусловленной советской системой управления (это касается и архитектуры), доходит до Иркутска. Архитекторы Иркутска, как и архитекторы всего Советского Союза, вынуждены были в «добровольно-принудительном» порядке, применять, навязываемые свыше формы т.н. «истинно советской архитектуры». Движению архитектурной мысли в дискурсе партийной эстетики способствовало открытие в 1935 г. Восточно-Сибирского отделения Союза Советских архитекторов. А обязательное формирование в отделениях Союза Советских архитекторов партийных ячеек [2; С. 4] привнесло требование неперемennого выполнения задачи «овладения марксистско-ленинским диалектическим методом выращивания новых кадров архитекторов».

Одной общей характерной чертой зданий, относящихся к периоду после 1932 года, является наличие классических элементов декора (колонны, пилястры, карнизы, рустовка и др.) которые стали «навешивать» на фасады уже возведенных зданий (т.е. после сдачи объектов в эксплуатацию). При существовавших в тот период темпах строительства в Иркутске, возведение капитальных гражданских зданий растягивалось на три-четыре года. За этот срок конструктивистские здания сильно видоизменялись в сторону столь полюбившейся «в верхах» классике. К примеру, каменные сооружения, запроектированные как конструктивистские и заложенные в 1930-м г., к концу строительства в 1934 г. обрастают соответствующей атрибутикой классических одеяний. Как правило, применялось два варианта постконструктивистского подхода: первый вариант — это когда уже возведенное здание украшалось декором классических стилей, и, второй вариант — в процессе проектирования самой коробки здания по функционально-конструктивистскому

методу детали классического стиля привносились проект в ходе самого проектирования.

На примере творчества иркутского архитектора Казимира Войцеховича Миталья (1877–1938 гг.) [3] можно проследить метаморфозы, происходившие с сооружениями после постановления ВКП (б) «О перестройке литературно-художественных организаций» (1932 г.).



Рис. 1. Здание Курсов марксизма-ленинизма, арх. К.В. Миталь. (фото В. Лисицина, 2009 г.)

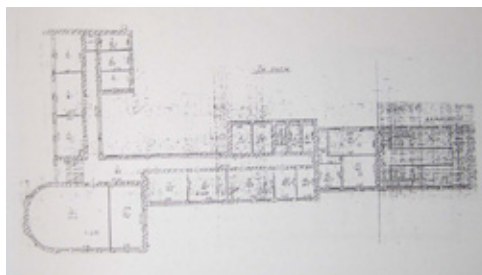


Рис. 2. План 2 этажа Курсов марксизма-ленинизма. (источник: архив ЦСИКН ИО, 1930-е)

Характерными примерами «перерождения» из конструктивистских зданий в постконструктивистские в творчестве К. Миталья являются здание Курсов марксизма-ленинизма (рис. 1), и жилой дом Специалистов по ул. Марата, 25. (рис. 3)

Здание Курсов марксизма-ленинизма расположено между переулком Богданова и корпусом женской гимназии (1878 г.). На рис. 2 четко видно общее объемно-пла-

нировочное решение, основанное на стоечно-балочной системе, что позволяет отнести это здание к стилю конструктивизм. Два сложных параллелепипеда врезаются на углу в основной полуцилиндрический объем. Оконные проемы вытянуты по горизонтали, за счет применения железобетонных балок. Витражи лестничных переходов вытянулись вверх на два этажа. Объемно-пространственная композиция здания Курсов Марксизма-Ленинизма, его общие пропорции и масштаб органично вписаны в общий силуэт исторического ансамбля. Позже, в 1936 году в период постконструктивизма, на фасад были «надеты» классические одежды архитектурных ордоров, причем официально, по этому поводу проводился конкурс, обозначенный как «архитектурное оформление фасада здания».



Рис. 3. Жилой дом Специалистов, арх. К.В. Миталь.  
(фото В. Лисицина, 2009 г.)

Жилой дом Специалистов по ул. Марата (рис. 3), первоначально был построен в стилистике конструктивизма: ровные стены, ризалитовые объемы лестничных клеток, выносные балконы и пр., но, затем, на него также были «надеты» элементы классических ордоров: рустованный низ, разъединяющий этажность — карниз, розетки и др. элементы.

На примерах этих зданий, проектировавшихся в период «расцвета» иркутского конструктивизма, можно проследить «стандартную» судьбу сооружений относящихся к этому переходному периоду. Классические элементы декора стали «навешиваться» уже после 1932 г., т.е. уже после сдачи объектов в эксплуатацию. «Украшение» фасадов велось, исходя из распространяемых в этот период творческих установок на освоение наследия классики, которая являлась, как утверждал иркутский архитектор Б.М. Кербель: «В духе новых формально-художественных веяний, источником появления подлинных произведений настоящего советского архитектурного искусства [4; С. 4]».

При этом не все конструктивистские здания «переодевались» в классические одежды. Часть из них осталось в первозданном виде, например гостиница «Центральная» (рис. 4) (ныне — «Сибирь») (автор проекта К. Миталь). Главной причиной отсутствия перелицовки некоторой части конструктивистских зданий являются, на наш взгляд, медленные темпы строительства, в целом, по отрасли, не поспевавшие за стремительно растущими потребностями

в капитальном жилье. [5; С. 16] Таким образом, в условиях острейшего дефицита жилья, практически воплотить «высокую эстетику» классического наследия, физически не всегда могли и далеко не всегда успевали.



Рис. 4. Гостиница «Сибирь» (Центральная),  
арх. К. Миталь (фото В. Лисицин, 2010 г.)

Как же происходили эти изменения, что влияло на следование архитекторами того или иного стиля? До 1935 года, (это год образования регионального Союза советских архитекторов), для провинциальных архитекторов основным источником информации о новациях в архитектурной отрасли европейской части страны и в мире, были специализированные столичные журналы. В них публиковались, главным образом, архитектурные проекты зданий и генпланы соцгородов, отражалась проблематика урбанизма и дезурбанизма, излагались перспективные модели развивающегося города, велись дискуссии о социалистическом расселении, технических проблемах строительства и проектирования зданий новых типов, рожденных новыми социальными отношениями, а также излагались теоретические представления о формообразовании архитектурного конструктивизма.

Иркутские архитекторы чутко следили за теми новыми изменениями, которые происходили в сфере архитектурного стилеобразования, стремясь соответствовать новому творческому духу нового политического строя — они хотели быть востребованными новой властью. Основным источником официальной информации была местная пресса, в частности, краевая газета «Восточно-Сибирская правда». В ней, в обязательном порядке, дублировались основные указы, постановления, распоряжения ранее опубликованные в центральных газетах и, в частности, в газете «Правда». Поэтому, если какие-то распоряжения партии и правительства не попадали на страницы периодической печати, то они, как следствие, оказывались недоступными для профессионального сознания провинциальных архитекторов.

