



# **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

*Сборник статей по материалам  
XLII международной научно-практической конференции*

№ 1 (38)  
Январь 2015 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2015

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

**Ахметов Сайранбек Махсutowич** — д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем (КазУИТС), академик РАЕН, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК, директор Представительства Казахской академии экологии и безопасности жизнедеятельности» в г. Уральск.

Редакционная коллегия:

**Ахмеднабиев Расул Магомедович** — канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка;

**Барштейн Виктор Юрьевич** — канд. тех. наук, ст. науч. сотр., заведующий лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (ИПБГ НАН Украины).

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

**Копылов Алексей Филиппович** — канд. техн. наук, доц. кафедры Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета;

**Романова Алла Александровна** — канд. техн. наук, доц. кафедры прикладной физики Санкт-Петербургского государственного экономического университета.

**Т 38 Технические науки — от теории к практике /** Сб. ст. по материалам XLII междунар. науч.-практ. конф. № 1 (38). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. 128 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

## **Оглавление**

### **Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление 6**

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАДИАЛЬНОЙ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 6  
Воротникова Татьяна Сергеевна  
Власов Валерий Иванович  
Авакян Тамара Ашотовна  
Рыбин Герман Эдуардович

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА 13  
ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВВОДА, ВЫВОДА И ОБРАБОТКИ  
ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ СЕКРЕТАРИАТА  
СОРЕВНОВАНИЙ  
Коновалов Роман Викторович  
Терентьев Денис Сергеевич  
Коновалов Евгений Викторович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ БЛИЗОСТИ 19  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ  
Коновалов Роман Викторович  
Терентьев Денис Сергеевич  
Коновалов Евгений Викторович

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СТРУКТУРА ПОДДЕРЖКИ 24  
ПРОЦЕССОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
Куликов Роман Евгеньевич

### **Секция 2. Машиностроение и машиноведение 30**

ЭТАПЫ ТЕРМОСИЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МАЛОЖЕСТКИХ 30  
ДЛИННОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ  
Семенов Кирилл Олегович  
Расторгуев Дмитрий Александрович

### **Секция 3. Аэрокосмическая техника и технологии** **38**

РАЗРАБОТКА КАЗАХСТАНСКОГО ЗВЕЗДНОГО ДАТЧИКА 38

Елубаев Сулеймен Актлеуович

Тен Владимир Валентинович

Альбазаров Бахытжан Шапагатович

Сарсенбаев Ербол Ерикович

Алипбаев Куаныш Арингожаевич

Шамро Александр Валентинович

Бопеев Тимур Маратович

ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ 49

ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЕМ

КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Молдабеков Мейрбек Молдабекович

Елубаев Сулеймен Актлеуович

Алипбаев Куаныш Арингожаевич

Бопеев Тимур Маратович

Сухенко Анна Сергеевна

АВИАЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ 59

С ЦЕЛЬЮ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО

ГАЗА — КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД

АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА ГАЗОВЫХ

МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ

Хабаров Виталий Александрович

Попов Дмитрий Викторович

### **Секция 4. Строительство и архитектура** **65**

МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТРОЙСТВ НИЖНЕГО БЬЕФА 65

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Аубакирова Фарида Хабиевна

МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ 70

БЕТОНОВ

Ахмеднабиев Расул Магомедович

Ахмеднабиев Расул Расулович

### **Секция 5. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы** **76**

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ 76

ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОПЕРЕЧНЫХ

ГРАБЛЕЙ СЕНА

Акопян Оганес Тельманович

<b>Секция 6. Технология продовольственных продуктов</b>	<b>87</b>
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС СУШКИ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТА	87
Хазимов Канат Мухатович	
Хазимов Жанат Мухатович	
Сагындыкова Акмарал Данабековна	
Хазимов Марат Жалелович	
<b>Секция 7. Технология материалов и изделий легкой промышленности</b>	<b>96</b>
ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН	96
Баладина Елена Александровна	
СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТРАНСФОРМАЦИОННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОДЕЖДЫ	101
Баладина Елена Александровна	
Гришкова Елена Юрьевна	
<b>Секция 8. Приборостроение, метрология, радиотехника</b>	<b>106</b>
АЛГОРИТМ АНАЛИЗА СЕТЕЙ СТАНДАРТА IEEE 802.11N В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK	106
Онянов Дмитрий Андреевич	
ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ В БАЛЛИСТИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ	111
Сидоров Алексей Дмитриевич	
Корольков Леонид Валерьевич	
Моисеев Дмитрий Михайлович	
Егоров Александр Леонидович	
Дьячковский Алексей Сергеевич	
<b>Секция 9. Методология и философия науки и техники</b>	<b>121</b>
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОКУПАТЕЛЕЙ КРОССОВЕРОВ	121
Шилин Владимир Владимирович	
Суслопарова Елена Николаевна	

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАДИАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

***Воротникова Татьяна Сергеевна***

*канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем управления, Московского государственного университета приборостроения и информатики, филиал, РФ, г. Ставрополь*  
*E-mail: [vts-60@mail.ru](mailto:vts-60@mail.ru)*

***Власов Валерий Иванович***

*канд. техн. наук, профессор РАЕ, доцент кафедры автоматизированных систем управления Московского государственного университета приборостроения и информатики, филиал, РФ, г. Ставрополь*

***Авакян Тамара Ашотовна***

*доцент кафедры автоматизированных систем управления Московского государственного университета приборостроения и информатики, филиал, РФ, г. Ставрополь*

***Рыбин Герман Эдуардович***

*магистрант кафедры теоретических основ электротехники, Ставропольский государственный аграрный университет, РФ, г. Ставрополь*

# **MODULE DEVELOPMENT INFORMATION SYSTEM OF CALCULATING THE RELIABILITY OF RADIAL DISTRIBUTION POWER GRID**

**Vorotnikov Tatyana**

*candidate of science, associate Professor  
of the Department of automated control systems, Moscow state University  
of instrument engineering and computer science, branch,  
Russia, Stavropol*

**Vlasov Valery**

*candidate of science, associate Professor  
of the Department of automated control systems, Moscow state University  
of instrument engineering and computer science, branch,  
Russia, Stavropol*

**Avakian Tamara**

*associate Professor of the Department of automated control systems,  
Moscow state University of instrument engineering  
and computer science, branch,  
Russia, Stavropol*

**Rybin Herman**

*master student the Department of theoretical fundamentals  
of electrical engineering, Stavropol state agrarian University,  
Russia, Stavropol*

## **АННОТАЦИЯ**

Разработка модуля информационной системы расчета параметров надежности радиальной распределительной сети. В основу алгоритма программного модуля положен метод минимальных сечений для логической схемы надежности радиальной распределительной сети. Результаты работы модуля представляются в графическом и сохраняются в файле в табличном виде. Использование данного модуля позволяет автоматизировать расчет надежности работы радиальной распределительной сети с большим количеством узлов.

## **ABSTRACT**

Module development information system of calculation of reliability parameters of radial distribution power grid. The basis of the algorithm of the program module is the method of minimum cross sections for logic circuit reliability for radial distribution power grid. The results of the module

are presented in graphical and stored in a file in tabular form. Using this module allows you to automate the calculation of reliability for radial distribution power grid with a large number of nodes.

**Ключевые слова:** информационная система; надежность; радиальная распределительная сеть электроэнергетики.

**Keywords:** information system; reliability; radial distribution power grid.

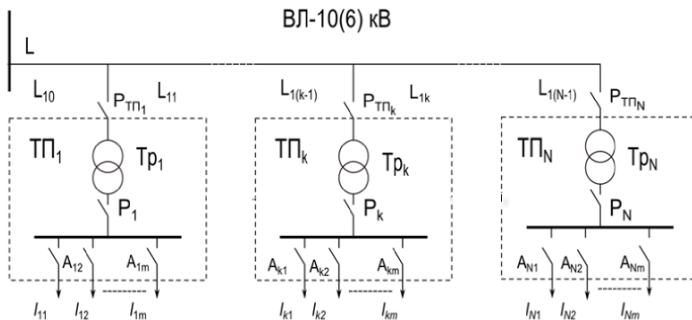
На современном этапе развития агропромышленного комплекса большую роль играют информационные системы и технологии управления электросетевыми предприятиями. Широко используются и продолжают совершенствоваться различные автоматизированные информационные системы рационального использования энергоресурсов. Вместе с тем требуются разработка новых и совершенствование существующих систем анализа и диагностики надежности распределительных сетей. Одним из возможных путей решения указанных проблем может стать разработка модуля информационной системы расчета надежности радиальной распределительной сети.

Электрическая энергия широко используется для приведения в действие различного рода устройств и оборудования, предназначенных для обеспечения большинства технологических процессов в промышленности и сельском хозяйстве. В качестве основного источника питания используется распределительная электрическая сеть, представляющая собой совокупность линий электропередачи (ЛЭП) 10 (6) кВ, понижающих трансформаторных подстанций 10(6)/0,4 кВ и низковольтных питающих ЛЭП напряжением 0,4 кВ. Такие сети могут содержать от нескольких десятков до сотен узлов. Надежность работы радиальной сети обратно-пропорциональна количеству узлов нагрузок.

Чтобы повысить надежность электроснабжения, необходимо провести мероприятия по модернизации существующих электрических сетей. К ним относятся: построение новых ЛЭП, изменяющих конфигурацию сети, использование современных методов оценки целесообразности внесения дополнительных капитальных вложений на реконструкцию, а также оценка надёжности существующих систем электроснабжения с использованием математических методов и компьютерных технологий.

В общем виде электрическая схема радиальной распределительной сети представлена на рисунке 1.





**Рисунок 1. Электрическая схема радиальной распределительной сети**

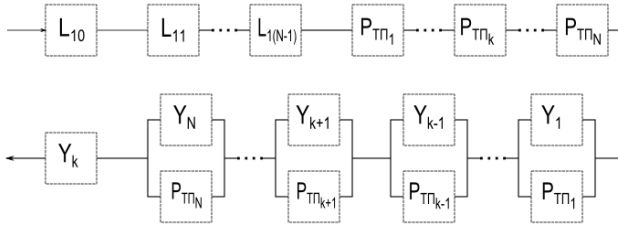
Для решения задачи оценки вероятности безотказной работы радиальной распределительной сети используются различные методы и подходы, в том числе и метод минимальных сечений [1].

Минимальным сечением называется набор неработоспособных элементов схемы, отказ которых приводит к отказу системы, а восстановление работоспособности любого из них — к восстановлению работоспособности системы. Основой метода являются законы алгебры логики. Для их использования составляется логическая схема таким образом, чтобы все элементы каждого минимального сечения были соединены друг с другом параллельно, а все минимальные сечения — последовательно.

При решении задачи оценки надежности использованы следующие допущения, которые не вызывают перерывы в электроснабжении:

- электрические сети питающей системы абсолютно надежны;
- планово-предупредительные ремонты со снятием напряжения на линиях электропередачи и трансформаторных подстанциях не производятся;
- срабатывание приборов релейной защиты электрооборудования отсутствуют.

При проведении математического моделирования была составлена логическая схема надежности радиальной распределительной сети по методу минимальных сечений (рисунок 2).



**Рисунок 2. Логическая схема надежности радиальной распределительной сети по методу минимальных сечений**

Из рисунка 2 видно, что для нарушения электроснабжения узла нагрузки  $Y_k$  достаточны:

- отказ из-за выхода из строя любого участка магистрали:  $L_{10} \dots L_{1(N-1)}$ ;
- отказ в срабатывании типа «обрыв цепи» любого из разъединителей трансформаторных подстанций:  $P_{ТП1} \dots P_{ТПN}$ ;
- отказ непосредственно рассматриваемого узла нагрузки  $Y_k$ .

Это описывается последовательным соединением элементов схемы.

Кроме того, к нарушению электроснабжения узла нагрузки  $Y_k$  также приведет: одновременный отказ в срабатывании как одноименного разъединителя  $P_{ТПi}$  типа «невозможность разрыва цепи», так и самого узла нагрузки  $Y_i$ . Эта ситуация представлена на схеме в виде параллельного соединения пары элементов.

При анализе логической схемы (рисунок 2) можно заметить, что безотказная работа схемы определяется безотказностью всех последовательно соединенных элементов. Выход из строя каждого из них приводит к одновременному отказу всех параллельно включенных элементов. Поскольку схема метода минимальных сечений формулирует условия отказа системы, в ней последовательное соединение соответствует логическому «ИЛИ», а параллельное — логическому «И».

После преобразований и принятых допущений [2], математическая модель надежности радиальной распределительной сети запишется в следующем виде:

$$P_1(t, N) = e^{-\{[(\lambda_y + \lambda_L + N \cdot \lambda_{P_{ТП}})t + (N-1)\lambda_y \lambda'_{P_{ТП}} t^2]\}}, \quad (1)$$

где:  $\lambda_y, \lambda_L$  — параметры интенсивностей отказов нагрузочного узла и магистрали 10(6) кВ;

$\lambda_{P_{III}}$ ,  $\lambda'_{P_{III}}$  — параметры интенсивности отказов срабатывания разъединителей  $P_{III}$  первого и второго типа соответственно;

$N$  — количество узлов нагрузки.

Очевидно, что вероятность бесперебойного электроснабжения узла нагрузки радиальной распределительной сети не зависит от удаления узла относительно головного участка магистрали 10(6) кВ, а определяется только числом узлов нагрузки в сети.

Среднее время наработки на отказ радиальной сети получается путем интегрирования уравнения (1). В результате имеем:

$$T_{0_1} = \int_0^{\infty} P_1(t) dt = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{(N-1)\lambda_y \lambda'_{P_{III}}}} \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left[ \frac{\lambda_y + \lambda_{L_1} + N\lambda_{P_{III}}}{2 \sqrt{(N-1)\lambda_y \lambda'_{P_{III}}}} \right] \right\} \times \exp \left[ \frac{(\lambda_y + \lambda_{L_1} + N\lambda_{P_{III}})^2}{4(N-1)\lambda_y \lambda'_{P_{III}}} \right], \quad (2)$$

где  $\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt$  — табулированный интеграл

вероятностей.

Для большого количества узлов нагрузки вычисление среднего времени наработки на отказ обычными вычислительными средствами затруднительно, что ограничивает практическое применение предложенной модели для широкого круга пользователей. Устранить этот недостаток можно путем разработки модуля автоматизированной информационной системы расчета надежности безотказной работы радиальной распределительной сети в составе автоматизированного рабочего места диспетчера районных электрических сетей.

Основой проектируемого модуля является база данных для хранения статистических параметров надежности элементов распределительной сети района. Информация в базу данных поступает от структурных подразделений районных электрических сетей. Источником информации являются паспортные данные оборудования и сведения о текущем состоянии оборудования из оперативных журналов электротехнических служб районных электрических сетей.

Обработка информации с использованием модели надежности позволяет вычислить базовый показатель надежности — среднее время наработки на отказ, который является основой построения договорных обязательств между потребителями и электроснабжающей организацией,

вероятность бесперебойного электроснабжения, а также средний недоотпуск электроэнергии из-за перерывов в электроснабжении.

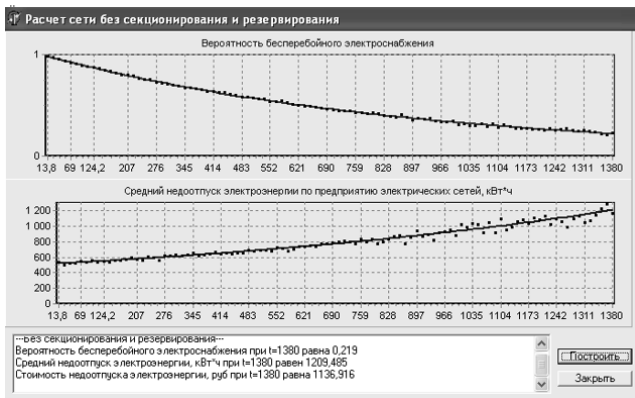
Пример реализации модуля информационной системы расчета надежности безотказной работы радиальной распределительной сети в среде Borland Delphi 7 в виде интерфейсных окон показан на рисунках 3, 4.

**Исходные данные**

Количество абонентов РС (Na)	100	
Суммарное потребление электроэнергии Wз предприятием электрических сетей за интервал наблюдения T=1гпр	12580	
Средний покупной тариф (Cсп), руб/кВт*ч	5,12	
Средний отпускной тариф (Cсо), руб/кВт*ч	6,06	
Данные для расчета интенсивности отказов узла нагрузки (УН) $\lambda_{\text{У}}$		
Количество УН (ПП10(6)/0,4), кВ, (N)	100	
Количество отходящих ВЛ 0,4 кВ (кол-во автом) общее по всем УН (X)	1200	
Интенсивность отказов ( $\lambda_{\text{р}}$ ) главного рубильника	1,36e-5	$\sigma, \%$ = 10
Интенсивность отказов ( $\lambda_{\text{а}}$ ) автоматов отходящих линий ВЛ-0,4 кВ	2e-6	$\sigma, \%$ = 10
Интенсивность отказов ( $\lambda_{\text{тп}}$ ) силового трансформатора	3e-6	$\sigma, \%$ = 10
Интенсивность отказов ( $\lambda_{\text{л}}$ ) отходящих линий ВЛ-0,4 кВ	4e-6	$\sigma, \%$ = 10
Периодичность проведения ППР (tпр, ч)	1380	
Интенсивность отказов ( $\lambda_{\text{тп}}$ ) подстанционного разъединителя (Ртп)	5e-6	$\sigma, \%$ = 10
Интенсивность отказов ( $\lambda_{\text{л}}$ ) участка фидера ВЛ-10(6) кВ между УН	6e-6	$\sigma, \%$ = 10

Далее

**Рисунок 3. Исходные данные для расчета надежности радиальной распределительной сети**



**Рисунок 4. Результаты обработки исходных данных модулем расчета надежности**

При использовании данных о мощностях узловых нагрузок можно получить графическую зависимость среднего недоотпуска электроэнергии за межремонтный период, который в данном примере равен 1308 часам.

Разработка данного модуля является первым шагом при создании информационной системы анализа и прогнозирования оптимального построения распределительной сети.

### **Список литературы:**

1. Воротников И.Н, Данченко И.В. Надежность радиальной схемы распределительной сети без секционирования и резервирования // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2013. — № 5(44). — С. 247—251.
2. Воротников И.Н, Данченко И.В. Надежность радиальной схемы распределительной сети с секционированием // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) Краснодар: КубГАУ. — 2013. — № 91 (07). — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/77.pdf>.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ВВОДА, ВЫВОДА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ СЕКРЕТАРИАТА СОРЕВНОВАНИЙ**

***Коновалов Роман Викторович***

*студент гр. 720-2 каф. КИБЭВС, факультета безопасности, Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники,*

*РФ, г. Томск*

*E-mail: [konovalovrv1992@gmail.com](mailto:konovalovrv1992@gmail.com)*

***Терентьев Денис Сергеевич***

*студент гр. 720-2 каф. КИБЭВС, факультета безопасности, Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники,*

*РФ, г. Томск*

*E-mail: [nicklid@mail.ru](mailto:nicklid@mail.ru)*

***Коновалов Евгений Викторович***

*инженер 2 категории, УМТС и К ООО «Газпром трансгаз Томск»,*

*РФ, г. Томск*

*E-mail: [E.Konovalov@gtt.gazprom.ru](mailto:E.Konovalov@gtt.gazprom.ru)*

# DEVELOPMENT OF AUTOMATION SOFTWARE FOR INPUT, OUTPUT AND PROCESSING INFORMATION IN EXAMPLE SECRETARIAT OF COMPETITION

***Konovalov Roman***

*student gr. 720-2 KIBEVS the department, Faculty of Security,  
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,  
Russia, Tomsk*

***Terentev Denis***

*student gr. 720-2 KIBEVS the department, Faculty of Security,  
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,  
Russia, Tomsk*

***Konovalov Evgeny***

*engineer 2 categories UMTS and K Ltd. "Gazaprom Transgaz Tomsk",  
Russia, Tomsk*

## АННОТАЦИЯ

Предложена реализация администрирования секретариата соревнований по гиревому спорту, с возможностью хранения данных в большом объеме и на длительный срок. А также автоматизированы процесс по подсчету результата соревнований, установлению рекорда и получения очередного разряда.

## ABSTRACT

Proposed implementation administration of the Secretariat of the competition on kettlebell lifting, with the ability to store data on a large scale and long term. And automate the process for counting the results of the competition, setting the record and get the next digit.

**Ключевые слова:** секретариат; автоматизация; база данных.

**Keywords:** the secretariat; automation; database.

## Задача построения

Организация спортивных соревнований является трудоемкой работой. Все данные (о предстоящем соревновании, о его участниках и итогах проведения соревнования) необходимо где-то хранить и обрабатывать, и, что является немаловажным, поднимать данные о прошедшем соревновании. Чтобы выполнить такие задачи необходимо не малый рабочий персонал, что является не экономичным и неэффективным. Но сейчас в современном мире, где господствуют

высокопроизводительные вычислительные машины, они стали неотъемлемой частью нашей жизни. Поэтому разработка базы данных значительно упрощает как организацию, так обработку и хранение данных. Стоит заметить, что управление БД не требует большого персонала.

Создание программного комплекса по автоматизации ввода, вывода и обработки информации на примере работы секретариата соревнований, производится поэтапно, реализация базы данных и разработка интерфейса.

#### **Постановка задачи**

Цель данной работы разработка программного комплекса по автоматизации ввода, вывода и обработки информации на примере работы секретариата соревнований.