Постконструктивистские постройки, сохранившиеся до сего дня в Иркутске, это, по сути, закамуфлированные внешним декором классических стилей здания конструктивизма. Сейчас сложно определить, каким образом были внесены элементы ордерных стилей: в процессе разработки проекта или уже после окончания строительства, т.к. проектная документация по этим объектам на сегодняшний день не сохранилась.



Перелицовка фасадов конструктивистской архитектуры на новый художественный лад охватывает не только столичные города, но и с неизбежностью, обусловленной советской системой управления (в том числе и архитектурной деятельностью), доходит до Иркутска. Те архитекторы, которые в начале своей карьеры проектировали конструктивистские постройки, теперь вынуждены

менять свои художественно-образные воззрения и перерабатывать свои собственные проекты. В период с 1932 по 1936 гг., фасады зданий, ранее построенные в конструктивистском стиле, уже повсеместно начинают «переодевать» в соответствующие «одежды» классических стилей, что имитирует политически корректный сталинский неоклассицизм в архитектуре.

#### Литература:

1. Хан-Магомедов С.О. Архитектура советского авангарда. Кн. 1: Проблемы формообразования. Мастера и течения [Текст] / Хан-Магомедов С.О. — М.: Стройиздат, 1996. — 709 с.
2. Архитектуру — на службу социализма: Выдержки из беседы архитекторов города Иркутска с председателем Крайисполкома тов. Пахомовым Я.З. [Текст] // Восточно-Сибирская правда. 1935. № 89. — 4 с.
3. Лисицин В.Г. Архитектура конструктивизма в Иркутске в контексте исторических событий (на примере творчества архитектора К.В. Миталья) [Текст]: дис. магис.: 521700 «Архитектура»: защищена 26.01.11 / Лисицин Василий Геннадьевич. — И., 2011. — 85 с. — Библиогр. С. 85–89. — 27030068
4. Кербель Б.М. Архитектура города Иркутска [Текст] // Восточно-Сибирская правда 1936. № 69. — 4 с.
5. ГАИО. Ф. р-504. Оп. 5. Ед. хр. 145.

## «Беспредметные элементы» в архитектурном формообразовании

### Якова Чернихова

Лисицина Я.Ю., магистр, соискатель

Иркутский государственный технический университет

Архитектор-художник Яков Георгиевич Черников (1889–1951 гг.) оставил, помимо огромного наследия в виде оригинальных архитектурных композиций, неповторимый авторский педагогический метод, в основе которого лежит развитие творческого пространственного мышления при помощи комбинаторики «беспредметных элементов». Метод Чернихова выделяется среди множества авангардистских учений, концепций, манифестов творчества тем, что материализован в серии опубликованных трудов, фиксирующих результаты его художественно-пропедевтического творчества. Труды Чернихова — это не просто удивительные книги эпохи авангарда, выражающие интеллектуальный и эмоциональный настрой автора, но и педагогический труд, призванный обучать графике и архитектуре по уникальному методу «творческого сочинительства», в основе которого лежит оперирование беспредметными элементами. Черников нельзя назвать апологетом какого-либо из конкретных авангардных течений 1920–1930-х гг. Обладая великолепным разносторонним образованием (он учился и окончил в Академии Художеств различные факультеты и курсы: живописный, педагогический, архитектурный), и имея обширную педагогическую практику, он, отталкиваясь от орнаментального построения, и, принимая во внимание все достижения т.н. «левых течений», разработал уникальную систему обучения начертательной графике, которая, в дальнейшем, трансформировалась в

личный метод архитектурного формообразования. Эволюцию теоретической части этого метода и сопровождающего ее иллюстративного материала можно проследить по опубликованным книгам Я. Чернихова, таким, как: «Искусство начертания» (1927 г.), «Основы современной архитектуры» (1-я редакция — 1930 г., 2-я — 1931 г.), «Орнамент. Композиционно-графические построения» (1930), «Конструкция архитектурных и машинных форм» (1931), «Архитектурные фантазии. 101 композиция» (1933). Можно утверждать, что авторский метод Я. Чернихова — это единая, сложно развивающаяся структура, эволюция и трансформация которой хорошо прослеживается по его книгам, которые последовательно и логично раскрывают различные аспекты и пласты подхода автора к архитектурной композиции. Суть метода в том, что при помощи комбинаторных беспредметных элементов, создаются абсолютно конкретные архитектурные формы. Черников, для достижения такого результата, считал важным именно преобразование воображения над натурой, поэтому предлагал сочинять, а не заниматься копированием. Яков Георгиевич полагал, что следует избавить учащегося от каких-либо условностей для развития «творческих особенностей», которые, по его мнению, заложены в каждом человеке: «Выявление творческих способностей человека — задача очень тонкая, трудная. Но если мы сумеем хорошо подойти, тогда убедимся, что научиться графиче-

чески выражать свои представления можно так же легко, как научиться читать и писать.» [1, с. 15] В основе черниховского метода лежит доминирование установки на воображение, фантазию. Работы над «натурой» нет в принципе, потому что Яков Георгиевич считал, что нужно избавляться от каких-либо условностей с целью развития «творческих особенностей», которые заложены в каждом человеке. Одним из важнейших способов «обучения, изучения и проработки вопросов архитектуры», по его мнению, является «построение представлений» [2, с. 7]. Эти построения Черников предлагает осуществлять при помощи комбинирования, так называемых, «беспредметных элементов». Термин «беспредметность» он объясняет отличием подобных элементов от предметов, имеющих применение в практике (в жизни). При взаимодействии между собой, беспредметные элементы дают множество вариантов архитектурного формообразования. Черников низводит фигуры, которые составляют здание, до элементарных частиц, буквально расчленяя на составляющие, чтобы потом, с их помощью, создать новые вариации формы. Любую черниковскую композицию можно разбить на образующие ее геометрические формы. Яков Георгиевич опирается на то, что точные науки (математика, геометрия, механика) так же оперируют «отвлеченностями» (беспредметностями). Черников вводит понятие «впечатление» здания, подразумевая, что определенный набор из беспредметных элементов ассоциативно воспринимается как то или иное сооружение. Если представить, что черниковское архитектурное формообразование — это некий текст, то средством для написания такого текста являются именно «беспредметные» элементы. Сооружение можно создать, например, только при помощи параллелепипедов, или цилиндров, или линий. Это позволяет развить образно-пространственное мышление у учащегося, не сковывая его воображение и стремление к фантазированию, потому что именно беспредметные элементы дают огромное количество новых форм при поиске и построении архитектурных образов. Список комбинаторных средств, которые участвуют в построении архитектурных объектов, обширен. Выявление полного состава беспредметных элементов является отдельной и очень непростой задачей, без которой невозможно уяснить существо метода архитектурного формообразования Я. Чернихова. Задача систематизации беспредметных элементов осложнена тем, что сам Яков Георгиевич предъясняет нам свои представления о составе и взаимосвязи беспредметных элементов — этих «монад» его творческого метода, довольно путано. Это вполне объяснимо — его метод, изложенный печатных трудах, постоянно развивался и усложнялся. И также непрерывно сам Яков Георгиевич уяснял для себя все новые и новые нюансы и структурировал свои представления. К сожалению, он не возвращался каждый раз к переосмыслению начальных представлений, высказанных им в предыдущих книгах, не уточнял, не «исправлял» их, а просто излагал свои новые

соображения. В итоге, накопилось немало противоречий, незаполненные смысловых или образных лакун, визуальный материал несколько расстыковывается с текстовым (порой отсутствуют иллюстрации под конкретные определения и упоминания, а, подчас, наоборот, — есть иллюстрации, но нет описаний под ними).

В своих трудах Я. Черников два раза свел беспредметные элементы в систематический вид: в «Основах современной архитектуры» в главе «Понятие о беспредметности и элементах беспредметности» (12 элементов). А также во втором разделе в книге «Основы современной архитектуры», где Черников распределяет беспредметные элементы по трем разделам: композициям линейного порядка, плоскостным композициям и пространственно-конструктивным задачам. [2, с. 26–31]

Множественные указания на беспредметные элементы рассыпаны Черниковым и по другим источникам, например, в книге «Искусство начертания». Также мы встречаем перечисление «различных образных элементов» [2, с. 33], которые представляют собой локально упорядоченные группы, но в единую систему не сведены. Краткий список беспредметных элементов Я. Черников приводит и в «Конструкции архитектурных и машинных форм». Так, в разделе № 2 «Изучение конструктивизма» (глава 11 «Конструктивные фантазии»), перечислены: линия (прямая, кривая), плоскости, поверхности, тела (объемы). [3, с. 138] Кроме того, в этом труде также встречаются и другие перечисления беспредметных элементов, распределенных: по плоскостным конфигурациям, пространственным сочетаниям плоскостей, по поверхностям вращения и по объемам.

Таким образом, Я. Черников назвал 12 беспредметных элементов в «Основах современной архитектуры», дополнительно еще 5 элементов в разделах, посвященных линейным, плоскостным и пространственно-конструктивным композициям и 10 элементов в главе «Гармония объема» в «Основах современной архитектуры». Также, в его трудах, встречается значительное количество разрозненных указаний на другие беспредметные элементы. Задача сведения всего множества беспредметных элементов и принципов оперирования с ними в единую систематическую таблицу, на фоне этой массы упоминаний (часто, весьма тщательно упорядоченных, а порой даже не соотнесенных друг с другом), приобретает особую остроту и сложность. Но без ее решения невозможно понять «механику» процесса архитектурного формообразования по методу Якова Георгиевича Чернихова. Поэтому мы сочли необходимым, на основе изучения всех опубликованных трудов Я. Чернихова, свести все беспредметные элементы к одному списку. Все беспредметные элементы распределены в нем по четырем группам: «линии», «плоскости», «поверхности», «объемы» соответственно тому, как они применяются в трех разновидностях черниковских композиций: линейных, плоскостных и пространственно-конструктивных.



**I. Линейные**

1. Прямые: ломаные, смешанные<sup>1</sup>. 2. Кривые

**II. Плоскостные**

1. Правильные фигуры: плоскость, ограниченная правильной фигурой прямолинейного характера: прямолинейное очертание фигур с прямыми углами (квадрат, прямоугольник); прямолинейное очертание фигур с разными углами (треугольник). Плоскость, ограниченная правильной фигурой криволинейного характера: круг.

2. Неправильные фигуры: плоскость, ограниченная неправильной фигурой прямолинейного характера (неправильный четырехугольник, ломаные плоскости, многоугольники), сложные криволинейные плоскости

**III. Пространственно-конструктивные**

1. **Пространственные сочетания плоскостей:** прямоугольно-правильные (ломаные пространственные плоскости, прямоугольно-конструктивные); овальные или круглые (овально-конструктивные); *многоугольно-прямолинейные плоскости*<sup>2</sup>; *плоскости неопределенной формы*

2. **Поверхности:** поверхности вращения правильных тел (цилиндрические, конические, шарообразные); неправильные поверхности вращения (сложные поверхности); поверхности сложно-изгибающиеся (спиралеобразные, винтообразные, двоякоизогнутые, сложноизогнутые)

3. **Объемы (тела):** правильные тела вращения (цилиндр, шар, конус, *эллипсоид*); правильные тела

прямолинейного очертания (параллелепипед, призма, пирамида, пластины, *бруски*, кубы); сложные прямолинейные объемы; неправильные тела; криволинейные тела (спираль пространственного характера (винт), кривые вращения различных порядков, комбинация различных криволинейных объемов); изгибающиеся тела (сложные изгибающиеся тела).

В результате осуществленного нами изучения всех опубликованных материалов, относящихся к методу формообразования Якова Чернихова, нам удалось обобщить все беспредметные элементы. Этих элементов мы насчитали — 41. В зависимости от способа их употребления в процессе архитектурного формообразования, они сгруппированы нами по трем композиционным типам, 7 группам, разбиты, в общей сложности, на 19 видов. Определения, иллюстрации, краткие характеристики беспредметных элементов, разбросанные по разным источникам, упорядочены нами таким образом, что каждому из элементов подобрано свое место среди других элементов (в том числе, и в тех случаях, когда отсутствуют указания самого Якова Георгиевича). Нам представляется это важным этапом исследования, в виду того, что беспредметные элементы являются фундаментальной составляющей метода архитектурного формообразования Я. Чернихова, и сведение их в общий список является особо важной задачей для осуществления дальнейшего исследования комбинаторных вариаций этого мастера авангарда.

**Литература:**

1. Черников Я.Г. Искусство начертания [Текст] / Я.Г. Черников. — Л.: Книгоиздательство Академии Художеств, 1927. — 79 с.
2. Черников Я.Г. Основы современной архитектуры [Текст] / Я.Г. Черников. — Л.: Издание Ленинградского общества архитекторов, 1930. — 126 с.
3. Черников Я.Г. Конструкция архитектурных и машинных форм [Текст] / Я.Г. Черников.. — репринт. изд. — М.: Аватар, 2008. — 272 с.