Первая этап, разработка базы данных состоит из двух этапов: проектирования БД и создания БД [3]. Проектирование включает в себя:

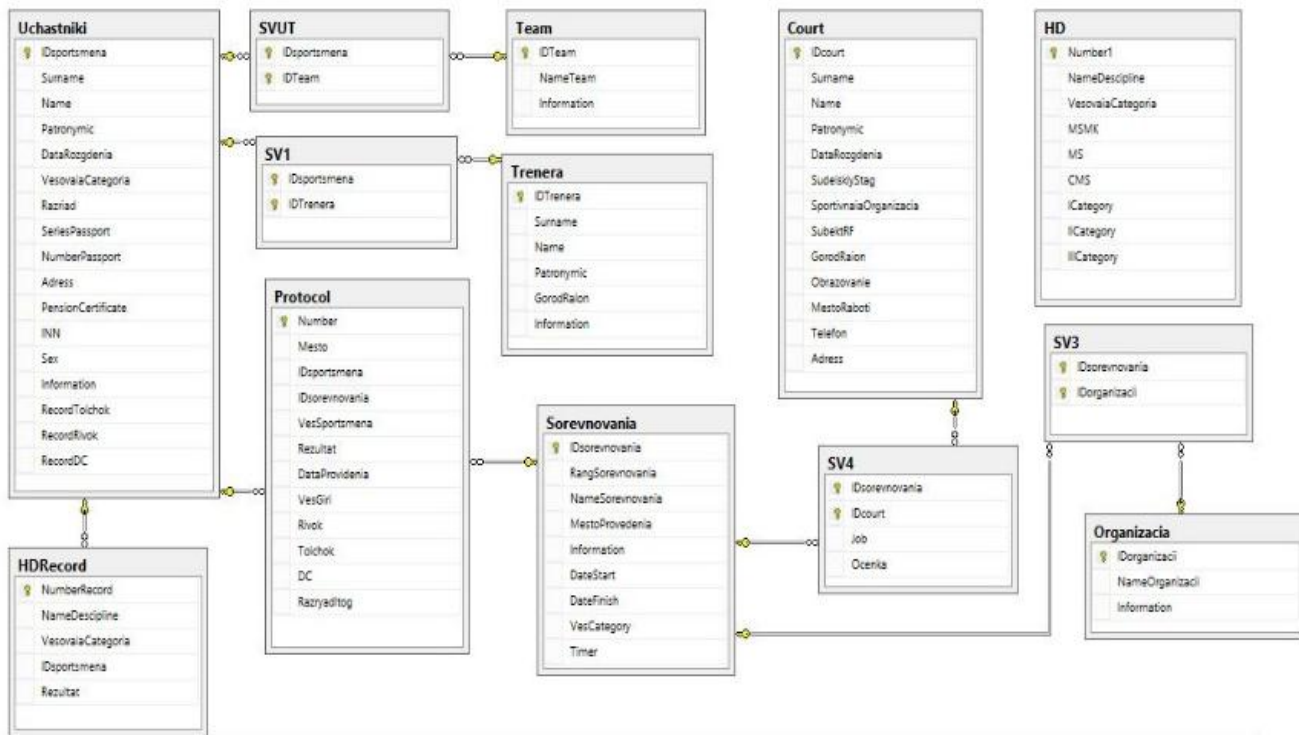
- системный анализ предметной области;
- анализ данных и построение модели данных.

Создание БД в памяти ЭВМ происходит в среде, определенной СУБД и состоит из:

- создания структуры базы данных;
- заполнения базы данными.

Один из этапов является разработка реляционной модели. Модель данных описывает некоторый набор родовых понятий и признаков, которыми должны обладать все конкретные СУБД и управляемые ими базы данных, если они основываются на этой модели. Наличие модели данных позволяет сравнивать конкретные реализации, используя один общий язык.

После выполнения двух этапов нормализации была получена реляционная модель (рис. 1).



*Рисунок 1. Реляционная модель*

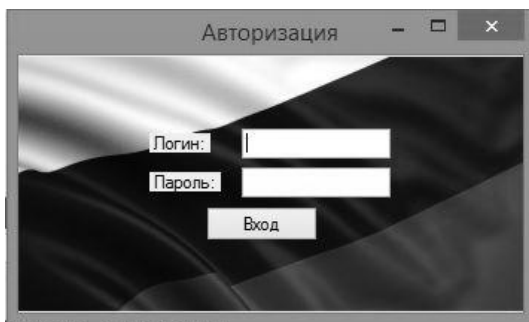


Данная БД была реализована при помощи СУБД Microsoft SQL Server 2012 [2].

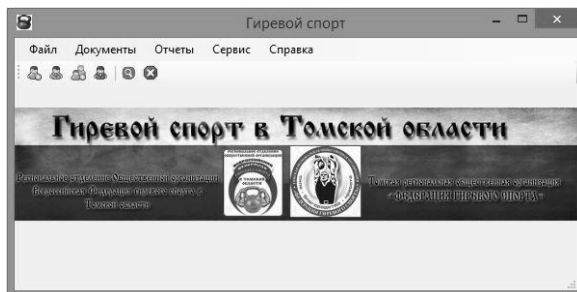
На втором шаге рассматривается создание авторизации пользователя, простого графического интерфейса пользователя и добавление к нему несложной серверной функциональности (рисунок 3) для более легкого учета соревнования, а также и возможность самим участникам просматривать данные о соревнованиях в сети при помощи авторизации (рисунок 2) [1].

В самой программе реализован подсчет данных о проведении соревнований согласно регламенту соревнований. А также к самой базе данных применимы определенные бизнес процессы (например: ограничение возраста, вес). Согласно установленным нормам по получению разряда программа автоматически сравнивает эти данные и, если участник достигает этого результата ему присваивается очередной разряд.

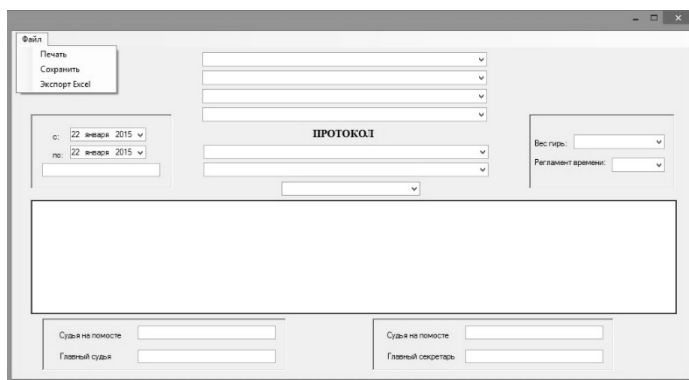
В программе реализован протокол ведения соревнований (рисунок 4) согласно регламенту федерации гиревого спорта [5]. Была добавлена возможность вывода на печать карточки участника, а так протокола соревнований. Были разработаны триггеры для автоматического заполнения данных применяемых к таблицам добавления [4]. Был разработан графический интерфейс, и визуальное оформление (согласно символики федерации).



*Рисунок 2. Авторизация пользователя*



*Рисунок 3. Главная страница программы*



*Рисунок 4. Протокол соревнований*

### **Заключение**

На основе написанной программы, данные которые хранились в картотеках и имели большие объемы (как места хранения, так и объем информации), теперь же данные в большом объеме хранятся в базе данных, и практически не занимают места хранения. А также при помощи автоматизации данных, подсчет всех данных лежит на программном обеспечении, где освобождает судейскую коллегию от подсчетов и экономит время на выявления победителя.

### **Список литературы:**

1. Библиотека MSDN. Справочник. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/> (дата обращения – 21.07.2013).
2. Вийера Роберт. Программирование баз данных Microsoft SQL Server 2008 Базовый курс.2008. — 816 с.

3. Методология проектирования БД. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://database.ucoz.com/index/0-8> (дата обращения – 16.09.2013).
4. Нильсон Пол. SQL Server 2005 Библия пользователя .2008. — 1228 с.
5. Учебные программы и курсы повышения квалификации Microsoft Innovation Center.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ БЛИЗОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ**

***Коновалов Роман Викторович***

*студент гр. 720-2 каф. КИБЭВС, факультета безопасности,  
Томского государственного университета  
систем управления и радиоэлектроники,  
РФ, г. Томск  
E-mail: [konovalovrv1992@gmail.com](mailto:konovalovrv1992@gmail.com)*

***Терентьев Денис Сергеевич***

*студент гр. 720-2 каф. КИБЭВС, факультета безопасности,  
Томского государственного университета  
систем управления и радиоэлектроники,  
РФ, г. Томск  
E-mail: [nicklid@mail.ru](mailto:nicklid@mail.ru)*

***Коновалов Евгений Викторович***

*инженер 2 категории,  
УМТС и К ООО «Газпром трансгаз Томск»,  
РФ, г. Томск  
E-mail: [E.Konovalov@gtt.gazprom.ru](mailto:E.Konovalov@gtt.gazprom.ru)*

## DETERMINATION OF THE DEGREE OF CLOSENESS OF EDUCATIONAL STANDARDS

***Konovalov Roman***

*student gr. 720-2 KIBEVS the department, Faculty of Security,  
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,  
Russia, Tomsk*

***Terentev Denis***

*student gr. 720-2 KIBEVS the department, Faculty of Security,  
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,  
Russia, Tomsk*

***Konovalov Evgeny***

*engineer 2 categories, UMTS and K Ltd. "Gazaprom Transgaz Tomsk"  
Russia, Tomsk*

### АННОТАЦИЯ

Проблема сравнения текстовой информации и выявления степени сходства является одной из наиболее важных и трудных задач анализа данных и поиска информации. Учитывать схожесть текстовых документов необходимо при разработке поисковых систем и повышения их качества за счет удаления избыточной дублирующей информации, при объединении информации в тематические группы или фильтрации необходимой информации.

### ABSTRACT

The problem of comparing text and identify the degree of similarity is one of the most important and difficult tasks of data analysis and information retrieval. Take into account the similarity of text documents necessary in the development of search engines and improve their quality by removing redundant backup information by combining information in thematic groups or filtering the information you need.

**Ключевые слова:** учебный план; ФГОС ВПО; оценка близости текстов; компетенции; академическая справка; план учебного процесса.

**Keywords:** training plan; FGOS VPO; assessment proximity texts; competence; academic certificate; plan the learning process.

В данной работе ставится цель: получение оценки степени близости федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения.

Для достижения этой цели были поставлены задачи:

- обзор и анализ основных способов оценки близости текстовых документов;
- выбор метода для сравнения текстов;
- сравнение федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения.

Данная работа является актуальной в таких областях как:

- поисковые системы;
- тематический анализ;
- обработка неструктурированной информации.

Структура федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки [1]:

1. Область применения.
2. Используемые сокращения.
3. Характеристики направления подготовки.
4. Характеристика профессиональной деятельности специалистов.
5. Требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП).
6. Требования к структуре ООП.
7. Требования к условиям реализации ООП.
8. Оценка качества освоения ООП.

При сопоставлении двух стандартов будем рассматривать два раздела, в которые в основном раскрывают компетентностный подход: требования к результатам освоения ООП и требования к структуре ООП. В первом разделе необходимо выделить из текста и сравнить компетенции. Во втором рассматриваемом разделе необходимо сопоставить информацию, представленную в таблице «Структура ООП» [2]. В данной таблице для каждого учебного цикла необходимо выделить:

- результаты их освоения, обозначенные словами «знать», «уметь», «владеть»;
- список дисциплин;
- список формируемых компетенций.

Остальные разделы стандартов можно не рассматривать ввиду наименьшей их информативности при сопоставлении двух стандартов.

При переводе студента с одной специальности на другую или при поступлении на второе высшее образование иногда возможно перезачет оценки по некоторым дисциплинам, уже изученным студентам. В этом случае следует сопоставить два документа:

- план учебного процесса по специальности, на которую поступает студент;
- академическую справку, предоставляемую студенту.

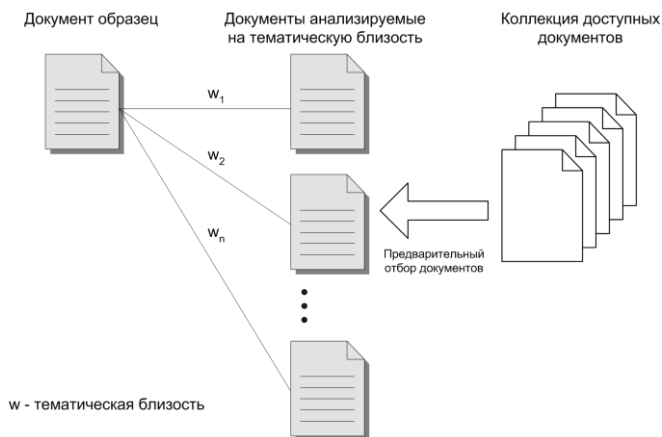
План учебного процесса также имеет определенную структуру. В данном документе приведены дисциплины, изучаемые в рамках данной специальности, которые сгруппированы по учебным циклам в соответствии с ФГОС ВПО, номера семестров, в которых сдаются экзамены, зачеты и выполняются курсовые работы, и количество часов, выделяемых на освоение дисциплин.

Академическая справка содержит информацию о студенте и результатах его обучения на момент выдачи справки. В справке приведен перечень дисциплин, по которым студент был аттестован за время обучения, общее количество часов, выделяемое на освоение дисциплины, и итоговая оценка.

### **Поиск по документу-образцу.**

Целью поиска является обнаружение тематически близких документов [5]. Самым простым подходом к решению задачи поиска документов по образцу является использование всех слов документа-образца в качестве запроса.

Общую схему поиска по документу образцу можно представить в следующем виде (рис. 1).



**Рисунок 1. Поиск документов по образцу**

Существует документ-образец и некоторая коллекция доступных документов. Выполняется предварительный отбор из коллекции документов, и затем для отобранных документов вычисляется тематическая

близость. Вычисленные оценки тематической близости  $w_1, \dots, w_n$  используются при ранжировании документов по тематической близости к документу образцу.

***Метод частотно-контекстной классификации тематики текста.***

Предлагаемый подход к тематической классификации текстовой информации основывается на гипотезе о том, что словарный запас и частоты использования слов зависят от темы текста [4].

Тематическая классификация предполагает выделение множества ключевых слов, определяющих тематику текста. При этом каждому из них приписывается вес, определяющий значимость данного слова в тематике, т.е. какие-то ключевые слова играют большую роль в определении тематики, какие-то меньшую, но именно такая совокупность слов, с такой значимостью каждого из них в тематике и определяет тематическую направленность.

Такой подход обеспечивает снижение размерности за счет перехода от основного текста к его представлению в виде множества ключевых слов, приближенно описывающих его содержание. Это необходимо, прежде всего, для последующей тематической идентификации сравниваемых текстов.

Ключевые слова определяются по количеству их вхождений в текст, а именно — частота ключевых слов в тексте выше других слов.

**Вспомогательные этапы обработки текста.**

Удаление незначительных слов из рассматриваемых текстов в большинстве случаев является необходимым этапом предварительной обработки текста [3]. Это значительно позволяет повысить эффективность алгоритма, сравнивающего или анализирующего документы. Используются два основных подхода.

Удаление по словарю. Необходимо предварительно составить словарь так называемых стоп-слов, которые не содержат значительную информацию.

Удаление слов по частоте. Слова, имеющие наибольшую частоту появления в тексте, чаще всего относятся к союзам, предлогам и другим незначащим словам, и являются шумом при анализе текста. Необходимо определить пороговую частоту появления слов, чтобы безошибочно удалять из анализируемого текста незначащие слова.

Так же значительно повысить эффективность любого из перечисленных методов можно с помощью предварительного морфологического и синтаксического анализа. В данном случае необходимо использовать соответствующие словари или прикладные программы.

## **Заключение**

Проведено исследование основных методов анализа и оценки близости текстов. Был проведен анализ структуры и особенностей составления федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения. Для сравнения текстовых фрагментов стандартов был выбран метод частотно-контекстной классификации тематики текста, для которого будет реализовано приложение. Также были рассмотрены такие документы как план учебного процесса и академическая справка.

## **Список литературы:**

1. Анализ текстовых документов для извлечения тематически сгруппированных ключевых терминов, [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://citforum.ru/database/articles/kw\\_extraction/](http://citforum.ru/database/articles/kw_extraction/) (дата обращения: 18.04.2014).
2. Министерство образования и науки, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mon.gov.ru/>.
3. Модели и методы семантического сравнения строк символов в коллекции документов, [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.dissercat.com/content/modeli-i-metody-semanticheskogo-sravneniya-strok-simvolov-v-kollektsii-dokumentov> (дата обращения: 10.05.2014).
4. Моченов С.В., А.М. Бледнов, Ю.А. Луговских Применение статистических методов для семантического анализа Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005.
5. Портал федеральных государственных образовательных стандартов, [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.fgosvpo.ru/>.



# НЕЙРОСЕТЕВАЯ СТРУКТУРА ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

*Куликов Роман Евгеньевич*

*аспирант Саратовского государственного  
технического университета им. Гагарина Ю.А.,  
инженер АСУ ТП АО «Апатит» (Группа компаний «ФосАгро»),  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [kulikovre@mail.ru](mailto:kulikovre@mail.ru)*

## NEURAL NETWORK STRUCTURE OF SUPPORT OF PROCESSES OF DETECTION OF REFUSALS OF ELECTROTECHNICAL COMPLEXES

*Roman Kulikov*

*postgraduate Student of Gagarin Saratov State Technical University,  
PCS Engineer of JSC «Apatit» («PhosAgro» Group),  
Russia, Saratov*

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрена концепция построения нейросетевых структур поддержки процессов обнаружения отказов в структурах электро-технических комплексов. Основой организации логических выводов и правил принятия решений является база данных и знаний интеллектуальной системы поддержки методов оценивания работоспособных состояний и обнаружения отказов. Данный подход к построению нейронной сети позволяет понизить уровень субъективизма в правилах принятия решений, а также сократить временные интервалы обучения сетей.

### ABSTRACT

The concept of creation of neural network structures of support of processes of detection of refusals in structures of electrotechnical complexes is considered. A basis of the organization of logical conclusions and decision-making rules is the data and knowledge bases of intellectual system of support of methods of estimation of efficient conditions and detection of refusals. This approach to creation of a neural network

allows to lower subjectivity level in decision-making rules, and also to reduce time intervals of training of networks.

**Ключевые слова:** нейронная сеть; база знаний; обнаружение отказов; функция активации; интеллектуальная система.

**Keywords:** neural network; knowledge base; detection of refusals; activation function; intellectual system.

Процессы обнаружения отказов являются важной частью технического диагностирования устройств электротехнических комплексов. При этом разработка и усовершенствование методов, алгоритмов и средств обнаружения отказов в структурах комплексов осуществляется на стадиях проектирования, производства и эксплуатации объектов. Поддержку методов оценивания работоспособных состояний и обнаружения отказов перспективно осуществлять средствами интеллектуальных систем и нейросетевых структур.

Отличительной особенностью построения нейронной сети обнаружения отказов электротехнических комплексов является применение в процессах обучения сети логического формализма механизмов логического вывода и правил принятия решений интеллектуальной системы поддержки методов решения проблемных задач. При этом в качестве информационного обеспечения используются базы данных и знаний интеллектуальной системы поддержки методов реализации процессов оценивания работоспособных состояний и обнаружения отказов устройств комплексов.

Структура модели нейронной сети определяется входным, выходным и скрытым слоями по числу проблемных задач [1; 2], где число нейронов скрытого слоя определяется числом выходных параметров.  $H_j, j = \overline{1, m}$  — нейроны скрытого слоя сети, отражающие состав выходных параметров комплекса.

Синтез эталонных образов, представленных векторами переменных, распознаваемых нейронами первого скрытого слоя сети, осуществляется на основе результатов регистрации и анализа по заданным критериям [6; 7] исходных данных и знаний, показателей внешней среды и выходных параметров электротехнических комплексов.

Эталонные образы, распознаваемые нейронами скрытого слоя, формируются в результате объединения локальных векторов переменных, регистрируемых в процессе испытания комплексов в условиях:

- применительно к номинальным условиям внешней среды

$$\bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(t), f_j(U_l(t), W_H(t), Q_r(t)),$$

где:  $\{Y_j(t)\}, j = \overline{1, m}$  — число выходных параметров комплекса;

$\{U_l(t)\}, l = \overline{1, n}$  — число управляющих сигналов, подаваемых на объект;

$W_H(t)$  — номинальные значения внешней среды;

$\{Q_r(t)\}, r = \overline{1, R}$  — заданный перечень отказов комплекса;

- применительно к реализации заданной последовательности критичных факторов внешней среды

$$\bigcup_{p=1}^L \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(t), f_j(U_l(t), W_p(t), Q_r(t)),$$

где:  $\{W_p(t)\}, p = \overline{1, L}$  — перечень критичных факторов внешней среды заданной последовательности.

В результате распознавания эталонных образов нейронами скрытого слоя формируются функции активации вида:

- в номинальных условиях внешней среды

$$\bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\mathfrak{Q}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)), \quad (1)$$

где:  $\bar{\mathfrak{Q}}, \bar{g}, \bar{z}$  — векторы свойств, параметров и признаков, отражающие характерные особенности, соответственно, управляющих сигналов  $\{U_l(\bar{\mathfrak{Q}})\}$ , номинальных условий внешней среды  $(W_H(\bar{g}))$ , показателей состояния выхода  $\{Y_j(\bar{z})\}$  электротехнического комплекса;

- в условиях влияния заданной последовательности критичных факторов внешней среды

$$\bigcup_{p=1}^L \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\mathfrak{Q}}), W_p(\bar{g}), Q_r(t)), \quad (2)$$

где:  $\bar{\mathfrak{Q}}, \bar{g}, \bar{z}$  — векторы свойств, параметров и признаков; при этом  $\bar{g}$  отражает характерные параметры и показатели перечня критичных

факторов внешней среды ( $W_p(\bar{g})$ ) к состояниям электротехнического комплекса.

Функции активации (1), (2) составляют структуру логического формализма базы данных и знаний интеллектуальной системы, обеспечивающего средствами нейронов скрытого слоя сети принятие решений по оцениванию работоспособных состояний и обнаружению отказов электротехнических комплексов, согласно зависимости вида [1; 2]:

$$\begin{aligned}
 & \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_1(\bar{z}), f_1(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \cup \\
 & \cup \left[ \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_1(\bar{z}), f_1(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \oplus \right. \\
 & \left. \oplus \left( \bigcup_{p=1}^L \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_1(\bar{z}), f_1(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_p(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \right] \cup \dots \\
 & \dots \cup \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \cup \\
 & \cup \left[ \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \oplus \right. \\
 & \left. \oplus \left( \bigcup_{p=1}^L \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_p(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \right] \cup \dots \\
 & \dots \cup \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_m(\bar{z}), f_m(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \cup \\
 & \cup \left[ \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_m(\bar{z}), f_m(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \oplus \right. \\
 & \left. \oplus \left( \bigcup_{p=1}^L \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_m(\bar{z}), f_m(U_l(\bar{\mathfrak{G}}), W_p(\bar{g}), Q_r(t)) \right) \right] = \langle Q_0, Q \rangle_{\{K_i\}, \{D_j\}}, \quad (3)
 \end{aligned}$$

где: « $\oplus$ » — условие сложения по mod 2 числовых значений выходных параметров комплекса;

$\{K_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots$  — перечень критериев оценивания числовых значений выходных параметров комплекса [6];

$\{D_j\}, j = \overline{1, m}$  — перечень допусковых ограничений выходных параметров комплекса;

$\langle Q_0, Q \rangle$  — означает работоспособные состояния ( $Q_0$ ), обнаруживающий перечень состояний отказов электротехнического комплекса ( $Q$ ).