<sup>1</sup> Смешанные линии получаются в результате взаимодействия как прямых линий с прямыми, так и прямых с кривыми.

<sup>2</sup> Следует отметить, что у Чернихова, в ряде случаев, есть указания на беспредметные элементы, но нет текстовых определений этой формы, либо отсутствует иллюстрация. Эти элементы в нашей таблице мы отмечаем курсивом. Надеемся, что, в дальнейшем, будет проведена специальная исследовательская и учебно-методическая работа, и эти элементы будут проработаны.

## 11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

### Программирование урожаев хлопчатника на основе расчетных норм минеральных удобрений

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель САО имени С. Розметова

*Use of exact sowing of a cotton in the conditions of the meadow salted soils of the Dashoguzsky zone claps manufacture promotes economy of sowing seeds, irrespective of a way of their preparation to 3 and more times, in comparison with ordinary way of sowing. Results of researches on effective way of preseeding preparation of seeds and technologies of sowing of a cotton in the conditions of meadow soils of the bottom current of Amu-Dari are introduced in Dashoguzsky area on the area of 60 thousand in hectare.*

**Key words:** мульчирование, рост и развитие хлопчатника в аридной зоне.

В повышении урожайности хлопчатника немаловажную роль играют посевные качества семян и способы их подготовки к севу.

При оценке посевных достоинств семян того или иного способа подготовки, наряду с показателями энергии прорастания и лабораторной всхожести, большое значение имеет характеристика их по способности набухать. Это особенно важно при точном севе, когда семена высевается сухими. При изучении скорости набухания семян хлопчатника установлено, что поступление воды в них тесно связано со степенью оголения.

В настоящее время широко распространенными способами делинтерования семян являются химический и механический. Химическое делинтерование производится парами неорганических кислот: азотной, серной и соляной. Однако вследствие большого расхода кислоты (200г на 1кг семян), выделения при обработке ядовитых окислов и сильного разрушаемого действия кислотой технологического оборудования этот способ подготовки семян не вышел за рамки эксперимента.

Семена, делинтированные аэрохимическим способом, проходят калибровально — сортировальную машину КСМ — 1.5, которая отбирает посевную фракцию (около 70% всех семян). Откалиброванные и отсортированные семена поступают в дражировальную машину 20СХ, в которой они покрываются прилипателем и обкатываются защитными от корневой гнили препаратами — фунгицидами. Наибольшее применение аэрохимический способ делентирования семян нашел в хлопководстве Узбекистане.

Делинтерование механическим способом впервые применяли за рубежом с целью получения с технических семян делинта, как сырья для целлюлозной промышленности. Вследствие неудовлетворительных результатов поиски механического способа делинтерования посевных хлопковых семян были надолго прекращены.

Машина СОМ-4 прошла начальные опытные и производственные испытания, в результате которых было установлено, что по сравнению с предшествующими машинами она дает более удовлетворительные показатели, как по эксплуатационным качествам, так и по требованиям, предъявляемым и делинтированным семенам при севе их заданным числом сеялки точного высева.

Поиски усовершенствования химического оголения и механического делинтерования, улучшения защиты оголенных семян от корневой глины, гомоза и других неблагоприятных факторов практически не останавливались.

Параллельно с конструированием установок по делентированию проводились разработки улучшения посевных качеств оголенных и опущенных семян путем их покрытия различными материалами. Обеспечение высокой полевой всхожести семян еще не гарантирует получение высокой урожайности хлопчатника. Не меньшее, скорее большее значение имеет правильный выбор сорта для конкретных условий выращивания, тем более, что жизнь не стоит на месте и постоянно появляются новые сорта.

Они часто превосходят своих предшественников по урожайности, устойчивости к болезням, соответствию конкретной зоне страны и другим показателям. В связи с этим нами проведено сортоиспытание целой серии новых сортов хлопчатника.

Исследования проведены согласно тематическому плану СоюзНИХИ на 1984—1986 гг. Полевые эксперименты ежегодно проверялись апробационной комиссией ТНИИЗ и СоюзНИХИ. По материалам экспериментов ежегодно составлялись научные отчеты.

На основании многолетних экспериментальных данных научно обоснованы технология точного сева «заданным» числом дражированных и капсулированных семян и обработанных препаратом «Супир» с послепосевным мульчированием поверхности почвы ленточным способом на-

возом — сырцом, с наименьшими затратами посевного материала, средств труда на прореживание всходов в условиях засоленных луговых почв нижнего течения Аму-дарьи. Изучены динамика появления всходов, закономерность роста и развития, обрезывание сухой массы, продуктивность хлопчатника и технологические свойства хлопкового волокна в зависимости от способов подготовки семян, технологии сева и мульчирования почвы. Использование точного сева хлопчатника в условиях луговых засоленных почв Дашогузской зоны хлопкосеяния способствует экономии посевных семян, независимо от способа их подготовки до 3 и более раз, по сравнению с рядовым способом сева. Результаты исследований по эф-

фективным способом предпосевной подготовки семян и технологии сева хлопчатника в условиях луговых почв нижнего течения Аму-Дарьи внедрены в Дашогузский велаят на площади 60 тыс.га [1,2,3].

По результатам многолетних исследований разработаны и научно обоснованы удовлетворявшие условиям сева, позволяющие получать полноценные ранние всходы, уменьшающие затраты семян и ручного труда на прореживания всходов, способствующие увеличению хлопка — сырца с лучшими технологическими свойствами волокна. Производству предложены конкретные оптимальные способы подготовки семян и технология их сева.

#### Литература:

1. Розметов, К.С. Точный сев хлопчатника // Сельское хозяйство Туркменистана. 1987. №11. с. 19—20.
2. Розметов, К.С. Мульчирование // Агропромышленный комплекс Туркменистана. 1988. №4
3. Розметов, К.С. Дражирование семян эффективный способ получения дружных всходов хлопчатника // Информационный листок ТуркменНИНТИ, 1987. №229

## Агротехнические приемы повышения урожайности хлопчатника в орошаемых условиях Туркменистана

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель САО имени С. Розметова

*On result of long-term researches zones satisfying to conditions ways of preparation of seeds, optimum technology of the sowing are developed and scientifically proved, allowing to receive the high-grade early shoots reducing expenses of seeds and manual skills on of shoots, promoting clap increase — a raw with the best technological properties of a fibre. Concrete optimum ways of preparation of seeds and technology of their sowing are offered manufacture.*

**Key words:** *мульчирование, рост и развитие хлопчатника в аридной зоне.*

Обеспечение продовольственной безопасности страны считается одним из важнейших условий сохранения суверенитета, экономического развития и социальной стабильности государства. Продовольственную безопасность можно обеспечить как путем увеличения производства продовольственной продукции, так и расширения производства экспортонправленных товаров, реализация которых на внешнем рынке гарантирует импорт продуктов питания. Исходя из такой стратегии, достижение продовольственной безопасности Туркменистана тесно связано с увеличением производства как зерновых культур, так и хлопчатника — важнейших стратегических культур.