Функции активации, формируемые нейронами скрытого слоя сети (1), (2), с учетом результатов реализации логического формализма интеллектуальной системы поддержки метода обнаружения отказов имеют вид:

- в номинальных условиях внешней среды

$$\bigcup_{j=1}^m \left( \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\Theta}), W_H(\bar{g}), Q_r(t)) \right); \quad (5)$$

- в условиях влияния последовательности факторов внешней среды

$$\bigcup_{j=1}^m \left( \bigcup_{p=1}^L \bigcup_{r=1}^R \bigcup_{l=1}^n Y_j(\bar{z}), f_j(U_l(\bar{\Theta}), W_p(\bar{g}), Q_r(t)) \right). \quad (6)$$

Все функции активации, формируемые нейронами скрытого слоя сети (5), (6), отражают факты обнаружения соответствующих отказов электротехнического комплекса. Функции активации (5), (6) представляют собой бинарные коды (101...1) разрядностью, определяемой числом выходных параметров соответствующего комплекса.

### Список литературы:

1. Дрогайцев В.С., Куликов Р.Е., Ушаков В.А. Интеллектуальные средства в процессах диагностирования отказов бортовых систем управления летательных аппаратов в условиях влияния внешней среды. Часть I // Авиакосмическое приборостроение. — 2014. — № 7. — С. 3—11.
2. Дрогайцев В.С., Куликов Р.Е., Ушаков В.А. Интеллектуальные средства в процессах диагностирования отказов бортовых систем управления летательных аппаратов в условиях влияния внешней среды. Часть II // Авиакосмическое приборостроение. — 2014. — № 9. — С. 3—9.

## СЕКЦИЯ 2.

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

#### ЭТАПЫ ТЕРМОСИЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МАЛОЖЕСТКИХ ДЛИННОМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ

**Семенов Кирилл Олегович**

*магистрант кафедры «Оборудование  
и технологии машиностроительного производства»,  
Тольяттинский государственный университет,  
РФ, г. Тольятти*

*E-mail: [semen-tgu@yandex.ru](mailto:semen-tgu@yandex.ru)*

**Расторгуев Дмитрий Александрович**

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Оборудование  
и технологии машиностроительного производства»,  
Тольяттинский государственный университет,  
РФ, г. Тольятти*

*E-mail: [Rast\\_73@mail.ru](mailto:Rast_73@mail.ru)*

#### STAGES OF THERMOPOWER PROCESSING OF LOW-RIGID LENGTHY DETAILS

**Semenov Kirill**

*undergraduate of the Department “Equipment and technology  
of machine-building production”, Togliatti State University,  
Russia, Togliatti*

**Rastorguev Dmitry**

*candidate of technical Sciences,  
associate Professor of the Department “Equipment and technology  
of machine-building production”, Togliatti State University,  
Russia, Togliatti*

## АННОТАЦИЯ

Стабилизация геометрии маложестких деталей является одной из актуальных задач современного машиностроения, в связи с ужесточением точностных требований к ним при постоянном снижении материалоемкости изделий. Эта проблема решается в основном за счет управления остаточными напряжениями. Для снятия остаточных напряжений, их выравнивания по длине используются методы искусственного старения.

## ABSTRACT

Stabilization of geometry of low-rigid details is one of actual problems of modern mechanical engineering, in connection with toughening of precision requirements to them at continuous drop of a material capacity of products. This problem is solved generally due to steering of residual tension. For removal of residual tension, their alignments on length are used methods of artificial aging.

**Ключевые слова:** термосиловая обработка; остаточные напряжения.

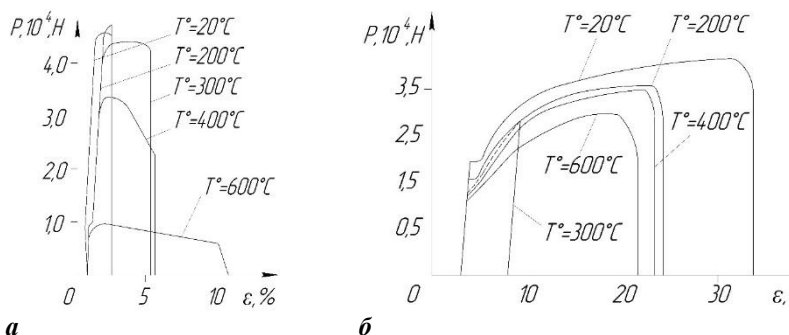
**Keywords:** thermopower processing; residual tension.

Процесс ТСО разделяется на три этапа — нагрузка-нагрев, выстой и разгрузка-охлаждение. Каждый этап требует своей модели управления. В первой модели управление осуществляется по температуре  $T^\circ(t)$ , а через нее напряжением  $\sigma(t)$ , контролируется при этом выходная величина —  $\varepsilon(t)$ . Во второй: деформация поддерживается постоянной  $\varepsilon = \text{const}$  при постоянной температуре. Выход — напряжение  $\sigma(t)$ . В третьей модели напряжение  $\sigma(t)$  уменьшается в функции изменения температуры  $T^\circ(t)$  остывания.

Для описания процесса ТСО, заготовки в термоупругопластическом состоянии необходима статическая характеристика объекта управления. Она представлена (рис. 1) в координатах «сила-перемещение» для сталей 40 и 12Х18Н10Т, из которых следует, что объект ведет себя и как упруго-вязкая, и как упруго-вязкоупрочняющая среда при превышении предела текучести [1; 2].

В фазе нагрева — нагружения к заготовке прикладывается напряжение  $\sigma(t)$ , которое создается за счет разницы тепловых удлинений стапеля  $\Delta u_{CT}$  и заготовки  $\Delta u_{ЗАГ}$ ,  $\Delta u = \Delta u_{CT} - \Delta u_{ЗАГ}$  или в относительных деформациях с учетом коэффициентов теплового расширения  $\Delta \varepsilon = \varepsilon_{CT} - \varepsilon_{ЗАГ} = (\alpha_{CT} - \alpha_{ЗАГ})T^\circ$ .

С учетом жесткости ступеля (его цилиндрической части, и большей частью, контактной жесткости в стыках захватов и опорных элементов ступеля) данная разница удлинений приводит к возникновению силы  $F_{удл} = K \cdot \Delta y = K \cdot L \cdot \Delta \varepsilon$ , где  $K$  – суммарный коэффициент контактной жесткости стыков элементов, фиксирующих заготовку в ступеле, и жесткости опор ступеля;  $L$  – длина деформируемой части заготовки. Если процесс упруго-пластической деформации начать рано, когда еще не достигнуто желаемое распределение температуры, то ухудшается процесс пластической деформации (большая неравномерность по длине) и время обработки увеличивается.



**Рисунок 1. Статические характеристики процесса осевого деформирования: а — сталь 40Х; б — сталь 12Х18Н10Т**

Для обеспечения запаздывания начала процесса деформирования при увеличении температуры при закреплении заготовки предусматриваются зазоры, которые выбираются с ростом температуры за счет разницы тепловых деформаций ступеля и заготовки. Поэтому:

$$\begin{aligned} F_{удл} &= K \cdot \Delta y = K \cdot L \cdot \Delta \varepsilon \text{ при } L \cdot \Delta \varepsilon \geq \delta_0, \\ F_{удл} &= 0 \text{ при } L \cdot \Delta \varepsilon < \delta_0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\delta_0$  – начальный зазор. С учетом диаметра заготовки  $d$  в ней возникают напряжения  $\sigma_H$  от нагрузки  $\sigma_H = F_{удл} / \pi d^2$ .

Процесс термомодеформации на этапе осевого деформирования, после выхода на заданный температурный режим, описывается уравнениями:



$$\begin{aligned}
 E_2 \varepsilon_1 + \beta \dot{\varepsilon}_1 &= (1 + E_2 / E_1) \sigma_{1\Sigma} + \beta / E_1 \dot{\sigma}_{1\Sigma}; \\
 \sigma_1^T &= E \alpha T^\circ; \varepsilon_{1\Sigma} = \varepsilon_1 + \varepsilon_1^T; \sigma_1 = \sigma_p; \\
 \varepsilon_1^T &= \alpha T^\circ; \varepsilon_2 = -\mu \sigma_1 / E; \sigma_{1\Sigma} = \sigma_1 + \sigma_1^T
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

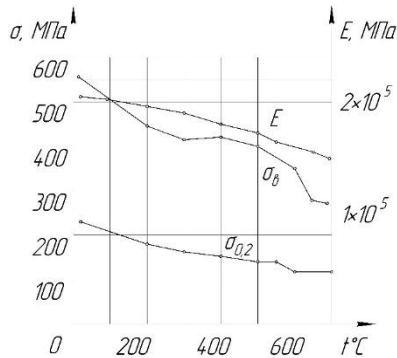
где:  $E_1$  и  $E_2$  — модули упрочнения и упругости, МПа;

$\beta$  — коэффициент вязкости, МПа·с;

$\varepsilon_{1\Sigma}$  — суммарная деформация;

$\sigma_{1\Sigma}$  — суммарные напряжения, МПа;

$\sigma_p$  — напряжения растяжения от разницы удлинений ступеля и заготовки, МПа. Параметры модели — модуль упругости, предел текучести являются функцией температуры (рис. 2).



**Рисунок 2. Изменение механических свойств стали 12X18H9T в зависимости от температуры**

Зависимость модуля упругости от температуры (формула Белла):

$$\begin{aligned}
 E(T) &= E(0) \cdot \phi(T), \\
 \phi(T) &= \begin{cases} 1 & 0 < T / T_{пл} \leq 0,06 \\ 1,03(1 - T / (2T_{пл})) & 0,06 < T / T_{пл} \leq 0,57 \end{cases}, \tag{3}
 \end{aligned}$$

где:  $T_{пл}$  — температура плавления;

$E(0)$  — значения модуля при нулевом напряжении, определяется из экспериментов по формуле:

$$G(0) = \frac{G_0}{\varphi(T_0)}, \quad (4)$$

где  $G_0$  – модуль упругости при температуре  $T_0 = 20^\circ \text{C}$ .

При моделировании методами теории автоматического управления данные уравнения переводятся в операторную форму. Передаточные функции объекта управления для одной ветви примут вид:

$$W_1(S) = \frac{\varepsilon(S)}{\sigma(S)} = \frac{k_1(1+T_2S)}{1+T_1(S)}; \quad W_2(S) = \frac{\varepsilon_1^T(S)}{T^*(S)} = k_2; \quad W_4(S) = \frac{\varepsilon_2(S^1)}{\varepsilon_{1\Sigma}(S)} = \mu = k_4;$$

$$W_3(S) = \frac{\sigma_1^T(S)}{T^*(S)} = E\alpha = k_3; \quad W_5(S) = \frac{\sigma_1^1(S)}{\varepsilon_2(S)} = E / \mu = k_5. \quad (5)$$

где:  $T_1 = \beta / E_2$ ,  $T_2 = \beta / E_1 E_2$  – постоянные времени, первый коэффициент последействия, с;

$k_1 = (E_1 + E_2) / E_1 E_2$ ,  $k_2 = \alpha$ ,  $k_3 = E_1 \alpha$ ,  $k_4 = \mu$ ,  $k_5 = E_1 / \mu$  — коэффициенты усиления;  $\mu$  – коэффициент Пуассона. Входом модели является осевое напряжение и температура, а выходами продольная и поперечная относительные деформации  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ .

Поскольку процесс выстоя может достигать 1—2 ч., например при высоком отпуске, необходимо при разработке модели учитывать релаксационные процессы. Прогрев заготовки приводит к выравниванию температурного поля, но геометрия заготовки уже сформирована на первом этапе. Вход на объект управления — суммарная деформация  $\varepsilon_\Sigma$ . Переходный процесс  $\varepsilon_\Sigma = \varepsilon_{\text{УПР}} + \varepsilon_{\text{ПЛ}}$  происходит за счет роста пластической деформации при уменьшении упругой, что приводит к равновесному состоянию  $\sigma_{\text{РАВНОВЕС}}$ .

Уравнение (2), выраженное относительно напряжения:

$$\sigma_1 = \alpha_p E T^\circ + E \varepsilon_1; \quad \sigma_2 = 0 \quad (6)$$

На фазе выстоя температура постоянна и температурные напряжения равны нулю. Процесс релаксации, который протекает на данном этапе, описывается формулой:

$$\sigma(t) = E_T \varepsilon_\Sigma \left[ 1 - \int_0^t T(\tau) d\tau \right], \quad (7)$$

где:  $E_T$  – модуль упругости при рабочей температуре;

$\varepsilon_\Sigma$  – конечная суммарная деформация первого этапа;

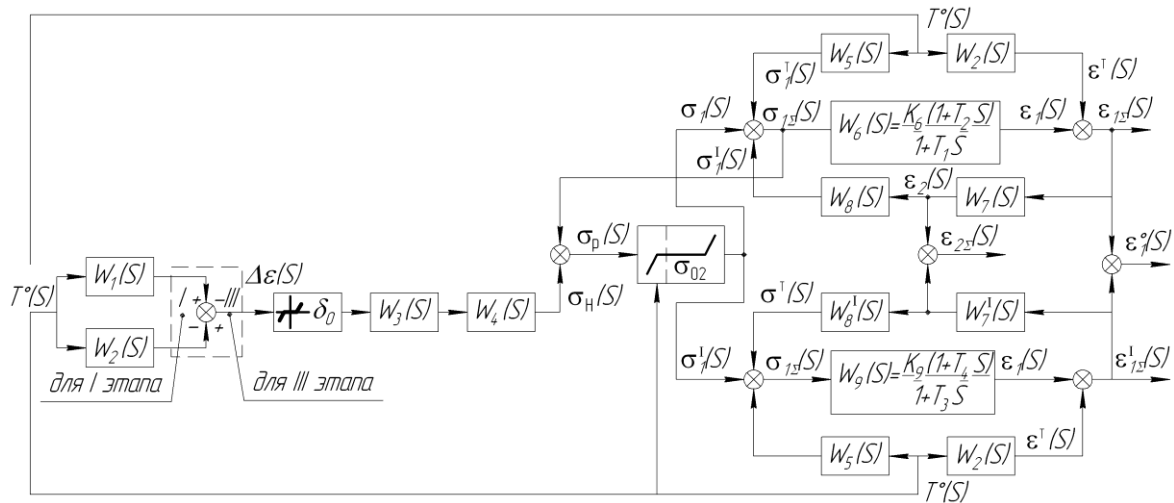
$T(\tau)$  – ядро уравнения Вольтерры 2-го рода. Для его представления использовалось ядро Ржаницина в виде:

$$T(t) = A \cdot e^{-\beta t} \cdot t^{\alpha-1} \quad (8)$$

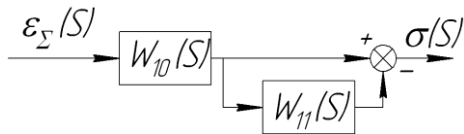
Коэффициент  $A$ , показатели степени  $\beta$ ,  $\alpha$  были получены по результатам релаксационных испытаний. Передаточные функции:

$$W_{10}(S) = \frac{\sigma_y(S)}{\varepsilon_\Sigma(S)} = E_T = \kappa_{10}; \quad W_{11}(S) = \frac{\sigma_p(S)}{\varepsilon_\Sigma(S)} = \frac{1}{S} \kappa_{11}. \quad (9)$$

Этап выстоя в совокупности с первым этапом нагрева-нагрузки ТСО позволяет устранить технологическую наследственность от предыдущих операций, стабилизировать уровень остаточных напряжений в сечении и по длине изделия, создавая при этом остаточные напряжения одного знака, одновременно провести правку длинномерных заготовок, если в процессе предыдущих операций изделие покоробилось.



**а**



**б**

**Рисунок 3. Развернутая схема объекта управления TCO:**  
**а** — этап нагрева нагружения и охлаждения-разгрузки;  
**б** — этап выстоя

На третьем этапе ТСО разгрузке, могут появиться новые остаточные напряжения за счет несовместимости упругих и пластических деформаций. Пределы текучести с понижением температуры резко возрастают, особенно в интервалах  $T = (250...20)^\circ C$ . На структурной схеме (рис. 3, а) для третьего этапа меняется знак в блоке, выделенном пунктирной линией. Это связано с тем, что скорость остывания ступеля меньше, чем скорость остывания вала.

Коробление обусловлено неоднородностью температурного поля, пластической деформации. Это приводит к несовместности пластической и упругой деформации при разгрузке. Остаточные напряжения релаксируют не одновременно и неодинаково в продольных и поперечных сечениях.

При охлаждении растянутого вала, закрепленного в ступеле, возникают новые остаточные напряжения — равномерно расположенные по сечению заготовки. Предельный уровень остаточных напряжений определяется зависимостью:

$$\sigma_{\text{ост}} = E(\varepsilon_y + \varepsilon_T) \quad (10)$$

На первом этапе охлаждения вала в ступеле, т. е. когда разность температур вала и ступеля максимальна, величина малых остаточных деформаций вала (изделия) представляет собой сумму упругой  $\varepsilon_y$ , пластической  $\varepsilon_{\text{пл}}$  и температурой деформации  $\varepsilon_T$ :

$$\varepsilon_{\Sigma} = \varepsilon_y + \varepsilon_{\text{пл}} + \varepsilon_T, \quad (11)$$

$$\text{здесь } \varepsilon_T = \int_{T_0}^T \alpha_T(T^\circ) dT^\circ.$$

Рассмотренные модели позволяют провести все необходимо термодеформационные расчеты для маложестких деталей с учетом температурных факторов при разработке операций термосиловой обработки.

### Список литературы:

1. Драчев О.И., Расторгуев Д.А., Старостина М.В. Моделирование упруго-пластических деформаций при термосиловой обработке / Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2012. — № 3. — С. 80—85.
2. Драчев О.И. Технология изготовления маложестких осесимметричных деталей. М.; Политехника, 2005. — 289 с.

### СЕКЦИЯ 3.

## АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

### РАЗРАБОТКА КАЗАХСТАНСКОГО ЗВЕЗДНОГО ДАТЧИКА

***Елубаев Сулеймен Актлеуович***

*заведующий лабораторией имитационного моделирования  
и разработки космических систем,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [elubaev.s@istt.kz](mailto:elubaev.s@istt.kz)*

***Тен Владимир Валентинович***

*ведущий научный сотрудник,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [ten.v@istt.kz](mailto:ten.v@istt.kz)*

***Альбазаров Бахытжан Шапагатович***

*ведущий научный сотрудник,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [albazarov.b@istt.kz](mailto:albazarov.b@istt.kz)*

***Сарсенбаев Ербол Ерикович***

*старший научный сотрудник,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [sarsenbayev.e@isst.kz](mailto:sarsenbayev.e@isst.kz)*

***Алипбаев Куаныш Арингожаевич***

*заместитель заведующего лабораторией,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [alipbayev.k@istt.kz](mailto:alipbayev.k@istt.kz)*

**Шамро Александр Валентинович**  
заведующий сектором,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [shamro.a@istt.kz](mailto:shamro.a@istt.kz)

**Бопеев Тимур Маратович**  
заведующий сектором,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [bopuev.t@istt.kz](mailto:bopuev.t@istt.kz)

## **DEVELOPMENT OF STAR TRACKER OF KAZAKHSTAN**

**Suleimen Yelubayev**  
head of laboratory of space system simulation and development,  
AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty

**Vladimir Ten**  
leading researcher, AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty

**Bakhytjan Albazarov**  
leading researcher, AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty

**Erbol Sarsenbayev**  
senior researcher, AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty

**Kuanysh Alipbayev**  
deputy head of the laboratory,  
AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty

**Alexander Shamro**

*sector manager, AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

**Timur Bopayev**

*sector manager, AALR “Institute of space technique and technology”,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

## **АННОТАЦИЯ**

В настоящее время в Казахстане уделяется большое внимание созданию самостоятельной космической отрасли. Запущено два спутника дистанционного зондирования Земли, ведутся проекты по разработке компонентов системы управления движением и навигации космических аппаратов. Одним из таких компонентов является звездный датчик, представляющий собой высокотехнологичный прибор для точного определения ориентации космического аппарата. В данной статье рассматриваются основные этапы его проектирования и разработки.

## **ABSTRACT**

Great attention to the creation of an independent space industry is paid in Kazakhstan at present. Two satellites for Earth remote sensing were launched, projects on development of components for satellite's attitude determination and control system are carried out. Star tracker is one of such components. It is a high-tech device for accurate determination of satellite's attitude. This article discusses the basic stages of design and development of star tracker.

**Ключевые слова:** космический аппарат; звездный датчик; опытный образец.

**Keywords:** satellite; star tracker; prototype.

## **Введение**

Создание космических систем дистанционного зондирования Земли является основной тенденцией развития космической отрасли в Казахстане. Относительно недавно успешно произведен запуск двух казахстанских спутников ДЗЗ, разработанных совместно с французской компанией EADS Astrium и великобританской компанией Surrey Satellite Technology Ltd. В будущем в Казахстане планируется разрабатывать КА ДЗЗ своими силами. В связи с этим приобретает актуальность разработка собственных отечественных комплектующих



и компонентов для спутников, одним из которых является звездный датчик.

Силами отечественных специалистов в Казахстане разрабатывается собственный звездный датчик. На первом этапе разработан его экспериментальный образец. Основной целью данного этапа является отработка основных режимов работы и программно-математического обеспечения звездного датчика, который имеет следующие характеристики: поле зрения — 20 градусов, точность определения ориентации в плоскости XY — 15 уг.сек., точность определения ориентации вокруг оптической оси Z — 50 уг.сек., частота обновления информации — 2 Гц, минимальный угол между оптической осью и Солнцем — 40 градусов, масса звездного датчика — 1,435 кг.

На следующем этапе на его основе планируется разработать опытный образец звездного датчика для последующего его использования на казахстанских космических аппаратах.

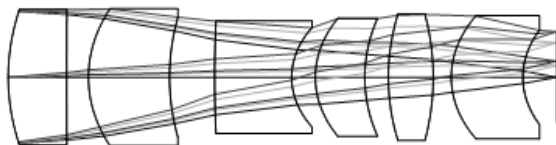
Определение требований и проектирование звездного датчика

Наибольшую трудность при создании звездного датчика представляет разработка бортового программного обеспечения. Поскольку звездный датчик должен позволять определять угловое положение космического аппарата с точностью до нескольких угловых секунд, то программное обеспечение должно определять координаты звезд с большой точностью, что накладывает определенные требования на основные компоненты звездного датчика: оптическую систему, детектор, блок электроники.

Для изготовления оптической системы звездного датчика разработаны следующие требования: поле зрения — 20 градусов; диаметр входного зрачка — 25 мм; диаметр пятна рассеяния — 85 % энергии в 39 мкм [1, с. 237]; минимальный угол между направлениями оптической оси звездного датчика и на Солнце — 40 градусов; изображение каждой звезды должно быть дефокусировано в виде пятна диаметром 5—6 пикселей. Также определены требования к бленде, детектору и компонентам блока электроники звездного датчика.

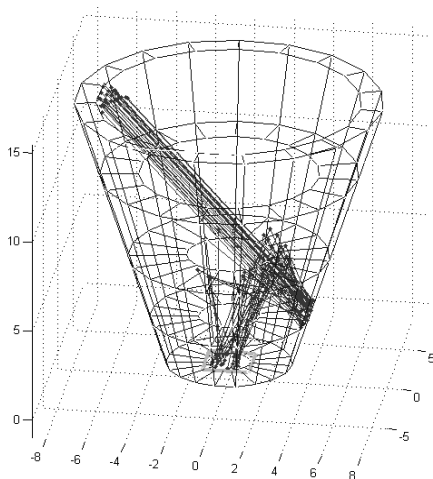
В рамках проектирования звездного датчика с учетом полученных требований произведен выбор оптической схемы звездного датчика. Для этого были рассмотрены три варианта оптической системы, для каждого из которых с помощью программной системы ZEMAX исследовано изменение качественных характеристик оптических систем. В результате выбор был определен в пользу шестилинзовой оптической системы (рисунок 1), так как она позволяет компенсировать большинство aberrаций, а значения основных качественных параметров оптической системы не уступают значениям

данных параметров у других вариантов оптических систем. На основе полученных данных разработан чертеж конструкции объектива экспериментального образца звездного датчика.



***Рисунок 1. Шестилинзовая оптическая система***

Для проектирования бленды проведено моделирование в среде Matlab нежелательной засветки от Солнца для предельного угла его от оптической оси в 40 градусов (рисунок 2). При компьютерном моделировании для определения направления последующего после отражения хода луча использован метод Монте-Карло. Полученные результаты анализа моделирования позволили разработать чертеж конструкции бленды экспериментального образца звездного датчика.



***Рисунок 2. Моделирование нежелательной засветки звездного датчика***

Также на этапе проектирования звездного датчика были проведены работы по выбору его детектора и оборудования блока электроники. В качестве детектора экспериментального образца звездного датчика выбран КМОП-детектор CIS2051. При минимальном биннинге 2x2 пикселя (группировка пикселей в большие виртуальные пиксели) отношение сигнал — шум равно 7.91, чего более чем достаточно для уверенной фильтрации шумов и точного определения центроидов изображений звезд.

В качестве процессорного модуля блока электроники экспериментального образца звездного датчика рассматривалось три варианта — SBC 1651, Q6, Mars ZX3. В результате был выбран модуль Mars ZX3, который сочетает в себе двухядерный процессор ARM Cortex A9 и ПЛИС Artix-7. Процессор содержит необходимый объем памяти, кроме того связь ЦП и ПЛИС посредством высокоскоростной шины AMBA обеспечивает гибкую настройку системы и высокую пропускную способность данных.

Разработка звездного датчика

Оптическая система экспериментального образца звездного датчика полностью разработана своими силами в Институте космической техники и технологий (г. Алматы) и представлена на рисунке 3.



***Рисунок 3. Оптическая система экспериментального образца звездного датчика***

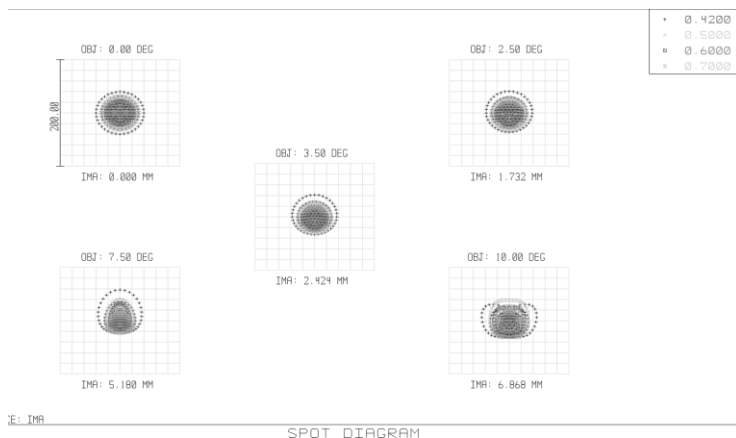
Для изготовления линз оптической системы звездного датчика использовано оптическое стекло различных производителей. Для контроля качества полировки линз, соблюдения их геометрических параметров, точности установки элементов оптической системы было

использовано следующее оборудование: теневой прибор, автоколлимационный радиусомер, прибор для измерения косины, толщиномер. Погрешности данного оборудования были следующие:

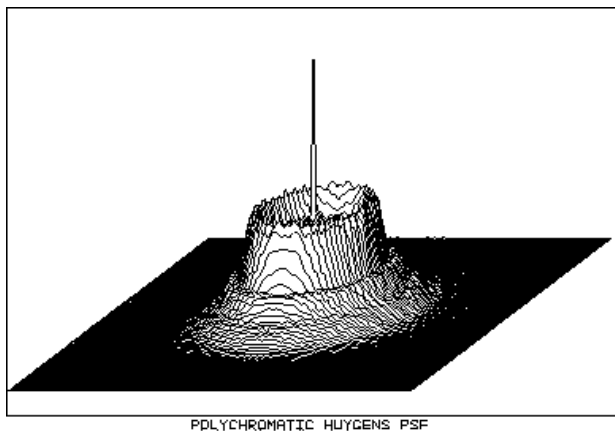
- теневой прибор — чувствительность к отклонению от сферической поверхности  $1/50$  длины волны света;
- автоколлимационный радиусомер позволяет измерять радиус кривизны вогнутых поверхностей, с точностью порядка  $0,02—0,05$  мм;
- косиномер, для измерения разнотолщинности (косины) линзы по краю, имеет чувствительность метода порядка  $3$  мкм;
- толщиномер, для измерения толщины линзы на оси, имеет точность измерения  $0,005—0,01$  мм.

Измеренные величины, изготовленной оптической системы были введены в программном обеспечении Zemax и проведен анализ характеристик созданной системы (рисунок 4, 5). Анализ представленных рисунков показывает, что созданная система отвечает предъявляемым требованиям по размеру пятна рассеяния.

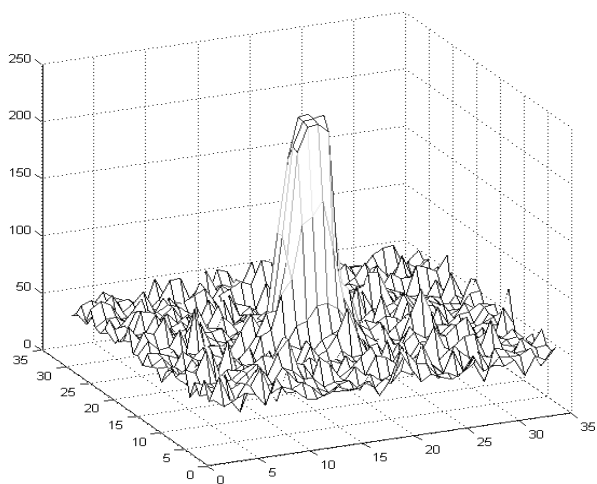
Верификация оптической системы экспериментального образца звездного датчика проводилась путем съемки ночного неба в условиях высокогорья (высота над уровнем моря около  $2700$  м) без влияния посторонней засветки. Съемка проводилась при различных выдержках: от  $0,2$  до  $0,8$  сек различных частей ночного неба. Проведен анализ полученных изображений звезд на их размер на фокальной плоскости. На рисунке 6 приводится функция рассеяния точки, соответствующая одной из звезд средней яркости.



**Рисунок 4. Изображения точки в зависимости от угла поля зрения, получаемые созданной оптической системой**



**Рисунок 5. ФРТ на оси созданной оптической системы**



**Рисунок 6. ФРТ одной из звезд средней яркости. Интенсивность принимаемого излучения — ось  $Z$ , пикселя матрицы — плоскость  $XY$**

Бленда экспериментального образца звездного датчика изготовлена на основе анализа результатов моделирования хода лучей и приведена на рисунке 7.



**Рисунок 7. Экспериментальный образец звездного датчика с блендой**

Программно-математическое обеспечение экспериментального образца звездного датчика базируется на алгоритмах предварительной обработки изображения, распознавания звезд и определения ориентации. Его общая схема приведена на рисунке 8.



**Рисунок 8. Общая схема программно-математического обеспечения звездного датчика**

Получение исходного изображения производится на основе обработки выходных данных детектора звездного датчика. В результате изображение представляет собой матрицу пикселей (F) с интенсивностью в определённом диапазоне длин волн.

После получения исходного изображения производится его бинаризация, которая представляет собой процесс преобразования исходного изображения в бинарное. Для проведения бинаризации используются пороговые значения бинаризации, которые вычисляются динамически для каждого полученного изображения, позволяют исключить на изображении излишнюю информацию и выделить контуры объектов.

На следующем этапе после бинаризации производится фильтрация изображения с помощью медианного фильтра [2, с. 234], в результате которой на бинарном изображении исключаются шумы и дефекты изображения.

Далее производится локализация псевдозвезд, которая заключается в выделении связанных областей путем обхода изображения специальной маской. После этого производится определение центроидов псевдозвезд (координаты их центров).

Здесь необходимо отметить, что бинаризация, фильтрация и локализация псевдозвезд выполняется на ПЛИС, так как они представляют собой операции, требующие высоких вычислительных мощностей.

После того, как на изображении выделены псевдозвезды и сформирован массив их центроидов, он отправляется в центральный процессор, где производится распознавание псевдозвезд путем их сопоставления со звездным каталогом. Как правило, распознавание производится по каким-либо конфигурациям псевдозвезд. В данном случае для распознавания используется три псевдозвезды ( $T_{\text{тек}}$ ). При этом для каждой пары псевдозвезд, входящих в тройку, рассчитываются угловые расстояния ( $\theta$ ), которые сопоставляются с угловыми расстояниями звезд в звездном каталоге с помощью метода К-вектор [3, с. 450], который прошел успешную проверку на космических аппаратах и имеет намного лучшее быстродействие по сравнению с традиционными методами поиска, например, методами бинарного поиска.

В результате проведения распознавания становятся известны координаты трех звезд в системе координат звездного датчика и соответствующие им инерциальные координаты в звездном каталоге. Определение ориентации звездного датчика в инерциальной системе координат производится на базе соотношения, связывающего координаты распознанных звезд в поле зрения звездного датчика и соответствующие им координаты звезд в звездном каталоге.

Для тестирования программно-математического обеспечения звездного датчика разработан программный имитационный комплекс, позволяющий имитировать процесс получения изображения звездным

датчиком с учетом помех и шумов, обусловленных работой детектора и погрешностями оптической системы, а также с учетом динамики самого звездного датчика. Данный программный имитационный комплекс позволил сравнить ориентацию звездного датчика, полученную с помощью его программного обеспечения с ориентацией звездного датчика, полученной с помощью модели динамики звездного датчика, заложенной в имитационный комплекс. В результате сравнения проведена оценка точности определения ориентации звездного датчика с помощью его программного обеспечения. Точность определения ориентации оптической оси звездного датчика составила 18,5673 уг.сек, точность определения угла поворота вокруг оптической оси — 21,4973 уг.сек. Данные показатели соответствуют требованиям к звездному датчику и тем самым свидетельствуют об адекватности работы его программного обеспечения, что дает основание для его использования на экспериментальном образце звездного датчика.

### **Заключение**

В статье рассмотрены основные этапы разработки экспериментального образца звездного датчика для космических аппаратов. Результаты проведенных испытаний свидетельствуют о приемлемом качестве изготовления и работы программного обеспечения экспериментального образца звездного датчика, что дает основание использовать его в качестве основы для разработки опытного образца звездного датчика.

### **Список литературы:**

1. Молдабеков М.М., Елубаев С.А., Алипбаев К.А., Бопеев Т.М., Сухенко А.С. Разработка оптической системы звездного датчика для космических аппаратов // Материалы Международной научной конференции «Решетневские чтения». Красноярск, 12—14 ноября 2013 г. — С. 237—238.
2. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 784 с.
3. Mortari D. K-vector range searching techniques // Adv. Astronaut. Sci. — 2000. — № 105. — P. 449—464.



## **ПРОБЛЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ВРАЩЕНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

***Молдабеков Мейрбек Молдабекович***

*заместитель председателя Аэрокосмического комитета  
Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан,  
Аэрокосмический комитет Министерства по инвестициям  
и развитию Республики Казахстан,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [moldabekov@kazcosmos.kz](mailto:moldabekov@kazcosmos.kz)*

***Елубаев Сулеймен Актлеуович***

*заведующий лабораторией имитационного моделирования  
и разработки космических систем,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [elubaev.s@istt.kz](mailto:elubaev.s@istt.kz)*

***Алипбаев Куаныш Арингожаевич***

*заместитель заведующего лабораторией,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [alipbayev.k@istt.kz](mailto:alipbayev.k@istt.kz)*

***Бопеев Тимур Маратович***

*заведующий сектором,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [bopuev.t@istt.kz](mailto:bopuev.t@istt.kz)*

***Сухенко Анна Сергеевна***

*заведующий сектором,  
ДТОО «Институт космической техники и технологий»,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [suhenko.a@istt.kz](mailto:suhenko.a@istt.kz)*

# **PROBLEM OF DETERMINATION THE PARAMETERS OF THE CONTROL LAW FOR SATELLITE ROTATION**

***Meirbek Moldabekov***

*deputy chairman of the Aerospace committee of the Ministry of investment and development of the Republic of Kazakhstan, Aerospace committee of the Ministry for investment and development of the Republic of Kazakhstan, Republic of Kazakhstan, Astana*

***Suleimen Yelubayev***

*head of laboratory of space system simulation and development, AALR “Institute of space technique and technology”, Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Kuanysh Alipbayev***

*deputy head of the laboratory, AALR “Institute of space technique and technology”, Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Timur Bopayev***

*sector manager, AALR “Institute of space technique and technology”, Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Anna Sukhenko***

*sector manager, AALR “Institute of space technique and technology”, Republic of Kazakhstan, Almaty*

## **АННОТАЦИЯ**

В статье излагается подход к отработке алгоритмов управления ориентацией космического аппарата с помощью имитационного моделирования. Для определения и настройки параметров закона управления с обратной связью использован подход, разработанный на основе корневых методов. Для проверки данного подхода разработана имитационная модель системы управления ориентацией космического аппарата. Проведение численных экспериментов с помощью данной имитационной модели доказало адекватность разработанных теоретических выкладок и дало обоснование для ее дальнейшего использования.

## ABSTRACT

The article describes the approach to the development of satellite attitude control system algorithms with the help of simulation modeling. To determine and tune the control law parameters it was used the approach developed on the basis of root methods. To test this approach the simulation model of the satellite attitude control system was developed. Carrying out the numerical experiments using this simulation model proved the adequacy of the developed theoretical computations and gave a reason for its further use.

**Ключевые слова:** космический аппарат; система управления ориентацией; имитационная модель.

**Keywords:** satellite; attitude control system; simulation model.

### Введение

Система управления ориентацией космического аппарата обеспечивает его стабилизацию и ориентирование в заданном направлении в процессе полета для выполнения поставленных перед ним задач в различных режимах работы: создание условий для оптимальной работы полезной нагрузки, проведение космической съемки и сеансов связи и т. д. Решение этих задач производится с помощью датчиков ориентации, исполнительных органов и программно-математического обеспечения определения и управления ориентацией космического аппарата, разработанных для каждого его режима работы и заложенных в устройство управления.

Одним из важных этапов в процессе разработки программно-математического обеспечения определения и управления ориентацией космического аппарата является отработка алгоритмов определения и управления ориентацией космического аппарата. На текущий момент известно множество способов, методик и оборудования для настройки оптимальных параметров управления космическими аппаратами, но наиболее приемлемым и менее затратным в этом случае является применение имитационного моделирования.

Данная статья является продолжением работы, приведенной в [3, с. 32] и посвященной математическому моделированию управления вращением космического аппарата вокруг заданной оси. В рамках статьи будет рассмотрена методика определения параметров управления вращением космического аппарата вокруг заданной оси и ее отработка с помощью имитационного моделирования.

Определение параметров закона управления

Рассмотрим задачу определения вектора параметров закона управления на примере задачи управления вращением космического

аппарата вокруг заданной оси с помощью инерционного исполнительного органа - маховика. Дифференциальное уравнение вращения космического аппарата в данном случае имеет вид [3, с. 35]:

$$\ddot{\varphi}_\kappa + \frac{R}{L} \dot{\varphi}_\kappa + \frac{k_e}{Lb} \varphi_\kappa = -\frac{K_0}{Lb} U, \quad (1)$$

где:  $\varphi_\kappa$  — угловое положение космического аппарата;

$$b = \frac{J_M}{k_e};$$

$$K_0 = \frac{J_M}{J_\kappa};$$

$L$ ,  $R$ ,  $U$ ,  $J_M$  — индуктивность, сопротивление, напряжение и приведенный момент инерции якоря электродвигателя соответственно;

$k_e$  — константа ЭДС электродвигателя;

$J_\kappa$  — момент инерции космического аппарата.

Закон управления с обратной связью в общем виде имеет вид [3, с. 35]:

$$U = K_{y0} \Delta\varphi_\kappa + K_{y1} \Delta\dot{\varphi}_\kappa + K_{y2} \Delta\ddot{\varphi}_\kappa, \quad (2)$$

где:  $K_{y0}$ ,  $K_{y1}$ ,  $K_{y2}$  — коэффициенты усиления обратной связи;

$\Delta\varphi_\kappa = \varphi_\kappa - \varphi_\kappa^1$  — отклонение текущего углового положения космического аппарата от требуемого;

$\varphi_\kappa^1$  — требуемое угловое положение космического аппарата.

После подстановки (2) в (1), дифференциальное уравнение движения космического аппарата относительно отклонения  $\Delta\varphi_\kappa$  примет вид:

$$\Delta\ddot{\varphi}_\kappa + a_1 \Delta\dot{\varphi}_\kappa + a_2 \Delta\varphi_\kappa + a_3 \Delta\varphi_\kappa = 0, \quad (3)$$

$$\text{где: } a_1 = \frac{1}{L} \left( R + \frac{K_0 K_{y2}}{b} \right); \quad a_2 = \frac{1}{Lb} (k_e + K_0 K_{y1}); \quad a_3 = \frac{K_0 K_{y0}}{Lb}.$$

Для решения задачи определения коэффициентов усиления обратных связей в (3) можно было бы пойти по пути приближенного решения неравенств, выражающих условия устойчивости по критерию устойчивости Гурвица [2, с. 80]. Однако такой подход не обеспечивает решение еще одной важной задачи — достижение требуемых показателей качества переходного процесса: время переходного процесса и колебательность. Поэтому применим другой подход, который обеспечит решение обеих задач одновременно: обеспечение устойчивости и требуемых показателей качества переходного процесса.

Запишем характеристическое уравнение системы управления угловым положением уравнения движения космического аппарата по одной оси в виде:

$$a_0 \lambda^3 + a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda + a_3 = 0, \quad (4)$$

где:  $\lambda = c + j\omega$  — комплексное число.

Используем понятие среднегеометрического корня:

$$\Omega_0 = +\sqrt{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3} = +\sqrt[3]{\frac{a_3}{a_0}}, \quad (5)$$

где:  $\lambda_i (i = \overline{1, 3})$  — корни характеристического уравнения (4).

Перейдем к новой комплексной величине  $q$  путем подстановки:

$$\lambda = \Omega_0 q. \quad (6)$$

Характеристическое уравнение (4) примет вид:

$$q^3 + A_1 q^2 + A_2 q + 1 = 0, \quad (7)$$

где

$$A_k = \frac{a_k \Omega_0^{3-k}}{a_0}, \quad k = (\overline{1, 3}). \quad (8)$$

а его корни будут выражены через корни исходного характеристического уравнения (4) как:

$$q_k = \frac{\lambda_k}{\Omega_0}, \quad (k = \overline{1,3}). \quad (9)$$

Исходное характеристическое уравнение при возвращении к прежней комплексной величине получает вид:

$$\lambda^3 + A_1 \Omega_0 \lambda^2 + A_2 \Omega_0^2 \lambda + \Omega_0^3 = 0. \quad (10)$$

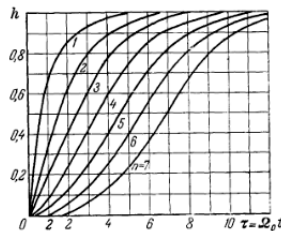
Среднегеометрический корень  $\Omega_0$  может служить мерой быстроты протекания переходных процессов. Если в уравнении (10) увеличить  $\Omega_0$ , например, в 10 раз, то на основании теоремы подобия для линейных дифференциальных уравнений переходный процесс, сохраняя свою форму, будет протекать в 10 раз быстрее.

В этой связи характеристическое уравнение (7) можно рассматривать как нормированное характеристическое уравнение, которому соответствует переходный процесс, построенный для безразмерного времени:

$$\tau = \Omega_0 t. \quad (11)$$

Если качество переходного процесса для нормированного времени  $\tau$  обеспечено, например, требуемое перерегулирование, то требуемая быстрота переходного процесса может быть обеспечена соответствующим выбором величины  $\Omega_0$ .

На рисунке 1 приведены кривые переходного процесса для систем автоматического управления для случая кратных действительных корней характеристического уравнения различных порядков от 1 до 7 [1, с. 217].



**Рисунок 1. График кривых переходного процесса для систем автоматического управления различных порядков**

Рассматривая случай кратных действительных корней нормированного характеристического уравнения третьего порядка, т.е. в нашем случае:

$$\lambda_k = -1 \quad (k = \overline{1,3}). \quad (12)$$

Из кривых переходного процесса для  $n = 3$  имеем, что нормированное время переходного процесса:

$$\tau_n = 8. \quad (13)$$

Следовательно, если мы требуем, чтобы время переходного процесса в реальном времени  $t$  не превышало 4 секунды:

$$t_n = 4 \text{ сек}, \quad (14)$$

то надо принять:

$$\Omega_0 = 2. \quad (15)$$

При условиях (12) нормированное характеристическое уравнение (7) имеет вид:

$$(q+1)^3 = q^3 + 3q^2 + 3q + 1 = 0. \quad (16)$$

т. е.  $A_1 = A_2 = 3$ .