Агротехника, система приемов возделывания сельскохозяйственных культур, технология растениеводства. Включает: севообороты, обработку почвы, внесение удобрений, подготовку семян к посеву и посев [3]. Норма расхода семян в республиках хлопковой зоны составляет, как правило, 120—130 кг/га. На прореживание посевов затрачивается в год 1,5—1,8 млн.чел.-дней. К тому же по времени оно совпадает с другой важной и трудоемкой работой — выкормкой тутового шелкопряда. Поэтому

многие хозяйства прореживание проводят с опозданием, что отрицательно влияет на развитие растений, следовательно, урожай.

Результаты исследований научных учреждений и практика передовых хлопкосеющих хозяйств показали, что прореживание может быть исключено только при коренном изменении технологии сева хлопчатника — проведения сева ограниченным, «заданным» числом семян сеялками точного высева. Используемый в настоящее время довольно широко в условиях производства частогнездовой способ уменьшает норму высева семян до 50—60 кг/га, сокращает затраты труда на прореживание на 40—50%, но не исключает этот процесс. Рыхлые материалы, содержащие грубое органическое вещество, являются хорошими изоляторами; они способствуют сохранению почвы в том состоянии, в котором она находилась в момент мульчирования. Поэтому покрывать почву такими материалами нужно тогда, когда она теплая и влажная, то есть наиболее пригодна для активного роста растений.

Мульчирование уменьшает испарение влаги, защищает почву от размывания и корни растений от подмер-

зания в бесснежные зимы, способствуя сохранению и улучшению структуры почвы, предупреждает образование почвенной корки, ослабляет суточное колебание температуры, угнетает прорастание сорняков, усиливает в почве микробиологические процессы, улучшающие питание растений. Кроме вышеперечисленных существуют и другие мульчирующие материалы органического происхождения: навозы, льнокостра, отходы шерсти, бумага и т.д. Все это можно использовать на приусадебном участке. Только надо внимательно следить за тем, чтобы в почву не попадали вместе с мульчей вредные вещества, к примеру, нельзя брать опавшие листья с придорожных полос.

В зоне хлопкосеяния, вследствие проходящих в послепосевной период ливневых дождей, на полях образуется мощная почвенная корка, значительно затрудняющая появления полноценных всходов. В целях предотвращения ее образования предлагались различные способы мульчирования поверхности почвы, среды которых наибольшее распространение получили ленточный способ обработки отходами нефтяной промышленности, лигнином и навозом-сыпцом. Исследования по эффективности мульчирования проводились в основном в условиях Узбекистана.

В связи со сказанным вполне актуальной явилась проблема изучения эффективности точного сева в зависимости от способа предпосевной подготовки семян хлопчатника и мульчирования применительно к одной из старейших и крупнейших областей хлопкосеяния Туркмении — Дашогузской зоне гидроморфных засоленных почв.

Цель исследования явилась, разработать научно обоснованные технологии сева хлопчатника семенами различного способа подготовки, способствующие экономии посевного материала, ускорению появления всходов, снижению расходов на прореживание и повышению урожая хлопка-сырца.

На основании многолетних экспериментальных данных научно обоснованная технология точного сева «заданным» числом дражированных и капсулированных семян и обра-

ботанных препаратом «Супир» с послепосевным мульчированием поверхности почвы ленточным способом навозом-сыпцом, с наименьшими затратами посевного материала [1], средств труда на прореживание всходов в условиях засоленных луговых почв нижнего течения Амударьи (Дашогузской зоны хлопкосеяния Туркмении). Изучены динамика появления всходов, закономерность роста и развития, образование сухой массы, продуктивность хлопчатника и технологические свойства хлопкового волокна в зависимости от способов подготовки семян, технологии сева и мульчирования почвы.

Независимо от способов подготовки семян мульчирование поверхности навозом-сыпцом в норме 2,5 т/га способствовало усилению темпов появления всходов в начальный период на 0,2–6,4%, а в конце наблюдений — на 1,5–2,2%, а также увеличению количества взойдящих растений в гнездах в начальный период их появления на 1,1–15,3%, а в конце на 2,7–3,3%. Применение мульчирования почвы навозом-сыпцом способствовало увеличению влажности почвы в зоне расположения семян на 1,5–2,9% или на 8,5–13,1% от ППВ. Этот же прием оказал положительное влияние на снижение мощности почвенной корки на 8,6–32,6 г., а ее толщины на 5,2–9,1 мм, или на 57,6–67,3%, по сравнению с необработанными вариантами.

В конечном итоге мульчирование заметно стимулировало рост и развитие растений, способствовало повышению урожая хлопка-сырца на 1,7–3,9 ц/га, увеличению выхода волокна на 0,2–0,7%, а его массы на 0,7–1,0 ц/га в среднем за 3 года проведения опытов.

По результатам многолетних исследований разработаны и научно обоснованы удовлетворявшие условиям зоны способы подготовки семян, оптимальная технология сева, позволяющие получать полноценные ранние всходы, уменьшающие затраты семян и ручного труда на прореживания всходов, способствующие увеличению хлопка — сырца с лучшими технологическими свойствами волокна. Производству предложены конкретные оптимальные способы подготовки семян и технология их сева [2].

#### Литература:

1. Мухин, В.Д. Дражирование семян сельскохозяйственных культур. М.: Колос, — 1971.-96 с.
2. Розметов, К.С. Мульчирование //Агропромышленный комплекс Туркменистана. 1988. №4.
3. Соловьев, В.П., Ибрагимов, Ш.И. Получение высококачественных и однородных семян хлопчатника для точного посева//Сельское хозяйство Узбекистана, №8.-Ташкент. — 1962. — с. 68–69.