Соответственно, из (10) характеристическое уравнение в реальном времени будет иметь вид:

$$\lambda^3 + 6\lambda^2 + 12\lambda + 8 = 0. \quad (17)$$

т. е. в характеристическом уравнении (4) его коэффициенты определяются как:

$$a_1 = 6, a_2 = 12, a_3 = 8. \quad (18)$$

Таким образом, для определения неизвестных коэффициентов обратной связи  $K_{y2}, K_{y1}, K_{y0}$  необходимо решить соответствующих три линейных алгебраических уравнения с одним неизвестным:

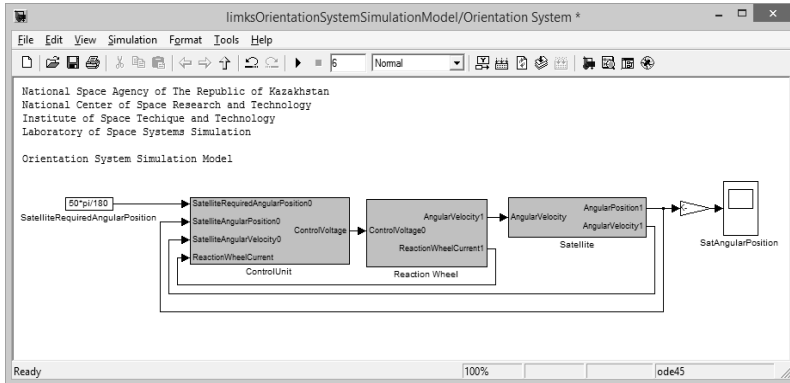
$$\frac{1}{L} \left( R + \frac{K_0 K_{y2}}{b} \right) = 6, \quad (19)$$

$$\frac{1}{Lb} (k_e + K_0 K_{y1}) = 12, \quad (20)$$

$$\frac{K_0}{Lb} K_{y0} = 8. \quad (21)$$

Имитационная модель системы управления ориентацией космического аппарата

Для тестирования математической модели динамики вращательного движения космического аппарата [3, с. 32] и разработанной математической модели определения параметров закона управления разработана имитационная модель в системе Matlab/Simulink, общий вид которой приведен на рисунке 2.



**Рисунок 2. Имитационная модель системы управления ориентацией космического аппарата**

Входной переменной имитационной модели является требуемое угловое положение космического аппарата.

Имитационная модель состоит из следующих компонентов:



- имитационная модель управляющего устройства “ControlUnit”, входными переменными которой являются текущее угловое положение и угловая скорость космического аппарата, электрический ток якоря электродвигателя и требуемое угловое положение космического аппарата, а выходной переменной является значение управляющего напряжения для электродвигателя маховика;

- имитационная модель исполнительного устройства “Reaction wheel” (маховик), входной переменной которой является значение управляющего напряжения для электродвигателя маховика, а выходными переменными — угловая скорость маховика и ток якоря электродвигателя;

- имитационная модель объекта управления “Satellite” (космический аппарат), входной переменной которой является угловая скорость маховика, а выходной переменной - значение углового положения космического аппарата.

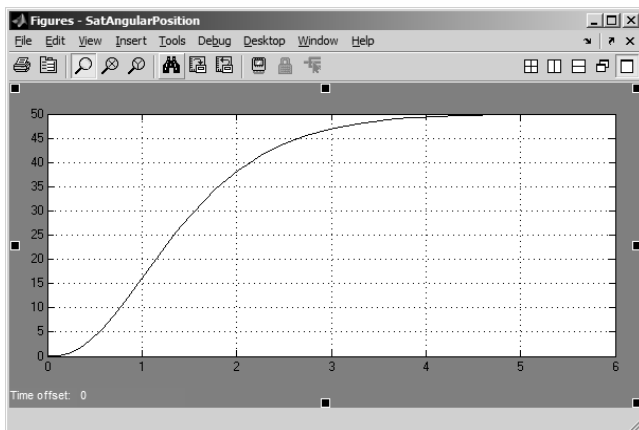
Выходной переменной имитационной модели является текущее угловое положение космического аппарата.

В ходе имитационного моделирования проведен численный эксперимент для решения задачи поворота космического аппарата из начального положения  $\varphi_k(0) = 0$  в требуемое положение  $\varphi_k(t_k) = 50^\circ$  при нулевой начальной угловой скорости. Результаты численного эксперимента приведены на рисунке 3.

Для численных расчетов использован следующий набор параметров маховика и космического аппарата [4, с. 71]:

- момент инерции маховика:  $0.008 \text{ кгм}^2$  ;
- момент инерции космического аппарата:  $9.7 \text{ кгм}^2$  ;
- сопротивление якоря электродвигателя маховика:  $0,696 \text{ Ом}$  ;
- индуктивность якоря электродвигателя маховика:  $0,000528 \text{ Гн}$  ;
- константа противо-ЭДС якоря электродвигателя маховика:  $0,038 \text{ В с}$  ;

И соответственно набор коэффициентов обратной связи, определенный на основе соотношений (19)—(21):  $K_{y0} = 1.078$ ,  $K_{y1} = -44.458$ ,  $K_{y2} = -176.854$ .



**Рисунок 3. Результаты работы имитационной модели системы управления ориентацией космического аппарата**

Как видно из рисунка 3, космический аппарат переходит в требуемое угловое положение за 4 секунды, что соответствует теоретическому обоснованию.

### **Заключение**

В данной статье рассмотрен подход к определению параметров управления вращением космического аппарата вокруг заданной оси и их настройки с помощью имитационной модели системы управления ориентацией космического аппарата. Результаты проведенных численных экспериментов свидетельствуют о правильности теоретических выкладок и дают обоснование для использования рассмотренного подхода и имитационной модели к разработке законов управления для других режимов ориентации космического аппарата.

### **Список литературы:**

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1972. — 768 с.
2. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966. — 560 с.
3. Молдабеков М.М., Алипбаев К.А., Елубаев С.А., Бопеев Т.М., Сухенко А.С. Математическая модель системы управления вращением космического аппарата вокруг заданной оси // Вестник НИА РК. № 2(52). — С. 32—38.
4. Doruk O. Nonlinear controller design for a reaction wheel actuated observatory satellite: PhD thesis. - Ankara: METU, 2008. — 146 p.

**АВИАЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ  
С ЦЕЛЬЮ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПРИРОДНОГО ГАЗА — КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА ГАЗОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ**

*Хабаров Виталий Александрович*

*канд. техн.х наук, доцент кафедры «Вычислительная техника»  
Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск  
E-mail: [yithabarov@gmail.com](mailto:yithabarov@gmail.com)*

*Попов Дмитрий Викторович*

*магистрант, Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск  
E-mail: [Juuuis92@gmail.com](mailto:Juuuis92@gmail.com)*

**AVIATION SOUNDING OF THE ATMOSPHERE  
FOR THE PURPOSE OF INVESTIGATION OF NATURAL  
GAS FIELDS — AS A PERSPECTIVE METHOD  
OF THE AUTOMATED SEARCH OF GAS FIELDS  
IN A GROUND LAYER**

*Habarov Vitaly*

*candidate of Technical Sciences,  
associate professor "Computer facilities" Siberian federal university,  
Russia, Krasnoyarsk*

*Popov Dmitry*

*undergraduate, Siberian federal university,  
Russia, Krasnoyarsk*

**АННОТАЦИЯ**

Изложена актуальность создания новых методов и средств обнаружения нефтегазовых месторождений. Рассмотрены два основных метода дистанционного лазерного зондирования. Приведена схема оптической части прибора. Изложены основные принципы функционирования программно-аппаратного комплекса.

## ABSTRACT

Relevance of creation of new methods and sensors of oil and gas fields. Two main methods of laser remote sensing are described. Are provided the scheme of optical part of the device. The basic principles of functioning of a hardware-software complex are stated.

**Ключевые слова:** Дистанционное зондирование; лазер; лидар; лидарное уравнение; модель атмосферы; дифференциальное поглощение; комбинационное рассеяние; углеводород.

**Keywords:** Remote sounding; laser; lidar; lidar equation; atmosphere model; differential absorption; combinational dispersion; hydrocarbon.

Вопросы поиска новых месторождений нефти и газа занимают доминирующее положение в экономике любой страны. Технологии поисково-разведочных работ подразумевают помимо комплекса геологических, геофизических, гидрогеохимических работ, также бурение скважин и их исследование с целью выявления, оценки запасов и подготовки к разработке промышленных залежей нефти и газа. К сожалению, процент «пустых» — поисковых скважин достаточно высок. В среднем, по всему миру коэффициент успешности поисков нефтяных и газовых месторождений составляет около 0,3 [1]. Значит, только каждый третий разбуренный объект оказывается месторождением. Нередки и меньшие значения коэффициента успешности.

Для повышения точности и скорости обнаружения месторождений, а также для проведения поисковых работ в труднодоступных областях требуется создание новых уникальных методов и средств обнаружения месторождений. Здесь, наиболее перспективными следует считать экспресс методы обнаружения поверхностных утечек газа, к которым следует отнести весь спектр аэрокосмического зондирования земной поверхности, в том числе автоматизированную съемку и обработку информации, методом дистанционного, лазерного измерения концентраций предельных углеводородов (метан, этан, бутан, пропан), а также экспресс диагностику для определения малых концентраций метана, этана, пропана в приземном слое, основанную на хроматографическом анализе газовых смесей [2].

Мониторинг может проводиться из космоса приборами, установленными на искусственных спутниках Земли, и приборами, находящимися в пределах земной атмосферы (станции мониторинга, аэросъемки). Методы дистанционного зондирования можно подразделить на два больших класса: пассивные и активные. Методы

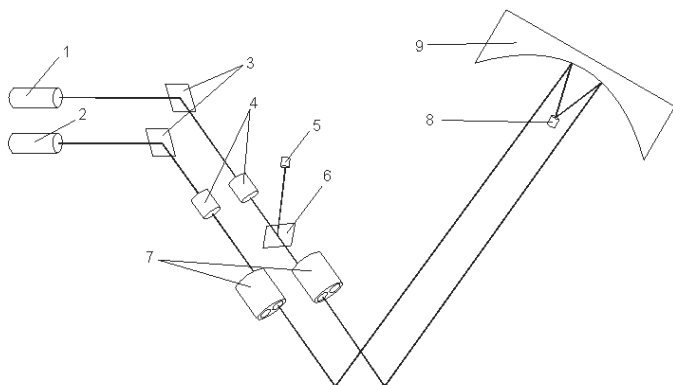
пассивного дистанционного зондирования основаны на регистрации отраженного солнечного излучения, просуммированного с собственным излучением атмосферы, облаков и земного покрова и ослабленного в атмосфере. Поэтому при пассивном дистанционном зондировании Земли, необходимо учитывать: прозрачность столба атмосферы между прибором и зондируемой поверхностью в рабочих участках спектра; излучение атмосферных источников и подстилающей поверхности, к которым относятся собственно атмосфера, облака и земная поверхность, а также излучение космических источников: прежде всего Солнца и Луны, если прибор находится на искусственном спутнике Земли. Одним из определяющих факторов, формирующих прозрачность столба атмосферы в рабочих участках спектра являются спектры поглощения различных газовых компонентов атмосферы в диапазоне длин волн от 100 м до 100 нм. Величина сигнала на фотоприемнике прибора, при пассивном зондировании зависит также и от местоположения рабочего участка в солнечном спектре. При пассивном и активном дистанционном зондировании важную роль в формировании полезного сигнала и его информативности играют спектры поглощения минералов и отражения различных объектов зондирования [3].

Активное дистанционное зондирование проводится в видимом диапазоне с помощью лидаров (532 нм), но, в основном, в радиодиапазоне. При зондировании из космоса используется сверхвысокочастотный (СВЧ) диапазон волн — от миллиметров до нескольких сантиметров. В этом диапазоне атмосфера Земли обладает высокой прозрачностью, поэтому радиометры и радиолокаторы позволяют практически всегда осуществлять зондирование земных покровов, причем, независимо от наличия облаков. Электрические свойства природных образований в радиодиапазоне характеризуются определенной диэлектрической постоянной и их температурой, которая для большинства природных объектов составляет величину 2—5, а для воды при 20 град. С — около 80. Такой контраст позволяет эффективно применять микроволновое зондирование природных объектов, связанных с присутствием влаги: влажность почв, засоленность водоемов и почв, температуры поверхности, ледовой обстановки в районе северного морского пути Арктики. Проникающая способность радиоволн позволяет получить особую информацию о земных покровах, которую не удастся извлечь из наблюдений в оптическом диапазоне. Так, в известной степени радиоволны позволяют «преодолеть» экранирующий эффект растительных покровов и получить информацию непосредственно о свойствах земных грунтов. С другой стороны, с помощью радиоволн осуществляется

глубинное зондирование грунта, снега, льда, что позволяет выносить более объективные суждения о физическом состоянии земных покровов.

В основу принципа функционирования разрабатываемого комплекса для дистанционного (авиационного) измерения концентраций газа, положен метод активного лазерного зондирования слоя атмосферы с регистрацией излучения, рассеянного отражающей поверхностью [4]. Схема оптической части представлена на рисунке 1.

Резонансное поглощение, имеющее место, когда длина волны электромагнитного излучения, совпадает с одной из спектральных линий молекул исследуемого вещества, считается самым чувствительным из оптических методов обнаружения газов в атмосфере. Использование совпадения длины волны генерации He-Ne лазера вблизи 3,39 мкм с линией поглощения метана обоснована тем, что в данной области практически отсутствует наложение спектров поглощения обычных атмосферных газов.



**Рисунок 1. Схема оптической части. 1, 2 — лазеры, 3 — поворотные зеркала, 4 — усилители лазерного излучения, 5 — опорный фотоэлемент, 6 — отводная пластина, 7 — поворотные барабаны с кюветами, 8 — приемный фотоэлемент, 9 — параболическое зеркало**

Для исключения мешающих факторов применяется метод дифференциального поглощения. Посылаемые по одному и тому же пути чередующиеся импульсы лазерного излучения близкие значения длин волн  $\lambda_1=3,3922$  мкм и  $\lambda_2=3,3912$  мкм, причем  $\lambda_1$  на порядок сильнее, нежели  $\lambda_2$  поглощается метаном. Из-за близости длин волн посылае-

мых импульсов коэффициенты рассеивания на молекулах атмосферных газов и аэрозолях, а так же коэффициенты отражения для них одинаковы и таким образом, сравнение двух сигналов после регистрации собранного приемным объективом излучения дает меру интегрального содержания метана вдоль оптического пути. В качестве источника излучения в передающем блоке используются два лазерных генератора настроенные на длины волн генерации  $\lambda_1=3,3922$  мкм и  $\lambda_2=3,3912$  мкм. Выходными мощностями  $P_1=10$  мВт и  $P_2=5$  мВт соответственно. Выходное излучение генератора поступает на два усилителя лазерного излучения, при этом мощности излучения по двум длинам волн составляют  $P_1=20$  мВт и  $P_2=10$  мВт соответственно. Затем излучение поступает на формирующую оптическую систему передающего блока. Формирующая оптическая система осуществляет модуляцию излучения таким образом, что на выходе образуется последовательность чередующихся квазипрямоугольных импульсов по двум длинам волн и отличающихся по амплитуде. Частота модуляции (переключения) составляет 3400 Гц. Промоделированное излучение направляется оптической системой на отражающий объект. Кроме того, часть излучения ответвляется на опорный фоторезистор (CCD-матрицу). Сигнал с матрицы (фоторезистора) усиливается усилителем опорного канала и поступает в микропроцессорный блок для синхронизации работы приемопередающего тракта [5].

Часть отраженного излучения улавливается приемным объективом и фокусируется на фоторезисторе (матрице). При этом возникает переменный электрический сигнал, величина которого пропорциональна разности мощностей принятых импульсов излучения с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ .

Основные характеристики прохождения в атмосфере и отражение для излучения с близкими длинами волн одинаковы. Поэтому при сравнительно малом содержании метана на пути лазерных лучей сигнал с фотоприемника будет представлять собой последовательность чередующихся импульсов разной амплитуды, аналогичную последовательности посылаемых импульсов. Излучение лазера с большой мощностью и длинной волны  $\lambda_1=3,3922$  мкм ослабляется метаном на порядок сильнее и при значительной концентрации метана на фотоприемнике будет так же последовательность чередующихся импульсов разной амплитуды, но находящаяся в противофазе к последовательности посылаемых импульсов. Момент изменения фазы принимаемого сигнала на  $180^\circ$  характеризует некоторое пороговое содержание метана.

Таким образом, в результате анализа вышеозначенной проблемы, можно с высокой степенью уверенности утверждать, что применение метода активного лазерного зондирования позволит повысить точность и скорость обнаружения нефтегазовых месторождений, а также сократить затраты на их поиск.

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс может с успехом применяться для дистанционного (авиационного) зондирования с целью получения данных о концентрации предельных углеводородов (метан, этан, бутан, пропан) в околоземном слое.

### **Список литературы:**

1. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Издат. А и Б, 1997. — 296 с.
2. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Уфа: Издат. ДизайнПолиграфСервис, 2001. — 543 с.
3. Непомнящий О.В., Метод бездисперсионного абсорбционного измерения концентрации метана на основе аппаратной методики измерителя с открытым оптическим каналом. / О.В. Непомнящий, С.Ф. Тэн, В.А. Хабаров // Информационно измерительные и управляющие системы № 2 т. 9. М.: ЗАО Издательство «Радиотехника», 2011, — С. 3—7, ISSN 2070-0814.
4. Непомнящий О.В., Математическое и аппаратное обеспечение комплекса геофизических исследований для дистанционного, авиационного зондирования земной поверхности./ О.В. Непомнящий, С.Ф. Тэн, В.А. Хабаров // Авиакосмическое приборостроение № 10. М.: Научтехиздат, 2011, — С. 38—43. ISSN 2073-0020.
5. Савиных В.П., Соломатин В.А. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования. М.: Недра, 1995. — 310 с.



## СЕКЦИЯ 4.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТРОЙСТВ НИЖНЕГО БЬЕФА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

*Аубакирова Фарида Хабиевна*

*канд. техн. наук, доцент*

*Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова,*

*Республика Казахстан, г. Шымкент*

*E-mail: [faraub1011@mail.ru](mailto:faraub1011@mail.ru)*

#### METHODS OF CALCULATION OF DEVICES OF THE LOWER BYEF OF HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS

*Farida Aubakirova*

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of South Kazakhstan State University named M. Auezov,  
Republic of Kazakhstan, Shymkent*

#### АННОТАЦИЯ

Существующие различные подходы к расчету устройств нижнего бьефа классифицированы на три группы. Охарактеризована каждая группа метода расчета, приведены фамилии ученых, занимавшихся этими исследованиями.

#### ABSTRACT

The existing various approaches to calculation of devices of the lower byef are classified on three groups. Each group of a method of calculation is characterized, surnames of the scientists who were engaged in these researches are given

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения; устройства нижнего бьефа; методы расчета.

**Keywords:** hydraulic engineering constructions; devices of the lower byef; calculation methods.

В общем случае расчет нижнего бьефа гидротехнических сооружений включает в себя определение гидравлического режима сопряжения и величины сил, действующих на водобой и рисберму; выбор типа и расчет самого крепления; выбор и расчет конструкции и местоположения гасящих устройств. Многообразие перечисленных факторов в сочетании с различной геологией и топографией створа строящегося гидротехнического сооружения в значительной степени затрудняет разработку общей методики расчета и проектирования гасителей.

Исследования устройств нижнего бьефа гидротехнических сооружений проводились во многих ведущих российских учреждениях (НИИЭС, ВНИИГиМ, ВОДГЕО, МГСУ, МГУП), украинском институте УкрНИИГиМ и других организациях. Большое количество работ по изучению гасителей энергии выполнено «Бюро мелиорации» и университетами США, учебными и исследовательскими институтами Великобритании, Индии, Канады и других стран.

В настоящее время существует несколько различных подходов к расчету гасителей энергии потока. Анализируя результаты отечественных и зарубежных исследований, имеющиеся методы расчета можно классифицировать следующим образом:

1. исследование гидравлической структуры прыжка или струи за гасителями при выходе потока на рисберму с последующей оценкой величины остаточной кинетической энергии и сбойности течения;
2. применение метода размерностей для объединения основных переменных характеристик потока на гидротехнических сооружениях в целях компоновки параметров и составления расчетных зависимостей по подбору оптимального типа гасителя;
3. определение реактивного воздействия гасителей на поток при различных гидравлических режимах сопряжения в зависимости от безразмерных кинематических и геометрических параметров нижнего бьефа.

Наибольшее развитие получил первый метод, который зародился в соответствующих разделах гидравлики. Он использовался при получении аналитических зависимостей для расчета простейших прыжковых гасителей (водобойных колодцев и стенок). В этом плане наиболее известны исследования советских авторов И.И. Леви, Д.И. Кумина, М.Д. Чертоусова, А.С. Абелева, Н.Н. Беляшевского, Н.Г. Пивовара, И.И. Калантыренко, И.И. Тараймовича, Ф.Г. Гунько, А.Н. Рахманова, Т.П. Проворовой, а также работы зарубежных авторов Н. Раджаратнама, В. Мурахари, Д.Р. Харлемана, И.О. Джондолфо, Р.Д. Коста, В. Рэнда, Р. Нарайанана, Н.Г. Боумика, И.В. Фортеса,

Р.А. Скринде, С.Е. Баурса, Ф.У. Тоая и других. В трудах этих ученых рассмотрены частные случаи сопряжения бьефов, выполнена качественная и количественная оценка гидравлической структуры течения в нижнем бьефе без учета факторов силового воздействия потока на крепление и гасители, или этот учет был осуществлен лишь частично. Также надо иметь в виду, что во многих случаях расчетные рекомендации давались для плоских условий работы сооружения.

Применение второго метода, основанного на использовании теоремы Букингема, нашло широкое распространение в ряде работ профессора США в области гидротехники А.Б. Рудавского. В ходе компоновки переменных А.Б. Рудавский приходит к функциональной связи, выраженной в виде двух безразмерных  $\pi$ -членов [1, с. 35]:

$$\frac{y_i}{E_o} = \Phi \left( \frac{q}{\sqrt{g} E_o^{3/2}} \right) \quad (1)$$

Полученная взаимосвязь двух параметров с помощью составления и решения уравнения количества движения представляется на диапазонной диаграмме. На эти же диаграммы для исследуемого диапазона расходов наносятся характеристические кривые верхнего и нижнего бьефов, выраженные в безразмерных параметрах  $\left( \frac{y_i}{E_o} \right)$

и  $\left( \frac{q}{\sqrt{g} E_o^{3/2}} \right)$ . При сопоставлении диапазона применения гасителя

и характеристической кривой делается вывод о приемлемости данного вида гасителя. Необходимо отметить, что значение этого метода расчета для инженера-практика велико, однако отсутствие в уравнение гидродинамических составляющих воздействия потока на водобой и гаситель существенно ограничивает использование приведенных зависимостей.