## Получение высококачественных и однородных семян хлопчатника для точного высева

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель CAO имени С. Розметова

*Use of exact sowing of a cotton in the conditions of the meadow salted soils of the Dashoguz zone promotes economy of sowing seeds, irrespective of a way of their preparation to 3 and more times, in comparison with ordinary way of sowing. Results of researches on effective way of preceding preparation of seeds and technologies of sowing of a cotton in the conditions of meadow soils of the bottom current of Amu-Dari are introduced in Dashoguz area on the area of 60 thousand in hectare.*

**Key words:** точный сев хлопчатника, рост и развитие хлопчатника в аридной зоне.

Огромную роль играет селекция и семеноводство, но на практике в интенсивном хлопководстве успех дела обеспечивает и качественно выполненные подготовка семян, почвы и посев [1].

Раньше особое внимание уделялось севообороту для развития системы агротехнических мер по выращиванию хлопка. В большинстве хлопководческих хозяйств использовалась система специальных севооборотов. В таких хозяйствах был принят ротационный план севооборота, согласно которому 70% посевной площади составлял хлопок, а 30% люцерна — ценное азотофиксирующее растение. С одной стороны, такая система севооборота обеспечивала животноводческую отрасль качественным кормом, с другой стороны, она позволяла сохранить плодородность почвы биологическим путем.

После реструктуризации больших хозяйств использование таких севооборотов стало невозможно, и возникла потребность в использовании коротких севооборотов. Но до сих пор такие севообороты не используются.

Вместе с тем за последние годы исследование состава земли и составление карты земли сельскохозяйственных полей не проводятся, из-за чего невозможно получить точную информацию об уровне плодородности почвы. Последовательный сев хлопка в одном поле в течение долгих лет стал причиной появления и распространения болезней и вредителей.

Неширокое распространение новых сортов хлопка в производстве, которые имеют высокую урожайность и устойчивы к болезням и вредителям, имеют качественное волокно и которые приспособлены к климату страны, является причиной уменьшения урожайности этой культуры. Разведение семян хлопка, особенно тонковолокнистого хлопка, сильно снизилось [2]. Слабая связь между начальным разведением семян культуры и хлопководческими хозяйствами, несовершенство производства семян и защиты сортов не позволяют удовлетворить потребность на семена. В результате в хлопковых полях можно встретить смесь разных сортов, которая имеет негативное воздействие на урожайность и качество волокна.

Большинство специализированных семеноводческих хозяйств не в состоянии разводить семена, которые отвечают стандартам. Хлопкоочистительные предприятия

не заинтересованы в качестве семян хлопка, и они стараются больше производить масло и получить больше чистой прибыли. Отсутствие специальных условий для обнаживания и очистки семян хлопка, а также нехватка сеялок не позволяют сеять хлопковое семя в определенной норме и использовать часть запасенных семян для производства масла.

За счет этих приемов можно не только повысить всхожесть семян и на этой основе уменьшить посевные нормы, но и поднять урожайность и улучшить качество получаемой продукции [1].

Вследствие неудовлетворительных результатов поиска механического способа делинтерования посевных хлопковых семян были надолго прекращены. В 1960 г. в институте ядерной физики АН УзССР (Арифов и др. 1962) была изготовлена трехсекционная делинтная (семяоглительная) машина марки 3-СОМ. Предварительные испытания показали, что она может полностью делинтеровать семена при незначительном повреждении. Однако в первом конструктивном оформлении машина не удовлетворяла требованиям производства (повышенная повреждаемость семян, малая производительность, высокая энергоемкость и др.). ГСКБ по хлопкоочистке, сохранив принцип отделения семян делинта, принятый в машине СОМ-3, разработала и изготовила машину марки СОМ-4 (Сапон 1961).

Машина СОМ-4 прошла начальные опытные и производственные испытания, в результате которых было установлено, что по сравнению с предшествующими машинами она дает более удовлетворительные показатели, как по эксплуатационным качествам, так и по требованиям, предъявляемым и делинтерованным семенам при севе их заданным числом сеялки точного высева. Поиски усовершенствования химического оголения и механического делинтерования, улучшения защиты оголенных семян от корневой глины, гомоза и других неблагоприятных факторов практически не останавливались. Параллельно с конструированием установок по делинтированию проводились разработки улучшения посевных качеств оголенных и опущенных семян путем их покрытия различными материалами.

Обеспечение высокой полевой всхожести семян еще не гарантирует получение высокой урожайности хлоп-



чатника. Не меньшее, скорее большее значение имеет правильный выбор сорта для конкретных условий выращивания, тем более, что жизнь не стоит на месте и постоянно появляются новые сорта. Они часто превосходят своих предшественников по урожайности, устойчивости к болезням, соответствию конкретной зоне страны и другим показателям. В связи с этим нами проведено сортоиспытание целой серии новых сортов хлопчатника. Исследования проведены согласно тематическому плану СоюзНИХИ на 1984–1986 гг. Полевые эксперименты ежегодно проверялись апробационной комиссией

ТНИИЗ и СоюзНИХИ. По материалам экспериментов ежегодно составлялись научные отчеты.

Использование точного сева хлопчатника в условиях луговых засоленных почв Дашогузской зоны хлопководства способствует экономии посевных семян, независимо от способа их подготовки до 3 и более раз, по сравнению с рядовым способом сева. Результаты исследований по эффективному способу предпосевной подготовки семян и технологии сева хлопчатника в условиях луговых почв нижнего течения Аму-Дарьи внедрены в Дашогузский велаят на площади 60 тыс.га [2].

#### *Литература:*

1. Джамбетов, А.М. Обоснование и разработка элементов технологии выращивания лука репчатого в условиях Чеченской Республики. диссертации: кандидат сельскохозяйственных наук. 2008, М.с. 152
2. Розметов, К.С. Точный сев хлопчатника // Сельское хозяйство Туркменистана. 1987. №11. с. 19–20.

## **Рост, развитие и урожайность хлопчатника**

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель САО имени С. Розметова

*On result of long-term researches zones satisfying to conditions ways of preparation of seeds, optimum technology of the sowing are developed and scientifically proved, allowing to receive the high-grade early shoots reducing expenses of seeds and manual skills on reductions of shoots, promoting clasp increase — a raw with the best technological properties of a fibre. Concrete optimum ways of preparation of seeds and technology of their sowing are offered manufacture.*

**Key words:** *точный сев, рост и развитие хлопчатника в аридной зоне.*

**Х**лопчатник — это главная культура, на выращивание которого используется большая часть имеющихся средств сельскохозяйственного производства и финансов. Хлопок-сырец составляет основную часть объема экспортной продукции и от его реализации поступает большой доход в экономику страны [1]. Существует комплекс факторов, сдерживающих дальнейший рост урожайности культур и повышения производства продукции. В настоящее время доказано, что первичное образование органических соединений происходит при непосредственном участии фосфатов. Это становится возможным благодаря исключительно важной особенности фосфорной кислоты — способности фосфорных деривантов образовывать химические связи, которые являются носителями значительных количеств энергии в легко мобилизуемой форме. Важное место среди этих соединений занимает АТФ, которой принадлежит огромная роль в химизме и энергетике клетки (Курганов А.Л., 1960). Фитогормоны — важнейшие представители эндогенных регуляторов роста. Отличительные черты этих физиологически активных веществ — способность действовать в очень малых дозах, вызывая существенные и характерные морфофизиологические изменения у растений. Важнейший признак фитогормонов — способность к передвижению по растению.

Главные требования, предъявляемые к регуляторам роста в наше время, это повышение урожайности не менее чем на 10%, в идеале на 25...55%; продолжительным периодом применения и низкими затратами труда; удобным использованием; возможностью комбинации с другими химикалиями; универсальностью, проявляющейся в возможности его применения на ряде культур; низкой стоимостью; нетоксичностью (т.е. минимальным воздействием на генетику растений и на окружающую среду; улучшение товарного вида и качества продукции, а также ее сохранности (Рябченко И.К. и др., 1985).

Важнейшее направление сельскохозяйственной биотехнологии в СНГ — применение физиологически активных соединений в растениеводстве. Необходимость внедрения в сельское хозяйство нетрадиционных технологий, которые бы позволили поднять на новый уровень производство продовольствия, ощущается все с большей остротой (Муромцев Г.С., 1986; Блиновский И.К., 1990). При расходе препаратов всего 1...25 мг на гектар повышается энергия прорастания семян, улучшается развитие всходов, что обеспечивает существенную прибавку урожая. Важно отметить, что стимулирующее действие фузикоцина более четко проявляется в неблагоприятных условиях среды (повышенные или пониженные температуры, переувлажнение, засоление).



Опыты проводились в Дашогузского велаята этрапа имени С. Ниязова САО имени С. Розметова. Почва опытного участка — староорошаемая луговая, среднесуглинистая, средnezасоленная. Опыт был заложен в 4-х кратной повторности. Площадь каждой делянки — 360 кв. метров. Сорт хлопчатника Кзыл-Рават. Сеяли хлопковой сеялки СХУ-4. Точный сев проводили по схеме 90x12x4 с оставлением после проверки одного растения в каждом гнезде. В первом варианте проводился рядовой сев опущенными семенами заводской подготовки, во втором — точный сев механически оголенными семенами, в третьем — точный сев дражированными семенами (см. табл.). как видно из данных таблицы, при точном севе более чем в два раза сокращается расход семян. Так, при рядовом севе расход семян составляет 100 кг/га, в то время как при точном — 34–46 кг/га.

По проценту полевой всхожести опытные варианты почти не уступали контролю. Вместе с тем следует отметить, что заднее три года наблюдений наибольшая полевая всхожесть была на вариантах сева дражированными семенами — 60,3 процента.

Различие между 2-м и 3-м вариантами особенно сильно проявляется по количеству полноценных гнезд с 1–2 растениями составляло 86,5% от общего количества, напротив, при севе дражированными семенами оно возросло до 92,6%. Соответственно число пустых гнезд составило 13,5 и 7,4%. В среднем на каждое гнездо приходилось 1,9 растения при севе оголенными семенами и 2,6 растения — дражированными. В целом густота всходов при сплошном рядовом севе составила 520 тыс. Растений на гектар, присеве оголенными семенами — 180,2 и дражированными — 233,1 тыс. Отсюда видно, что затраты труда на прореживание рядовых посевов превышают в 4–5 раз затраты труда на проверку всходов при точном севе. К концу вегетации фактическая густота после прореживания на контроле составила 98,9, во втором варианте — 89,9 и в третьем — 95,7 тыс./га [2,3]. Основное преимущество при применении точного сева, помимо снижения расхода семян и затрат труда, заключается в уско-

рении роста и развития растений хлопчатника. По данным научных исследований, забег в ускорении развития хлопчатника при точном севе составляет 9–10 дней за счет рационального размещения растений. По нашим наблюдениям, в среднем за три года рост главного стебля превысил контроль на 2,3 см при севе дражированными семенами, а при севе оголенными был почти на уровне контроля. Количество коробочек на кусте в среднем за 3 года на втором варианте превысило контроль на 0,4 шт., при севе дражированными семенами — на 1,1 шт. (в контроле в среднем 8 шт.). в получении высокого урожая хлопка-сырца имеет немаловажное значение сохранение хотя бы одной дополнительной коробочки. Если допустить, что масса одной коробочки минимум будет 4 г., то при густоте стоянии растений 100 тыс/га прибавка дополнительного урожая составит 4 ц/га.

Устойчивую прибавку урожайности за 3 года дал сев хлопчатника дражированными семенами. По сравнению с контролем прибавка составила 2,51 ц/га, достигнув 35,4 ц/га. Сев оголенными семенами, напротив, снизил урожай на 0,68 ц/га по сравнению с рядовым способом сева. Но как показывает математическая обработка урожайных данных, это незначительное снижение урожая недостаточно (в пределах ошибки опыта) и можно считать, что урожай получен на уровне контроля. При этом следует особо подчеркнуть, что для точного сева необходимо использовать высококлассные семена хлопчатника, снижая по мере возможности процент их дробленности.

Таким образом, применение точного способа сева хлопчатника в Дашогузского велаята на средnezасоленных почвах дает определенную экономическую выгоду, которая выражается в снижении расхода семян более чем в два раза и снижении затрат труда на прореживание в 4–5 раз по сравнению с рядовым способом сева. К тому же при севе механически оголенными семенами получается почти та же урожайность хлопчатника, что и при рядовом способе, а при севе дражированными семенами достоверная прибавка урожая составляет не менее 2,5 ц с каждого гектара.

#### Литература:

1. Балтабаев, Ш.Х. Рост, развитие и урожайность хлопчатника при сортировке семян из разнокачественного хлопка-сырца: диссертация кандидата сельскохозяйственных наук : 06.01.14 Ташкент, 1984 175 с.
2. Набиев, Т.Н. Влияние расчетных норм минеральных удобрений на качественные показатели урожая хлопка-сырца / Набиев Т.Н., Хайдаров, З.Я., Шукуров, Р.Э. // Проблемы развития сельскохозяйственной науки Республики Таджикистан. — Душанбе, 2001. — С. 54–55.
3. Розметов, К.С. Точный сев хлопчатника // Сельское хозяйство Туркменистана. 1987. № 11. с. 19–20.