Третий метод, вытекает из функционального назначения гасителя и заключается в непосредственном определении реактивного воздействия препятствия на поток. Этот метод получил развитие благодаря созданию совершенных приборов и электронных схем для измерения силы давления воды на исследуемые конструкции. Существующие в этой области исследования ВНИИГиМ и НИИЭС отражены в рекомендациях по учету нагрузок на плиты водобоя и рисбермы, которые наряду с работами Н.П. Розанова, Н.Н. Пашкова, Г.А. Юдицкого,

Н.Н. Беляшевского, Н.Г. Пивовара, И.И. Калантыренко дают возможность определения реакции гасителя при конкретных схемах сопряжения бьефов. Большое количество исследований силового воздействия потока на гасители энергии выполнили за рубежом известные научные работники и инженеры-проектировщики: Н. Раджаратнам, Д. Баско и Дж. Адамс, В. Мурахари, С.К. Гомаста, М.К. Миттел, П.К. Пейнд, Р. Нарайанан, С. Чизас и другие. В результате исследований названных авторов получены графические зависимости, способствующие определению реакции некоторых типов гасителей. По известному значению реакции гасителя и составленному уравнению количества движения определяется перепад энергии за гасителем в зависимости от кинематики потока, местоположения и геометрических размеров гасителей и водобоя. В этом случае основной зависимостью является уравнение изменения количества движения в проекции на горизонтальную ось, записанное для сжатого сечения и сечения на начальном участке рисбермы [2, с. 67]:

$$\frac{1}{2} h_1^2 + \frac{q^2}{gh_1} = \frac{1}{2} h_2^2 + \frac{q^2}{gh_2} + \frac{R_x}{\gamma} \quad (2)$$

где:  $h_1$  и  $h_2$  — сопряженные глубины прыжка в предельном состоянии;  
 $q$  — удельный расход на водобое;  
 $R_x$  — реакция гасителя (горизонтальная составляющая);  
 Величину самой реакции гасителей определяют по известной формуле Ньютона:

$$R = \gamma C \omega \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

где:  $C$  — коэффициент сопротивления гасителя рассматриваемого вида;  
 $\omega$  — площадь миделева сечения гасителя;  
 $v$  — скорость набегания потока на гаситель;  
 $\gamma$  — объемный вес воды.

В данном методе трудность заключается в том, что некоторые из величин этой формулы известны лишь для исследованных ранее типов гасящих устройств. Многие исследователи занимались определением величины коэффициента сопротивления гасителя в зависимости от формы гасителя, его размеров и расположения его расположения от сжатого сечения. Кроме того, величина реакции гасителя дает

возможность расчета сдвигающих нагрузок и опрокидывающих моментов на плиты крепления нижнего бьефа водопропускных сооружений.

Несомненный интерес представляет аналитический метод расчета, основоположником которого является А.С. Образовский, последующим развитием этого метода занимался В.В. Крылов. Аналитический метод с достаточной долей приближения позволяет определить затопляющую глубину и давление (реакцию) для нескольких широкоизвестных типов гасителей. Были получены обобщенные зависимости для определения реакции гасящих устройств и второй сопряженной глубины гидравлического прыжка.

Несмотря на многообразие существующих в практике гидротехнического строительства устройств гашения избыточной энергии потока, а также методов и зависимостей для их расчета, эта проблема остается достаточно актуальной. В настоящее время отсутствует общая методика расчета конструктивных размеров и компоновки устройств нижнего бьефа, при этом необходимо отметить преимущественное использование величины реакции гасителей в качестве оптимального критериального условия их расчета.

### **Список литературы:**

1. Аубакирова Ф.Х. Проектирование и расчет устройств нижнего бьефа гидротехнических сооружений: учеб.пособие Шымкент, 2013. — 94 с.
2. Розанов Н.П., Кавешников Н.Т., Китов Е.И. и др. Устройство нижнего бьефа водосбросов: монограф. / Под ред. Розанова Н.П. М.: Колос, 1984. — 269 с.

## **МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ БЕТОНОВ**

***Ахмеднабиев Расул Магомедович***

*канд. техн. наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Полтавского национального технического университета имени Ю. Кондратюка,  
Украина, г. Полтава  
E-mail: [arasul49@mail.ru](mailto:arasul49@mail.ru)*

***Ахмеднабиев Расул Расулович***

*аспирант кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка,  
Украина, г. Полтава  
E-mail: [rasul40@rambler.ru](mailto:rasul40@rambler.ru)*

## **FRACTURE MECHANISM OF FIBER REINFORCED CONCRETE**

***Akhmednabiev Rasul***

*Ph.D., assistant professor of the department of technology of building constructions, products and materials  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

***Akhmednabiev Rasul***

*Graduate student of department of technology of building constructions, products and materials  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,  
Ukraine, Poltava*

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрены механизмы разрушения фиброармированных бетонов, наполненных стальными волокнами, с точки зрения механики разрушения композитных материалов. Исследованы условия перехода от единичного разрушения к множественному разрушению при трехточечном изгибе.

## ABSTRACT

The mechanisms of destruction of fiber reinforced concrete filled steel fibers, from the viewpoint of fracture mechanics of composite materials. The conditions for the transition from single to multiple fracture at the three-point bending.

**Ключевые слова:** механика разрушения; единичное разрушение; множественное разрушение; стальные волокна; матрица.

**Keywords:** fracture mechanics; a single fracture; a multiple fracture; the steel fibers; the matrix.

Бетоны, дисперсно армированные волокнами, как их чаще называют «фибробетоны», являются типичными композитными материалами со всеми характерными для них свойствами и особенностями. Как и в традиционном армированных структурах модификация бетона волокнами основывается на предположении о том, что материал бетонной матрицы передает волокнам приложенную нагрузку и, если модуль упругости волокна больше модуля упругости матрицы, то основную долю приложенной нагрузки воспринимают волокна, а общая прочность композиции пропорциональна их объемному содержанию.

Интерес, который сейчас проявляется к армированию бетонов волокнами (фибрами) объясняется, прежде всего, стремлением существенно повысить прочность конструктивных бетонов на растяжение, трещиностойкость и ударную вязкость, а также необходимостью создания новых эффективных, экономичных решений тонкостенных конструкций.

При комбинировании хрупкой матрицы с пластическими волокнами возникают взаимодействия, приводящие к нелинейным соотношениям между напряжениями и деформациями. Этот эффект обусловлен множественным разрушением матрицы. В таких материалах при малых деформациях сохраняется упругое равновесие, при котором напряжение определяются по «правилу смесей» [1; 2].

С ростом нагрузки достигаются деформации разрушения матрицы.

На этой стадии матрица разрушается, и нагрузка, которую она несла, перераспределяется на волокна, которые также могут разрушаться при достижении предельных значений напряжений. Такой случай в линейной механике разрушения характеризуется как единичное разрушение [1; 2].

Если волокна достаточно прочные или их содержание в фибробетоне достаточно большое, фибробетон не будет полностью разрушаться, а будет продолжать нести нагрузку. В течение

последующей нагрузки более хрупкая матрица будет продолжать разрушаться на все более мелкие части. Это явление характеризуется как множественное разрушение. Так как матрица хрупкая, переход от единичного разрушения к множественному, состоится при условии

$$V_f \sigma_f = \sigma'_f V_f + \sigma_m V_m,$$

где:  $V_f$  — объемное содержание волокна;

$\sigma_f$  — прочность волокна;

$\sigma'_f$  — напряжение в волокнах при разрушении матрицы;

$\sigma_m$  — прочность матрицы;

$V_m$  — объем матрицы.

Исследование кинетики множественного разрушения проводили на образцах - призмах размерами  $7 \times 7 \times 28$  см. Образцы были изготовлены с различным содержанием стальных волокон  $d = 0,2$  мм,  $l = 50$  мм в растянутой зоне призмы, которые были уложены по длине образца. Количество волокон увеличивалось до тех пор, пока не наступит признаки множественного растрескивания призм при испытании на трехточечный изгиб. Для инициирования начальной трещины в центре образца при формовании был сформирован поперечный надрез глубиной 2 мм с помощью металлической пластинки. Матрица представляла собой мелкозернистый бетон класса В 25 с заполнителями менее 5 мм.

Для предотвращения разрушения образца за пределами надреза, в концах образцов в растянутой зоне были уложены волокна длиной 100 мм в 4 слоя.

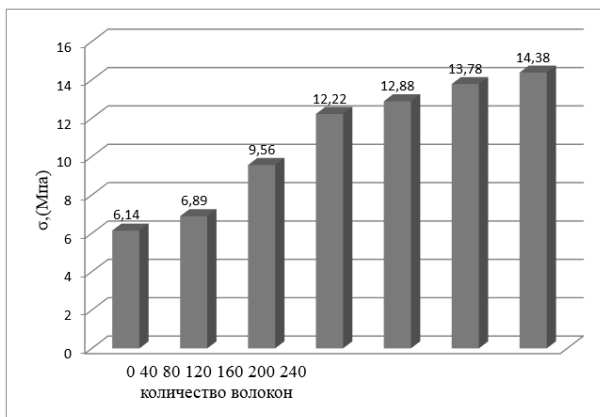
Результаты испытаний образцов на трехточечный изгиб и характер их разрушения приведены в таблице 1 и отражены на рис. 1.

**Таблица 1.**

**Результаты испытаний на изгиб образцов-призм с равномерно расположенными волокнами в сечении**

Количество волокон	$\sigma$ , (Мпа)	Характер разрушения
--	6,14	мгновенное
40	6,89	единичное
80	9,56	единичное
120	12,22	единичное
160	12,88	единичное замедленное
200	13,78	множественное
240	14,38	множественное



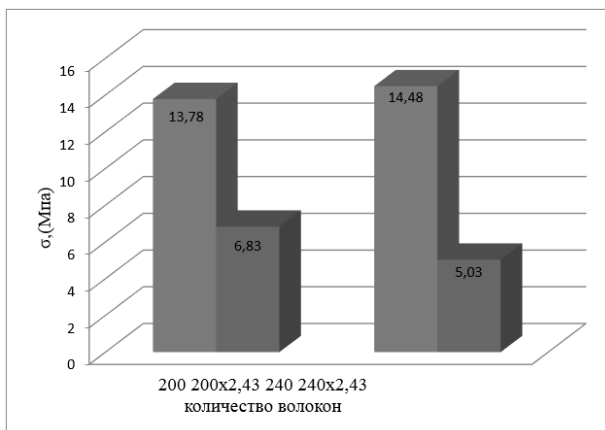


**Рисунок 1. Зависимость прочности образцов-призм при изгибе от количества волокон равномерно размещенных в сечении**

С рис. 1 видно, что с увеличением количества волокон в сечении прочность при изгибе образцов растет. При максимальном количестве 200 и 240 шт. на образцах появились несколько трещин, что является признаком множественного разрушения.

Д. Ромуальди и Д. Мендель [4], задавшись проекцией одной произвольно ориентированной фибры на пространственные координатные оси показали, что в волокнистых композитах с произвольной ориентацией волокон в любом заданном направлении в работе эффективно участвует лишь 41 % волокон. Исходя из этого, содержание волокон, приводящее к множественному растрескиванию при целенаправленной ориентации, для случая произвольной ориентации целесообразно увеличивать в 2,43 раза.

Результаты испытаний образцов с увеличенным количеством волокон в сравнении с равномерно распределенными волокнами, приведены на рис. 2.



**Рисунок 2. Сравнение прочности образцов-призм при изгибе до и после увеличения количества волокон в 2,43 раза**

Сравнив результаты испытаний (рис. 1,2) можно сделать вывод, что в рамках проведенного эксперимента теория об эффективном участии 41 % фибры в данной работе не подтвердилась. Такую точку зрения можно объяснить тем, что данную теорию композитных материалов авторами [4] была разработана для более однородных композитов, типа однородная матрица наполнена дискретными волокнами. Фибробетоны имеют неоднородную структуру, кроме того, матрица в данных композитах сама по себе является композитом, в которой цементный камень заполнен мелким заполнителем. Волокна в данном случае являются дополнительным заполнителем для цементного камня. Количество волокон, увеличенное в 2,43 раза, цементный камень не в состоянии связывать, из-за чего распределение волокон в объеме образца приобретает неравномерный характер, что приводит к снижению прочности. Очевидно, что данные композиты требуют дополнительных исследований.

Ученые [3, 5] считают, что прочность фибробетонов зависит от среднего расстояния между геометрическими центрами волокон. Исходя из рассуждения идеализированной ориентации фибры в бетонах, среднее расстояние между геометрическими центрами волокон не зависит от длины, а зависит от диаметра волокон  $d$  и объемного содержания  $\mu$ . Хотя, некоторые ученые связывают среднее расстояние между центрами волокон (центр цилиндра) не только с указанными параметрами, но и с длиной волокон. Очевидно, что при уменьшении расстояния между волокнами прочность композита существенно

возрастет, хотя объемное содержание волокон в ней может оставаться неизменным при использовании более тонких волокон. Это положение является чрезвычайно важным и перспективным при использовании высокопрочных волокон и обеспечении надежного сцепления их с матрицей.

Среднее расстояние между геометрическими центрами волокон выражается в следующем виде [4].

$$S = 13,8 \cdot d \cdot \left(\frac{1}{\mu}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где:  $d$  — диаметр волокна;

$\mu$  — объемное содержание волокон.

Исходя из этой формулы среднее расстояние между поверхностями волокон (средняя толщина слоя матрицы) выразится:

$$S = d \left( 13,8 \cdot \left(\frac{1}{\mu}\right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right). \quad (2)$$

По результатам вычислений при объемном содержании фибры 3 % расстояние между использованными стальными волокнами  $d = 0,2$  мм составляет 1,39 мм, что соизмерим с диаметром зерен песка.

Таким образом, при использовании в фиброармированных бетонах заполнителей размером более 1,5 мм, добиться равномерного распределения волокон по объему матрицы затруднительно.

### Список литературы:

1. Куппер Д., Пигготт М. Разрушение и растрескивание композитов / Куппер Д., Пигготт М // Механика разрушения, № 17. М.: Мир 1979, — с. 165—216.
2. Куппер Д. Микромеханические аспекты разрушения/ Куппер Д// Композиционные материалы, т. 5. М.: Мир, 1978, — с. 440—476.
3. Bindiganavile V. Impact Response of ultra-high-strength fiber-reinforced cement composite/ Bindiganavile V., Banthia N., Aarup B./ // ACI Materials Journal. — 2002. — Vol. 99, — № 6. — pp. 543—548.
4. Romualdi J.R., Mandel J.A. Tensile Strength of Concrete/ Romualdi J.R., Mandel J.A. // Affected by Uniformly Distributed and Closely Spaced Lengths of Wire Reinforcement. ACI Journal, — 1964, — v. 61. — № 6. — p. 657.
5. Ultrahochfester Beton — Bereit für die Anwendung/ Schriftenreihe Baustoffe. Fest — Schrift zum 60 Geburtstag von Prof. Dr.-Ing Peter Schliessl / Schaschinger J, Schubert J, Stängel T, Schmidt K, Heinz D. Heft 2. 2003. — С. 267—276.

## СЕКЦИЯ 5.

### СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

#### ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОПЕРЕЧНЫХ ГРАБЛЕЙ СЕНА

*Акопян Оганес Тельманович*

*канд. техн. наук, доцент  
Национального аграрного университета Армении,  
Республика Армения, г. Ереван  
E-mail: [s-hakobyan@inbox.ru](mailto:s-hakobyan@inbox.ru)*

#### TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF INCREASING HAY DUMP RAKE OPERATIONAL RELIABILITY

*Hovhannes Hakobyan*

*candidate of Technical Sciences, Associate professor  
of National Agrarian University of Armenia,  
Republic of Armenia, Erevan*

#### АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований эксплуатационной надежности поперечных граблей сена при работе на горных природных сенокосах, засоренных камнями. На основании анализа полученных результатов предложены технико-технологические мероприятия по повышению их надежности и производительности.

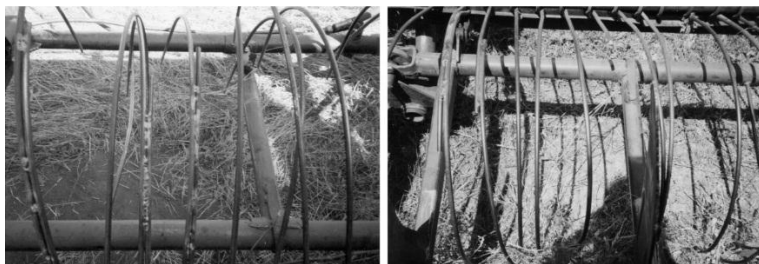
#### ABSTRACT

The article presents the research results on operational reliability of hay dump rake while working on stone-covered highland natural grasslands. Based on the obtained results we propose technical and technological measures for increasing the dump rake reliability and performance.

**Ключевые слова:** горный природный сенокос; сено; поперечные грабли; эксплуатационная надежность; производительность.

**Keywords:** highland natural grassland; hay; dump rake; operational reliability; performance.

В республике Армения более 56 % сена для стойлового содержания скота добывается из природных сенокосов, однако около 600 тыс. га кормовых угодий покрыты поверхностными и полускрытыми камнями, что препятствует работе сеноуборочных машин [2, с. 95]. В таких условиях, при столкновении с камнями, очень часто возникают различные отказы — ослабления, деформации или поломки деталей. На рис. 1 приведены фрагменты характерных отказов поперечной грабли ГПП — 6,0 Г при работе на сенокосах, засоренных камнями. Отказы снижают эксплуатационную надежность сеноуборочных машин, следовательно и их производительность, в итоге повышается себестоимость и снижаются качество и количество убранных кормов. Для разработки мероприятий по повышению эксплуатационной надежности сеноуборочных машин в 2011—2014 гг. нами проводились исследования на природных сенокосах альпийского пояса Гегамского хребта Котайского региона РА.



**Рисунок 1. Фрагменты характерных отказов грабли ГПП-6,0 Г при работе на сенокосах, засоренных камнями**

Под наблюдением находились все сеноуборочные машины различных марок — косилки, грабли, пресс-подборщики. В качестве основных критериев надежности выбраны: среднее время безотказной работы  $T_{cp}$  и восстановления  $\theta_{cp}$ , интенсивность возникновения  $\lambda(t)$  и восстановления  $\omega(\theta)$  отказов, вероятность безотказной работы  $P(t)$  и восстановления  $q(\theta)$ , а также коэффициенты готовности  $K_T$  и восстановления  $K_B$  машины и др.

При помощи указанных критериев нами оценена степень надежности отдельных машин сеноуборочного комплекса, однако в данной статье приведены лишь материалы надежности поперечной грабли ГПП-6,0 Г.

В процессе эксплуатации грабли ГПП-6,0 Г возникли 226 отказов. После обработки статистических данных сумма длительности безотказной работы составила  $\sum_{i=1}^n t_i = 653$  час. Для построения диаграммы плотности вероятностей безотказной работы, число интервалов определили по формуле:

$$K = 1 + 3,31 \lg n = 1 + 3,31 \lg 226 \approx 8. \quad (1)$$

Распределение интервалов безотказной работы ГПП – 6,0 Г приведено в таблице 1.

*Таблица 1.*

**Распределение интервалов безотказной работы по времени**

Номер интервалов	Границы интервалов, ч	Число событий	Номер интервалов	Границы интервалов, ч	Число событий	Номер интервалов	Границы интервалов, ч	Число событий
1	0—0,9	45	4	2,7—3,6	32	7	5,4—6,3	15
2	0,9—1,8	39	5	3,6—4,5	29	8	6,3—7,2	6
3	1,8—2,7	35	6	4,5—5,4	25			

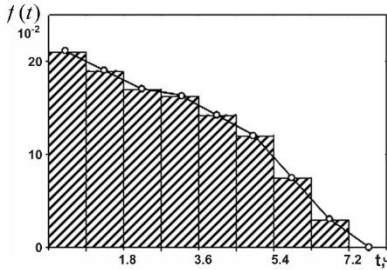
Для каждого интервала определили статистическую плотность вероятностей распределения времени безотказной работы по формуле:

$$f(t)_i = \frac{\Delta n_i}{n \Delta t}, \quad (2)$$

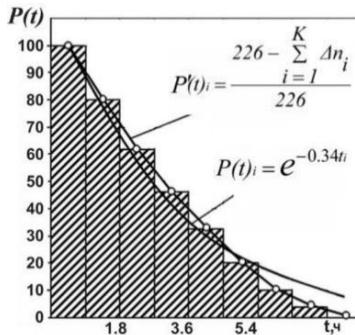
где:  $\Delta n_i$  — количество отказов в  $i$  интервале;

$\Delta t$  — величина интервала, ч;

Статистическая диаграмма плотности вероятностей безотказной работы грабля ГПП-6,0 Г представлена на рис. 2.



**Рисунок 2. Диаграмма плотности вероятностей безотказной работы грабля ГПП-6,0 Г**



**Рисунок 3. График изменения экспериментальной и теоретической функций вероятности безотказной работы грабля ГПП-6,0 Г**

Данные таблицы 1 и диаграммы (рис. 2) показывают, что эксплуатационная надежность грабля невелика. Так, после ввода грабля в эксплуатацию общее количество отказов при работе до 0,9 ч. составило около 20 %, до 1,8 ч. — 37 %, до 4,5 ч. — 80 %, до 6,3 ч. — 97 %. Для определения закономерности изменения статистической и вероятной функции надежности рассчитаны: математическое ожидание —  $T_{cp} = 2,9$  ч; интенсивность возникновения отказов  $\lambda = 0,34$ ; среднее квадратическое отклонение —  $\sigma = 2,14$  ч; коэффициент вариации —  $V(t) \approx 1$ .

Полученные величины дали возможность рассчитать цифровые значения статистической функции вероятности  $P'(t)$  безотказной работы грабля ГПП-6,0 Г в интервале времени и построить ее график.

В момент начала работы грабля на 100 % работоспособна, что соответствует первому интервалу —  $t = 0$ . Следовательно, вероятность равна единице —  $P(0) = 1$ .

Расчеты проведены также для других интервалов по формуле:

$$P'(n) = \frac{n - \sum_{i=1}^K \Delta n_i}{n}, \quad (3)$$

и построен график изменения статистической функции надежности грабля ГПП-6,0 Г по времени (рис. 3). Из рис. 3 и значения коэффициента вариации видно, что для расчета функции вероятности и построения графика можно применять экспоненциальный закон распределения:

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (4)$$

Подставляя полученные расчетные данные в диаграмму (рис. 3), получим график теоретической функции надежности.

Из рис. 3 видно, что статистические и теоретические функции совпадают, что указывает на достоверность полученных величин. Это проверено и критерием Пирсона  $\chi^2$  [1, с. 104]. В этом случае результаты также удовлетворительны.