## Агротехнические особенности программирования урожайности хлопчатника в условиях Туркменистана

Розметов К.С., кандидат сельскохозяйственных наук,  
председатель САО имени С. Розметова

*Use of exact sowing of a cotton in the conditions of the meadow salted soils of the Dashoguz zone promotes economy of sowing seeds, irrespective of a way of their preparation to 3 and more times, in comparison with ordinary way of sowing. Results of researches on effective way of preseeding preparation of seeds and technologies of sowing of a cotton in the conditions of meadow soils of the bottom current of Amu-Dari are introduced in Dashoguz area on the area of 60 thousand in hectare.*

**Key words:** агротехнические особенности программирования урожайности хлопчатника в условиях аридной зоне.

Обеспечение продовольственной безопасности страны считается одним из важнейших условий сохранения суверенитета, экономического развития и социальной стабильности государства. Исходя из такой стратегии, достижение продовольственной безопасности Туркменистана тесно связано с увеличением производства как зерновых культур, так и хлопчатника — важнейших стратегических культур.

В последние годы благодаря созданию новых машин и механизмов многие основные процессы возделывание хлопчатника механизированы. Однако до сих пор на значительной части площадей сев хлопчатника в республике осуществляется рядовым опушениями семенами. Норма расхода семян в республиках хлопковой зоны составляет, как правило 120–130 кг/га. На прореживание посевов затрачивается в год 1,5–1,8 млн.чел.-дней. К тому же по времени оно совпадает с другой важной и трудоемкой работой — выкормкой тутового шелкопряда. Поэтому многие хозяйства прореживание проводят с опозданием, что отрицательно влияет на развитие растений, следовательно, урожай.

Результаты исследований научных учреждений и практика передовых хлопкосеющих хозяйств показали, что прореживание может быть исключено только при коренном изменении технологии сева хлопчатника — проведения сева ограниченным. Опушенные семена, подготавливаемые на хлопзаводах к посеву, при существующей технологии заводского оборудования не удовлетворяют перечисленным требованиям.

После дженирования и линтерирования на них остается еще много подпушка (8–9% от массы семян), который представляет собой плотное войлочное сплетения коротких волокон, покрытых восковым веществом. Такие семена перед севом необходимо увлажнять или замачивать в воде на специально оборудованных пунктах. Кроме того, подпушек не дает возможности сортировать семена по размерам. А самое главное, существующее конструкции сеялок не могут высевать заданное число опушенных семян. Используемый в настоящее время довольно широко в условиях производства частогнездовой способ уменьшает норму посева семян до 50–60 кг/га, сокращает затраты труда на прореживание на 40–50%,

но не исключает этот процесс. Высев ограниченного количества семян в гнезде и загнивание их в неблагоприятные весны привело ученых к убеждению о необходимости улучшения качества посевных семян и защиты их от почвенных патогенов, возбудителей гомоза, сосущих и других вредителей. Сразу по нескольким параметрам улучшается структура почвы. В ней возрастает содержание гумуса и активизируется жизнедеятельность земляных червей, в результате чего она становится более рыхлой и не закупоривается после дождей и полива. Некоторые мульчирующие вещества, например, хорошо перепревший навоз и садовый компост, обеспечивают растения дополнительным питанием. Однако, полностью заменять мульчированием внесение удобрений нецелесообразно, так как растения будут ощущать недостаток питательных веществ.

Мульчу укладывают на приствольный круг слоем до 10 см, через год-два её заделывают в почву. Существует мнение, что при недостатке навоза его лучше использовать для мульчирования приствольных кругов после посадки саженцев, а не для внесения в посадочную яму. Для мульчирования используют также чёрную полихлорвиниловую плёнку. Ею покрывают приствольный круг в радиусе 1 м. Внешние края плёнки укладывают в бороздки глубиной 10–12 см и засыпают почвой. На плёнке не делают никаких отверстий, так как влага поступает под неё из окружающего слоя почвы. При таком мульчировании отпадает необходимость в прополке, сорняки удаляются только по краю плёнки. Однако плёнка плохо защищает корни растений от морозов в бесснежные зимы. В морозную погоду при обрезке кроны не следует наступать на плёнку, т.к. она легко может порваться. В связи со сказанным вполне актуальной явилась проблема изучения эффективности точного сева в зависимости от способом предпосевной подготовки семян хлопчатника и мульчирования применительно к одной из старейших и крупнейших областей хлопкосеяния Туркмении — Дашогузской зоне гидроморфных засоленных почв.

Цель исследования явилась, разработать научно обоснованные технологии сева хлопчатника семенами различного способа подготовки, способствующие экономии посевного материала, ускорению появления всходов, сни-

жению расходов на прореживание и повышению урожая хлопка — сырца. Для решения этих вопросов необходимо было изучить: энергию прорастания и всхожесть семян различных способов подготовки; динамику появления всходов хлопчатника в зависимости от способов подготовки семян и технологии сева; распределения растений по гнездам и густоту всходов; влияния мульчирования на мощность почвенной корки; рост и развитие хлопчатника; влияния различных способов подготовки семян и технологии сева на образование сухой массы хлопчатника; урожай хлопка — сырца в зависимости от способов подготовки семян и технологии сева; технологические свойства

волокна; экономическую эффективность различных способов подготовки семян и технологии сева, а также мульчирования поверхности почвы навозом — сырцом.

По результатам многолетних исследований разработаны и научно обоснованы удовлетворявшие условиям зоны способы подготовки семян, оптимальная технология сева, позволяющие получать полноценные ранние всходы, уменьшающие затраты семян и ручного труда на прореживания всходов, способствующие увеличению хлопка — сырца с лучшими технологическими свойствами волокна. Производству предложены конкретные оптимальные способы подготовки семян и технология их сева [2,3].

#### *Литература:*

1. Розметов, К.С. Мульчирование // Агропромышленный комплекс Туркменистана. 1988. №4.
2. Розметов, К.С. Дращирование семян эффективный способ получения дружных всходов хлопчатника // Информационный листок ТуркменНИНТИ, 1987. №229.
3. Розметов, К.С. Точный сев хлопчатника // Сельское хозяйство Туркменистана. 1987. №11. с. 19—20.

*Научное издание*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Международная заочная научная конференция  
г. Москва, май 2011 г.

*Материалы печатаются в авторской редакции*

Дизайн обложки: *Е.А. Шишков*

Верстка: *П.Я. Бурьянов*

Подписано в печать 28.05.2011. Формат 60х90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 16,00. Уч.-изд. л. 13,11. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»

Издательство «Ваш полиграфический партнер»

127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6

[www.bukivedi.com](http://www.bukivedi.com), +7 (495) 926 63 96