Из графика (рис. 3) также видно, что эксплуатационная надежность грабля ГПП-6,0 Г очень низкая.

При применении экспоненциального закона распределения случайных величин, доверительные границы функции надежности рассчитываются по формулам:

$$P(t)_{i \min} = e^{-\frac{t_i}{T_{cp \min}}}, \quad (5)$$

$$P(t)_{i \max} = e^{-\frac{t_i}{T_{cp \max}}}, \quad (6)$$

где значения величин  $T_{cp \min}$  и  $T_{cp \max}$  определяются:



$$T_{\text{срmin}} = \frac{T_{\text{ср}}}{\delta_2}, \quad (7)$$

$$T_{\text{срmax}} = \frac{T_{\text{ср}}}{\delta_1}, \quad (8)$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  — коэффициенты оценки точности параметра  $T_{\text{ср}}$ , цифровые значения которых по таблице 8.4 [3, с. 272] для значений достоверности  $\gamma = 90\%$  и числа отказов  $n=226$ , составляют:  $\delta_1 = 0,91$  и  $\delta_2 = 1,12$ .

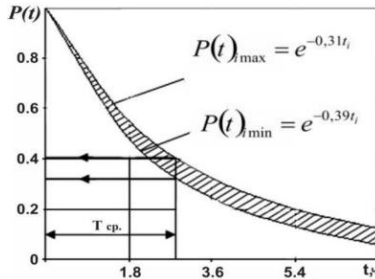
Тогда

$$T_{\text{срmin}} = \frac{T_{\text{ср}}}{\delta_2} = \frac{2,9}{1,12} = 2,59 \leq \frac{T_{\text{ср}}}{\delta_1} = \frac{2,9}{0,91} = 3,19 = T_{\text{срmax}}. \quad (9)$$

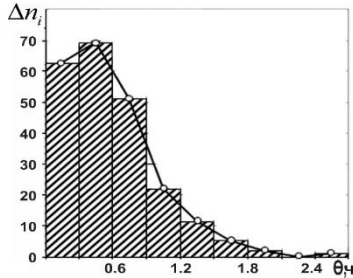
$$P(t)_{i\text{min}} = e^{-0,39t_i}, \quad (10)$$

$$P(t)_{i\text{max}} = e^{-0,31t_i}; \quad (11)$$

На основании расчетов проделанные по формулам (10) и (11) построен график (рис. 4).



**Рисунок 4. График доверительной границы функции надежности грабля ГПП-6,0 Г**



**Рисунок 5. Гистограмма распределения длительности восстановления отказов грабля ГПП-6,0 Г**

Математическая суть графика заключается в следующем: в любой точке поверхности замкнутой кривыми  $P(t)_{i\min}$  и  $P(t)_{i\max}$  вероятность исправного состояния грабля соответствует ординате этой точки.

Характеристики ремонтпригодности грабля рассчитаны тем же методом, что и характеристики безотказной работы.

По статистическим данным, время, затраченное на ликвидацию 226 отказов грабля ГПП-6,0 Г равно 144 ч.

После обработки этих данных получили:

$$\theta_{cp} = 0,644ч, \sigma_{\theta} = 0,444ч, V(\theta) = 0,63 \approx 0,71, \omega(\theta) = 1,56 \text{ отк/ч.}$$

Распределение интервалов возникновения отказов грабля ГПП-6,0 Г приведено в таблице 2.

На рис. 5 показана гистограмма распределения времени восстановления отказов грабля ГПП-6,0 Г, построенная на основании данных таблицы 2.

Отказы в основном кратковременные. Так, число отказов (132), имеющих длительность меньше 0,6 ч, составляет 58 %, а число отказов имеющих длительность меньше 0,9 ч, составляет 90 % от общего числа отказов. Это объясняется тем, что при столкновении с камнями отказы в основном возникают у пальцев, которые ломаются, изгибаются и т. д.

Таблица 2.

**Распределение интервалов возникновения отказов по времени**

Номер интервалов	Границы интервалов, ч	Количество случаев	Номер интервалов	Границы интервалов, ч	Количество случаев	Номер интервалов	Границы интервалов, ч	Количество случаев
1	0—0,3	63	4	0,9—1,2	23	7	1,8—2,1	2
2	0,3—0,6	69	5	1,2—1,5	12	8	2,1—2,4	0
3	0,6—0,9	51	6	1,5—1,8	5	9	2,4—2,7	1

В других интервалах длительность отказов велика (1,2—2,7 ч), однако их количество небольшое.

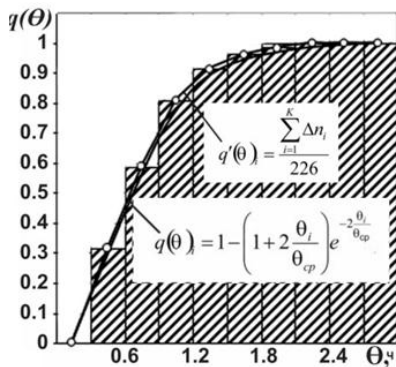
Анализ гистограммы и величина коэффициента вариации  $V(\theta) \approx 0,71$  показывают, что случайное время восстановления ( $\theta$ ) подчиняется закону распределения Эрланга. Это подтверждается и критерием Пирсона  $\chi^2$ . Следовательно, для выяснения закономерностей изменения функций статистической и теоретической вероятностей использованы следующие расчетные формулы:

$$q'(\theta)_i = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta n_i}{n}, \quad (12);$$

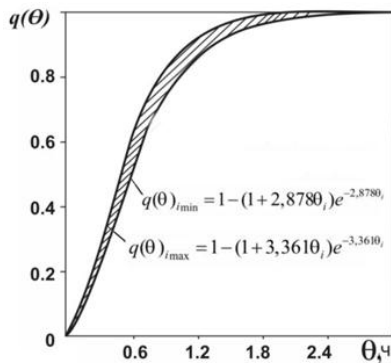
$$q \theta_i = 1 - \left( 1 + 2 \frac{\theta_i}{\theta_{cp}} \right) e^{-2 \frac{\theta_i}{\theta_{cp}}}, \quad (13).$$

На основании расчетов, на рис.6 приведены закономерности изменения функций статистической и теоретической вероятностей восстановления отказов грабля ГПП-6,0 Г. Из рис. 6 видно, что статистические и теоретические закономерности совпадают. Это означает, что закон Эрланга выбран верно. Рис. 6 позволяет определить и спланировать требуемую вероятность. Например, для ликвидации отказов в интервале 0—0,6 ч, которые составляют 58 % от общих отказов, средняя вероятность составляет всего 24 %, для интервала 1,2—1,8 ч. — 94 %, а для интервала 1,8—2,7 ч. (всего 1,33 % от общего числа отказов) требуется приблизительно 100 %-ная вероятность.

Анализ результатов производственных испытаний показывает, что эксплуатационная надежность грабля ГПП-6,0 Г низкая — в течении 797 ч работы возникло 226 отказа. Это означает, что через 3,5 ч грабля прекратит свою работу. Длительность времени безотказной работы грабля составила 653 ч, а на восстановление отказов было затрачено 144 ч, т. е. в течении 797 ч работы грабля, бесполезная работа составляет 18 %. Необходимо учесть, что во время производственных испытаний грабля ГПП-6,0 Г принимались во внимание только те отказы, которые возникали вследствие столкновения рабочих органов грабля с камнями.



**Рисунок 6. Закономерности изменения функций статистической и теоретической вероятностей**



**Рисунок 7. График доверительной границы функции вероятности восстановления отказов грабля ГПП-6,0 Г**

Для более наглядного представления об уровне надежности грабля, было рассчитано среднее статистическое значение коэффициента готовности:

$$K_{\bar{A}} = \frac{T_{cp}}{T_{cp} + \theta_{cp}} = \frac{2,9}{2,9 + 0,64} = 0,82. \quad (14)$$

Это означает, что из общего времени, равного 797 ч, полезная работа грабля составила 82 %. Это в том случае, когда установлено, что коэффициенты готовности машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства должна быть не меньше 0,94.

Определено также возможное значение неизвестного параметра  $q(\theta)$  восстанавливаемости грабля ГПП-6,0 Г с достоверностью  $\gamma = 90\%$ . Число отказов  $n = 226$ , время восстановления отказов

$$\sum_{i=1}^n \theta_1 = 144 \text{ ч}, \theta_{cp} = 0,64 \text{ ч}.$$

Из таблицы 8.5 [3, с. 276] для  $n = 226$ , определились:  $\delta_1 = 0,921$  и  $\delta_2 = 1,075$ .

Максимальное и минимальное доверительные границы для  $\theta_{cp}$ :

$$\theta_{cp \min} = 0,595 \text{ ч.} \quad \text{и} \quad \theta_{cp \max} = 0,695 \text{ ч.} \quad (15)$$

$$\theta_{cp \min} = 0,595 \text{ ч} \leq 0,64 \leq 0,695 \text{ ч} = \theta_{cp \max}$$

Доверительная граница вероятности  $q(\theta)$  восстановления отказов находится в интервале между уравнениями:

$$q(\theta)_{i \min} = 1 - (1 + 2,878\theta_i)e^{-2,878\theta_i} \quad (16)$$

$$q(\theta)_{i \max} = 1 - (1 + 3,361\theta_i)e^{-3,361\theta_i} \quad (17)$$

По формулам (16) и (17) построен график доверительной границы функции вероятности восстановления отказов грабля ГПП-6,0 Г (рис. 7).

Большое количество отказов и низкая эксплуатационная надежность грабля обусловлены засоренностью камнями горных сенокосов. Уборка камней даст возможность повысить эксплуатационную надежность до 90 %.

### **Список литературы:**

1. Волчкевич Л.И. Надежность автоматических линий. М.: Машиностроение, 1969. — 309 с.
2. Гарвердян А.П., Акопян О.Т., Айрапетян Д.Т. Техничко-технологические основы повышения эксплуатационной надежности сеноуборочных машин//Известия Национального аграрного университета Армении. 2013. № 4.
3. Шишонок Н.А., Репкин В.Ф., Барвинский Л.Л. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. М.: Советское радио, 1964. — 552 с.

## СЕКЦИЯ 6.

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

#### ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС СУШКИ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТА

***Хазимов Канат Мухатович***

*докторант, Казахский национальный аграрный университет,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [kanat-86@mail.ru](mailto:kanat-86@mail.ru)*

***Хазимов Жанат Мукатович***

*магистр, Казахский национальный аграрный университет,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [hganat@mail.ru](mailto:hganat@mail.ru)*

***Сагындыкова Акмарал Данабековна***

*магистр, Казахский национальный аграрный университет,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [Sagundykova.akmaral@mail.ru](mailto:Sagundykova.akmaral@mail.ru)*

***Хазимов Марат Жалелович***

*канд. техн. наук, профессор  
Казахского национального аграрного университета,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [mkhazimov@gmail.com](mailto:mkhazimov@gmail.com)*

# INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DRYING PROCESS AND QUALITY INDICATORS OF THE PRODUCT

***Kanat Hazimov***

*postdoctoral student, Kazakh National Agrarian University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Janat Hazimov***

*master, Kazakh National Agrarian University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Akmaral Sagyndykova***

*master, Kazakh National Agrarian University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

***Marat Hazimov***

*candidate of Technical Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian  
University,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

## АННОТАЦИЯ

Проведен многофакторный эксперимент по определению влияния температуры, времени выдержки и размера частицы сырья на влажность и состав конечного продукта в гелиосушильной установке. По результатам исследования получены линейные модели процесса сушки яблок, баклажан и перца. В качестве функции представлены влажности конечных продуктов и изучена динамика сушки от времени. Проведен химический анализ продуктов до и после сушки.

## ABSTRACT

Complex experiment of determining the effect of temperature, exposure time, the particle size of the raw material on humidity, and the composition of the final product in the helio-dryer installation is conducted. According to the study, linear models of drying process of apples, eggplant and peppers are received. As a function, final products humidity is presented, and the dynamics of drying from time is under study. Chemical analysis of the product before and after the drying is carried out.



**Ключевые слова:** солнечная сушилка; толщина нарезки; динамика сушки; химический анализ.

**Keywords:** solardrier; cutting thickness; drying dynamics; chemical analysis.

В настоящее время в мировой практике в связи с дефицитом энергоносителей, а также их дороговизной широкое распространение получает использование возобновляемых источников энергии, ветровых, солнечных и др. В Республике Казахстан, и в особенности в сельской местности, где стоимость энергоносителей обходится дорого товаропроизводителям, данная проблема имеет исключительно большое значение. Удорожание топливно-энергетических ресурсов приводит к использованию автономных средств на основе использования возобновляемых источников энергии, как, например, реализация возможностей комплексного использования солнечной энергии для сушки плодоовощной продукции.

Фрукты и овощи, как правило, содержат до 90 % воды, 9,5 % различных органических соединений и 0,5 % минеральных веществ. Высокое содержание влаги приводит к тому, что фрукты и овощи легко поражаются фитопатогенными микроорганизмами, и сохранность урожая является сложной задачей. Ежегодные потери урожая овощей на стадии заготовки и хранения в среднем составляют 20—25 %, фруктов — 15—18 %, поэтому сушка плодов и овощей как способ сбережения урожая находит все большее применение [1].

Для повышения эффективности и производительности сушильной установки и интенсификации технологии производства сушеных продуктов растительного происхождения с использованием солнечной энергии более важным является определение влияния таких технологических параметров процесса сушки, как температурный режим, время сушки и размеры и формы сырья, подвергаемого к сушке.

**Цель:** Определение влияния технологических параметров на влажность и качество сушеной продукции овощей и фруктов в солнечной сушилке шахтного (вертикального) типа. Для достижения данной цели в исследовании необходимо было решить следующие задачи:

- - получить модель, описывающую влияние температурного режима, время выдержки и размеры нарезки плодоовощной продукции для сушки в сушилке с камерой шахтного типа;
- - изучить динамику сушки плодоовощной продукции в солнечной сушилке с камерой шахтного типа;
- - определить химический состав высушенной продукции в зависимости от способа нарезки плодоовощной продукции.

**Материалы и методы:** Известные работы [3—5] ряда авторов показывают, что при изучении процесса сушки важным показателем является экспериментальное исследование. Поэтому основное внимание при изучении процесса сушки уделялось отдельному изучению влияния технологических факторов на интенсивность выделения влаги. Исходя из этого, определялись режимы работы рассматриваемых (изучаемых) установок и пути совершенствования как конструкции установок, так и методов сушки. Исследования проводились в солнечной сушильной установке с камерой шахтного типа [2] на базе учебно-производственного центра «Агротехсервис» Казахского национального аграрного университета. Для проведения исследований подбиралось место на специально подготовленной площадке, с целью обеспечения непрерывного поступления солнечных лучей в воздухонагреватель солнечной сушилки.

Для ведения опытов по многофакторному эксперименту была принята методика планирования эксперимента по ротatableльному плану второго порядка.

Выбор независимых переменных был обусловлен основными закономерностями технологического процесса сушки, где основную роль при обезвоживании играли: температурная зона нахождения массы, время ее выдержки при заданной температуре, и третьим переменным был выбран средний размер толщины долек, который оказывал существенное влияние на интенсивность выделения влаги. Интервалы, уровни варьирования независимых переменных и матрица плана эксперимента приведены ниже.

*Таблица 1.*

**Значения уровней и интервалов варьирования факторов**

Обозначение	Кодир. значения	Факторы		
		температура среды <i>T</i> , °С	экспозиция выдержки <i>τ</i> , ч.	толщина долек <i>a</i> , мм
Основной уровень	0	45	6	20
Интервал варьирования	$\epsilon$	15	2	5
Верхний уровень	+ 1	60	8	30
Нижний уровень	- 1	30	4	10
Верхняя звездная точка	+ 1,68	70	9,56	26,8
Нижняя звездная точка	-1,68	20	2,70	4,2
Кодовое обозначение		$X_1$	$X_2$	$X_3$

**Влияние толщины нарезки на процесс сушки.** Каждая культура сушилась отдельно, так как на процесс сушки влияют теплофизические свойства сырья, и эти показатели между собой отличаются в больших пределах [6]. Подготовка сырья проводилась путем мойки продукции, нарезки кружочками и дольками разной толщины: кружочки 5 мм, дольки 5 мм (для этого подбирались плоды одинаковых размеров). Нарезанные на кружочки или дольки разной толщиной яблоки, баклажаны и перец помещались в сушильную камеру. В ходе сушки непрерывно измерялись значения температуры в сушилке и снаружи цифровыми автономными программируемыми регистраторами FLUKE 54 2В, устанавливаемыми на длительное время в корпусе сушилки в начале, в середине и в конце корпуса. Исследуемые образцы укладывались на стеллаж только в одном уровне, так как при расположении нескольких уровней термодинамические параметры в каждом уровне будут отличаться. По каждому варианту согласно плану исследования определялось время сушки.

Полностью высушенные продукты подвергались химическому анализу по следующим методам:

- содержание сухих веществ (методом высушивания),
- общего сахара — по Бертрану, извлечение проводили дистиллированной водой при температуре 80 °С, последующей инверсией соляной кислотой. Готовый раствор исследовали при помощи фотоэлектроколориметра (ФЭК). Светофильтр № 8.
- витамина С — по Мурри, (извлечение витамина С проводили 1 % соляной кислотой с последующим титрованием краской Тильманса — 2,6 дихлорфенолиндофенол).
- общей кислотности — методом титрования (извлечение органических кислот проводили дистиллированной водой при температуре 80 °С, с последующим титрованием 0,1 гидроокисью калия в присутствии индикатора фенолфталеина).
- нитратов — потенциометрическим методом с использованием ионоселективных электродов.

**Результаты исследований.** В результате исследований установлено, что изменение влагосодержания в продуктах сушки зависло от толщины нарезки, продолжительности обработки и температуры. На основе многофакторного эксперимента с варьированием этих факторов получено множественное уравнение регрессии первого порядка соответственно для яблок, баклажан и перца:

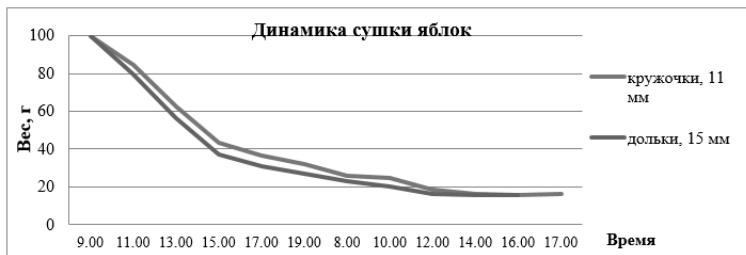
$$W = 166,14 - 0,73T - 2,79\tau - 0,08a \quad (1)$$

$$W = 159,68 - 0,69T - 1,83\tau - 0,05a \quad (2)$$

$$W = 149,76 - 0,59T - 0,92\tau - 0,01a \quad (3)$$

Варьируемые значения параметров по условиям эксперимента были приняты одинаковыми. Проверка значимости коэффициентов регрессии в полученной модели по критерию Стьюдента показала, что все коэффициенты являются значимыми. Однако полученные зависимости для всех видов продуктов являются линейными. Скорее всего, эти пределы изменения факторов имеют небольшой диапазон, сушка проходит в мягком режиме, как режимы гелиосушки. В уравнении (1) свободный член имеет большее значение, чем в (2) и (3), это связано с количеством влаги в исходном материале: для яблок оно наивысшее, далее идет баклажан, и самую низкую влажность имеет перец. Более значимым фактором является температурный режим во всех трех моделях, также этот фактор меняется в зависимости от влажности материалов, самое высокое значение у яблок и низшее у перца, и такой закономерности подчиняется влияние других факторов. Следует отметить, что среди всех факторов незначимыми являются размеры частицы (толщина нарезки). Самое низкое влияние размеров перца на процесс сушки можно объяснить тем, что структура болгарского перца имеет другие отличительные особенности, чем у яблок и баклажанов, и более влажная часть находится в кожуре, которая имеет толщину максимально до 5 мм. Поэтому поверхность теплообмена баклажанов больше, чем у других «участников» эксперимента.

Из графиков, характеризующих динамику и продолжительность сушки плодов и овощей в зависимости от способа и толщины нарезки (рисунок 1), видно, что наиболее оптимальной является нарезка яблок дольками толщиной 10 мм, баклажанов дольками толщиной 5 мм, перца болгарского толщиной 10 мм и квадратиками 20x20 мм.



**Рисунок 1. Динамика сушки плодов и овощей в зависимости от способа и толщины нарезки**

Проведенные химические анализы исходных (таблица 2) и высушенных продуктов (таблицы 3 и 4) дали следующие результаты.

**Таблица 2.****Химический анализ сырья до сушки**

№/пп	Культуры	Витамин С, мг%	Сахара, %	Кислотность, %	Сухие вещества, %	Нитраты, мг/100г
1	2	3	4	5	6	7
2	Баклажан	13,2	3,36	0,30	7,50	28,980
3	Перец	65,8	3,48	0,42	6,68	40,805
4	Яблоки	9,6	17,0	0,57	13,46	14,302

**Таблица 3.****Химический анализ сырья после сушки нарезанных кружочками**

№/пп	Культуры	Витамин С, мг%	Сахара, %	Кислотность, %	Сухие вещества, %	Нитраты, мг/100г
1	2	3	4	5	6	7
2	Баклажан	2,0	12,2	0,15	90,5	185,4
3	Перец	105,6	12,4	0,58	93,2	236,3
4	Яблоки	4,3	59,6	0,48	86,4	89,6

**Таблица 4.****Химический анализ сырья после сушки нарезанных дольками**

№/пп	Культуры	Витамин С, мг%	Сахара, %	Кислотность, %	Сухие вещества, %	Нитраты, мг/100г
1	2	3	4	5	6	7
2	Баклажан	2,0	9,0	0,45	87,7	200,1
3	Перец	99,6	7,2	0,20	97,1	240,5
4	Яблоки	3,3	62,1	0,32	90,1	90,7

Химически анализ проводился по 5 показателям: содержанию витамина С, сахара, сухих веществ, нитратов и кислотности продукта. Как видно, по содержанию витамина С перец многократно превышает остальные культуры (яблоко и баклажан) как в свежем состоянии, так и в сушеном виде. По содержанию сахара все представленные виды культур в сухом виде содержат его больше чем в 3 раза, чем в свежем виде. Среди них сушеное яблоко содержит в несколько раз больше сахара, чем остальные продукты. Что касается кислотности, все 3 куль-

туры имеют показатели ниже, чем 0,6 %, как и в свежем, так и в сухом виде. Сухие вещества в процентном соотношении в порядке два раза содержатся в свежем яблоке, чем в других культурах. Нитраты свежий перец содержит больше в 2 раза, чем другие культуры, в сухом состоянии этот показатель у сушеного перца возрастает почти до 10 раз больше, чем у остальных культур.

### **Выводы**

Установлены математические зависимости первого порядка изменения влажности обрабатываемых материалов, таких как яблоко, баклажан и перец, от температуры сушки, продолжительности тепловой обработки и размеров высушиваемого материала. Более существенным параметром являлся температурный режим, и менее существенным — размеры частиц. По динамике сушки и по продолжительности сушки наиболее оптимальной является нарезка яблок дольками толщиной 10 мм, баклажанов — дольками толщиной 5 мм, перца болгарского — толщиной 10 мм и квадратиками 20x20 мм.

Способ нарезки продукции влияет также на его полезные свойства и химический состав. По содержанию питательных показателей, в частности по содержанию витаминов, перец имеет очень высокий показатель по сравнению с яблоками и баклажанами.

### **Список литературы:**

1. Тажибаев Т.С. Технология переработки и хранения овощей и фруктов. Пособие для высших учебных заведений. Алматы, 2010. — 281 с.
2. Хазимов К.М. Подбор типа полиэтиленовой пленки в качестве экрана в солнечной сушилке для сушки овощей //11thConference “European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches”. 2014. — с. 61—68.
3. Muhlbaner W. Getreide und Maistocknung mit onnenenergie // Agrartech. Internat. — 1977. — Bd. 57, — № 5. — S. 58—60.
4. Jona feat fruit Patent. USA.-1979. 4 157 620.
5. Raise in raincoats beat the heat // American fruit Grower. — 1985. — № 5. — P. 22—32.
6. Ultanova I.B., Khazimov K.M., Khazimov M.Zh. Determination of thermal performance the fruits pulp of melons// Agroinžineriair energetika. 2014. — с. 121—127 с.

## СЕКЦИЯ 7.

### ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

#### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

*Баландина Елена Александровна*

*канд. техн. наук, доцент  
Омского государственного института сервиса,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [balandina\\_elen@mail.ru](mailto:balandina_elen@mail.ru)*

#### HIGHLIGHTS SIMULATION PRODUCTS FROM KNITTED FABRICS

*Balandina Elena*

*candidate of technical sciences,  
Associate Professor of Omsk state Institute of service,  
Russia, Omsk*

#### АННОТАЦИЯ

В статье описываются проблемы и особенности проектирования трикотажной одежды, даны рекомендации по моделированию конструкций трикотажных изделий с учетом комплексного использования свойств трикотажа.

#### ABSTRACT

This article describes the problems and peculiarities of design knitted garments, recommendations modeling knitwear designs with the integrated use of the properties of knitwear.

**Ключевые слова:** Моделирование швейных изделий; трикотажные полотна.

**Keywords:** simulation products; knitted fabrics.



Проживание на территории с резко-континентальным климатом всегда сказывается на гардеробе. Зимой особенно хочется тепла и уюта, и именно эти потребности в максимально эффективной форме удовлетворяет одежда из трикотажного полотна.

Трикотажная одежда не только удобна, но и практична. Благодаря особенностям свойств трикотажа модную одежду удалось сделать ярче и разнообразнее. Основными факторами, определяющими моду в трикотаже, являются переплетения и орнаменты трикотажных полотен, цвет, силуэт и форма изделий, пропорции, характер деталей и отделок.

Из трикотажного полотна можно изготовить практически все изделия, выпускаемые швейной промышленностью из тканей. Если учесть гигиенические свойства трикотажа — гигроскопичность, теплопроводность, несминаемость и способность выдерживать продолжительную носку, не изменяя внешнего вида, — станет понятно, почему одежда из трикотажа любима потребителем.

Сегодня российский производитель должен быть в курсе всех технологических новинок, следить за направлениями моды. Именно эти аспекты влияют на создание конкурентоспособного товара. Поэтому приоритетным направлением в работе специалистов при разработке проектно-конструкторской документации для одежды различного ассортимента является внедрение новых технологий, применение прогрессивных способов проектирования с учётом последних отечественных и зарубежных достижений в области швейного производства.

Мода в трикотаже, развиваясь с учетом общего направления моды в одежде, представляет в настоящее время самостоятельный раздел моделирования и не подвержена столь частым изменениям, как в одежде в целом. Она более стабильна и вместе с тем более гибка. Если в одежде из тканей очень много значат силуэт, форма, линии (как конструктивные, так и конструктивно-декоративные, декоративные), то в трикотаже они не являются главными факторами.

Предмет профессиональной деятельности дизайнера и конструктора в области проектирования и моделирования одежды из трикотажа — это поиск, проектирование новых структур переплетений, орнаментов трикотажных полотен, колорита, деталей отделки, новых форм в одежде и воплощение их в материале, иначе — моделирование формы одежды.

Проектирование новых моделей одежды — это комплексное решение художественных, эргономических, технических, технологических, экономических и других задач в процессе разработки эскизов, макетов, чертежей, технологии изготовления образцов изделий

рациональных размеров и форм в соответствии с предъявленными к ним требованиями. Многовариантность проектных решений, разнообразие исходных материалов, частая смена моделей и ассортимента изделий требует системного подхода к выполнению проектных работ, учета комплекса физико-механических свойств трикотажного полотна, специфики функционального назначения и особенностей композиционно-конструктивного решения трикотажной одежды.

Конструкции трикотажных изделий должны быть технологичными и экономичными, т. е. обеспечивать минимальные трудовые и материальные затраты на изделие. Эскиз или образец модели является основой для определения силуэтной формы изделия, членения изделия на основные узлы и детали, установления припусков в изделии относительно размеров типовой фигуры. При членении одежды на основные узлы и детали необходимо учитывать такие неблагоприятные свойства, как распускаемость трикотажа, закручиваемость его краев и прорубаемость. Линии конструктивных членения, швы — должны быть расположены на полотне таким образом, чтобы эти свойства проявлялись в меньшей степени. Рекомендуется конструктивные и конструктивно-декоративные линии проектировать простых лекальных форм, избегать горизонтальных линий членений. В изделиях из легкопрорубаемых трикотажных полотен необходимо проектировать минимальное количество швов.

При проектировании трикотажных изделий очень важно размеры и форму будущего изделия увязать со свойствами трикотажного полотна, т. к. это способствует в дальнейшем сохранению размеров, объемов, силуэта изделия в процессе носки и созданию комфортных условий для человека.

Деформация трикотажного полотна — основное свойство, влияющее на конструкцию изделия. Конструктору необходимо выбрать такое значение величины деформации, которое бы удовлетворяло одновременно нескольким требованиям: обеспечение комфортного давления на тело человека, возможность закрепления деформаций в изделии, обеспечение максимальной износостойкости на участках, наиболее подверженных истиранию, отсутствие искажения зрительного восприятия рисунка и фактуры полотна [1, с. 13—18].

Трикотажные полотна, по сравнению с тканью, имеет большую подвижность структуры, наличие подвижной петельной структуры придает полотну более высокую способность к формованию, полотно легко принимает сложную пространственную форму без использования каких-либо дополнительных конструктивных членений. Форму трикотажного изделия, получают путем перекоса полотна. В трико-

таже переко́с должен непременно сопровождаться растяжением полотна в поперечном, продольном или диагональном направлениях, либо одновременно во всех.

Применяя различные переплетения и виды сырья, разную расстановку игл, можно получать нужную форму изделия. На трикотажном полотне с машин низких классов использование вытачек нецелесообразно, так как в местах их расположения создается большое утолщение, отрицательно влияющее на эстетический вид изделия. Заужение полотна, например в области талии для получения приталенного силуэта, вместо вытачек может быть достигнуто непосредственно при вязании путем изменения глубины кулирования.

При построении женских трикотажных изделий, плотно облегающих фигуру, выполненных из полотен второй и третьей групп растяжимости, не рекомендуется использовать большие отрицательные значения основных прибавок. При использовании больших абсолютных значений минусовых прибавок в конструкции возникают дефекты, которые не позволяют обеспечить хорошую посадку и требуют обязательную корректировку конструкции. Кроме того, использование различных величин минусовых прибавок на различных участках чертежа создает большие неудобства. Основной процент заужения конструкции необходимо выбирать в зависимости от группы растяжимости полотна, переплетения, пряжи, а также класса оборудования, на котором оно связано.

При выборе силуэтной формы изделия, покроя основных деталей необходимо учитывать ширину трикотажного полотна. На ширину трикотажного полотна влияет структура переплетения, расстановка игл, сырье. Ширину трикотажного полотна можно изменять последующей его отделкой.

При изготовлении современных изделий на плоскофанговых машинах большое внимание уделяется образованию формы с максимальным использованием технологических возможностей оборудования, т. е. сочетанию в одном изделии полотен разных структур. Структура трикотажного полотна зависит от показателей: волокнистого состава, структуры пряжи, плотности, отделки. Широко используя возможности плоскофангового оборудования, можно получить методом сочетания различных видов переплетений самые разнообразные конструктивные формы трикотажных изделий, что позволяет значительно расширить ассортимент изделий из трикотажа.

Использование разных видов пряжи даёт возможность создавать новые виды трикотажных полотен, новые виды переплетений, что способствует созданию новых форм и объёмов изделий, современ-

ных конструктивных решений и декоративных элементов (рукав покроя реглан, юбки плиссе, рюши, сетчатые переплетения). В настоящее время актуально и широко используется при изготовлении трикотажных изделий сочетание натуральных и искусственных волокон: вискоза с хлопком; вискоза со льном; шерсть с вискозой. При этом улучшаются гигиенические свойства одежды и её эстетический вид.

Форма, декор, детали и конструкция, взаимодействуя, в совокупности создают в рамках определённого стиля образное решение. Каждому стилю характерен определённый круг идей, тем, образов, композиционных решений. Сочетание функциональных предметов с экстравагантными решениями в одежде, использование различных членений, орнаментов, криволинейной поверхности и различного вида отделки и обработки из трикотажа. Всё это позволяет добиться желаемого результата. Цветовое решение также оказывает влияние на восприятие формы. Цвет воспринимается в эмоционально-психологическом и символическом аспектах. Он вызывает ассоциации, может возбуждать и угнетать, оказывать успокаивающее воздействие.

Разработанные рекомендации по моделированию изделий из трикотажных полотен можно использовать как в традиционном процессе проектирования в авторских дизайн-ателье, так и в специализированных автоматизированных системах проектирования на предприятиях легкой промышленности. Они позволят повысить эффективность производства от внедрения рациональных конструктивных решений, способных пользоваться спросом на рынке одежды.

Высокое качество одежды в целом во многом зависит от качества ее конструкции, для выполнения этой задачи наряду с разработкой разнообразных по переплетениям, расцветкам и волокнистому составу трикотажных полотен необходимо вести дальнейшие исследования в направлении совершенствования конструкции трикотажных изделий с учетом комплексного использования свойств трикотажа.

### **Список литературы:**

1. Баландина Е.А., Виниченко И.В. Конструирование трикотажных изделий: учеб. пособие. Омск: СГИС, 2011. — 103 с.

# СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТРАНСФОРМАЦИОННОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОДЕЖДЫ

**Баландина Елена Александровна**

*канд. техн. наук, доцент  
Омского государственного института сервиса,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [balandina\\_elena@mail.ru](mailto:balandina_elena@mail.ru)*

**Гришкова Елена Юрьевна**

*студент Омского государственного института сервиса,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [helen\\_grishkova@mail.ru](mailto:helen_grishkova@mail.ru)*

## CREATING SPATIAL FORMS ON THE BASIS OF TRANSFORMATIONAL RECONSTRUCTION OF CLOTHING

**Balandina Elena**

*candidate of technical sciences,  
Associate Professor of Omsk state Institute of service,  
Russia, Omsk*

**Grishkova Elena**

*student of Omsk State Institute,  
Russia, Omsk*

### АННОТАЦИЯ

В статье описываются проблемы и особенности создания сложных пространственных форм, дан анализ существующих методов. Авторами представлен алгоритм построения сложных пространственных форм на основе метода трансформационной реконструкции одежды.

### ABSTRACT

This article describes the problems and peculiarities of creating complex spatial forms, gives the analysis of existing methods. The authors present an algorithm for constructing complex three-dimensional shapes on the basis of the method of transformational reconstruction of clothing.

**Ключевые слова:** Конструирование одежды; сложные пространственные формы; метод трансформационной реконструкции одежды.

**Keywords:** designing clothes, complex spatial forms, the method of clothing transformational reconstruction.

Ничто в мире не стоит на месте, время стремительно движется вперед, развивая и усложняя все вокруг, даря нам новые идеи и возможности их воплощения. Конструирование, как и любая область науки также ищет новые подходы к задачам и путь их решения. Вместе с новыми идеями дизайнеров на свет рождаются удивительные вещи. Ценность техники кроя открывается заново, дизайн зачастую рождается в процессе разработке конструкции. А современные технические возможности позволяют воплощать в жизнь довольно сложные замыслы [1, с. 11—14]/

Одним из ярких направлений в моде последних лет можно выделить особую скульптурность формы, создание неповторимых объемов в одежде, где тело человека выступает лишь «каркасом». В связи с этим на первый план выходит ценность конструкций, способных передать необходимую форму и воплотить идеи автора. Четкость линий, сложные пространственные элементы, необычность идеи, сложный крой, форма и объем, вот что привлекает взгляды к подиумам. В сезоне осень-зима 2014—2015 года скульптурное направление представляют — Zac Posen и платья «оригами» от Ashish и Christopher Kane.

«Архитекторы моды» — так по праву названы дизайнеры XX века — Мадлен Вионне, Кристоаль Баленсиага и Чарльз Джеймс, Пьер Кардене и Роберто Капуччи, Рей Кавакубо и Хуссейн Чалаян [2]. Они относились к своим моделям не как портные, а как конструкторы, скульпторы, инженеры. И хотя их имена известны больше профессионалам, они стали поистине новаторами в мире женской моды, линий, кроя и стиля. Они те, кто служат источником вдохновения, те, кто раздвинули грани пространства создавая объем и оставляя после себя произведения искусства, являющимися экспонатами в музеях мира.

Сложные пространственные формы в одежде можно получить с помощью различных методов, приемов и материалов. Одним из старейших способов получения сложных форм в одежде является макетный способ и, тем не менее, актуальный и на сегодняшний день, представляющий неограниченные возможности. Современное и перспективное, широко применяемое направление в создании одежды является 3D сканирование и последующее 3D моделирование в различных специальных программах. Последним словом в индустрии моды

является применение 3D принтера. Внедрение данных технологий для изготовления одежды находится лишь в начале своего становления, и его проникновение в эту отрасль сопровождается множеством трудностей, как с технической стороны, так и со стороны восприятия.

Среди современных дизайнеров, работающих со сложными пространственно-конструктивными формами и методами применяемыми ими для разработки данной методики и построения конструкции за основу были взяты способы трансформационной реконструкции костюма используемой японским конструктором и дизайнером Шинго Сато, и способ развертки поверхности изделий из проекта группы Mashallah Design и дизайнера Линды Котовски (Linda Kostowski).

Шинго Сато — японский конструктор и дизайнер, мастер инноваций, является представителем движения — трансформационной реконструкции костюма. Это комбинация двухмерного плоскостного конструирования костюма и трехмерной накладки на манекене. Среди самых известных моделей — юбка с фалдами, платье-оригами, воротник-аккордеон [4].

Модельер придает построенным на плоскости формам 3D-эффекты, используя геометрические формы, играя фактурой материалов и цветами. В готовом изделии швы соединения деталей не видны, конструктивные линии, переведены в декоративные.

Макетный метод, в данном случае, позволяет наиболее легко и достаточно точно определить опорные точки пересечения поверхности изделия и его пространственных элементов. Среди недостатков можно выделить — высокую трудоемкость, материалоемкость, затратность по времени. Это связано с поиском формы, что приводит к необходимости изготовления большого количества экспериментальных образов.

Проект группы Mashallah Design и дизайнера Линды Котовски (Linda Kostowski) в противовес «макетному» методу этот дизайнерский креатив создает свои коллекции при помощи программ 3D-моделирования. Их коллекции представляющие «скульптурные» футболки The T-Shirt Issue и Muylbridge Pt. 2 [5, с. 33—39].

Творческий процесс выглядел примерно следующим образом: для начала при помощи специального сканера была создана объёмная графическая модель человеческого тела, после этого её «одели» в программе для 3D-моделирования, придавая будущим футболкам нужный скульптурный эффект. Готовый вариант перенесли в 2D, превратив в сложные выкройки. А по ним уже, при помощи лазера, вырезали готовые детали и сшили между собой.

Данный метод при работе дает высокую вариативность и наглядность при поиске конечной формы, экономя при этом время и значительно упрощая сам процесс (минимальное или полное отсутствие работы с экспериментальными образцами). С его помощью можно получить наиболее сложные пространственные формы. Недостатками можно назвать — сложность формулирования задач при построении и получении развертки, затратность процесса, связанное с наличием специального оборудования и программ.

При построении изделий со сложными пространственными эффектами приходится сталкиваться с целым рядом конструктивных и технологических сложностей — построение эскиза с правильной проработкой интересующих элементов, поиск опорных точек поверхности изделия и объемного элемента, развертка самого объемного элемента (при наиболее сложных формах), грамотное исполнение в изделии проработанной конструкции. В связи с этим использование современных методик является наиболее актуальным. Разработка новых методик, усовершенствование уже имеющихся, введение инноваций — вот то, что необходимо развивать, то, что позволяет упростить производственный процесс, давая возможность дизайнерам расширить рамки возможностей в реализации идей в готовое изделие.

В процессе исследования темы, была сформулирована задача — создание новой методики построения сложных пространственных форм на основе метода трансформационной реконструкции костюма. И был разработан следующий алгоритм [3, с. 76.]:

1. Подготовка подробного эскиза изготавливаемого изделия, его детальная проработка. На эскизе должны просматриваться пространственное направление аппроксимируемых поверхностей, объектов или частей изделия. При наличии сложных пространственных объектов необходим отдельный подробный эскиз самого объекта.

2. Изготовление макета — «каркаса» изделия для нахождения опорных точек поверхности изделия и пространственных элементов, выбор секущих для последующего развертывания поверхности. За «каркас» может приниматься любое условное изделие швейного ассортимента одежды.

3. Нанесение на «каркас» аппроксимируемых следов геометрических фигур, тени отдельных элементов, линии ребер, перегибов, сечений.

- 3.1. При наличии сложных пространственных элементов проводят отдельное дополнительное построение с учетом следа на поверхности «каркаса».



3.2. По построенному элементу происходит уточнение размеров и контуров следов на «каркасе» изделия.

4. В соответствии с нанесенными контурами следов выбираются линии сечения поверхности. Они выбираются с учетом максимального удобства при дальнейшей работе, для более простого и полного доступа к наиболее сложным местам конструкции. Выбор обуславливается дальнейшей технологической сборкой изделия.

5. Расстановка контрольных надсечек по линиям сечения, что позволяет упростить процесс сборки изделия. Количество контрольных надсечек зависит от сложности конструкции.

6. Рассечение «каркаса» по выбранным секущим линиям и получение первоначальной развертки поверхности.

7. Работа с полученной разверткой, ее последующее моделирование.

8. Изготовление лекал проектируемого изделия необходимых для раскроя изделия.

9. Технологический процесс сборки изделия.

Разработка алгоритма — это первый этап работы. На данный момент идет этап апробирования разработанного алгоритма, а именно изготовление экспериментальных макетов, уточнение и отработка методики, внесение корректировок.

Создание новой методики построения пространственных форм на основе метода трансформационной реконструкции костюма является новым подходом к проектированию эксклюзивных изделий легкой промышленности, и позволят усовершенствовать процесс конструирования, дает возможность создавать наиболее сложные и неординарные модели изделий.

### **Список литературы:**

1. Баландина Е.А. Формирование геометрической модели сложной каркасной поверхности и получение ее развертки применительно к конструированию одежды // Омский научный вестник. 2012. № 3 (113).
2. Горюшкина Н. Архитекторы моды: семь великих дизайнеров XX века. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.osinka.ru/Moda/Designer/2012\\_Fashion](http://www.osinka.ru/Moda/Designer/2012_Fashion) (дата обращения: 12.11.2014).
3. Гришкова Е.Ю. Инновационный крой или все грани объема // Молодежь, наука, творчество 2014. Сборник статей в 2-х частях. Часть 1. 2014.
4. Инновационный крой. //«Ателье» 2013. № 4 (148).
5. Мягкие скульптуры в проекте The-Shirt Issue [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.novate.ru/blogs/060312/20241> (дата обращения: 12.11.2014).

## СЕКЦИЯ 8.

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

#### АЛГОРИТМ АНАЛИЗА СЕТЕЙ СТАНДАРТА IEEE 802.11N В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

*Онянов Дмитрий Андреевич*

*аспирант, Казанский Национальный Исследовательский  
Технический Университет им. А.Н. Туполева — КАИ,*

*РФ, г. Казань*

*E-mail: [msnjager@yahoo.com](mailto:msnjager@yahoo.com)*

#### ALGORITHM FOR IEEE 802.11N STANDARD SYSTEM ANALYSIS USING MATLAB SIMULINK

*Onyanov Dmitry Andreevich*

*postgraduate, Kazan national Research Technical  
University named after A.N. Tupolev — KAI,*

*Russia, Kazan*

#### АННОТАЦИЯ

Анализ распространения сигналов в телекоммуникационных системах требует все более совершенное оборудование, позволяющее в режиме реального времени оценить характеристики распространения радиоволн, обнаружить «слабые места» системы и выдать рекомендации для улучшения качества связи. Альтернативой вышеописанному методу служат системы, построенные на открытых платформах, которые позволяют производить необходимые замеры без использования дорогостоящего оборудования. В данной статье представлен метод анализа сигнала, работающего по стандарту IEEE 802.11n с помощью модели Matlab Simulink.

#### ABSTRACT

Modern signals propagation evaluation in telecommunication systems requires more sophisticated equipment, providing real-time measurements

of radio wave performance, explore bottlenecks of each system, and make recommendations for improving communication quality. The best alternative of described above method are systems that use open-source technologies carrying out appropriate measurements without expensive technical equipment.

This research paper assumes scientific method for signal analysis recorded from IEEE 802.11n standard equipment using Matlab Simulink model.

**Ключевые слова:** телекоммуникации; анализ распространения сигналов; Matlab Simulink.

**Keywords:** telecommunications; signal propagation analysis; Matlab Simulink.

В настоящее время технологии беспроводной связи, основанные на стандарте IEEE 802.11n, обрели широкую популярность как в построении корпоративных сетей, так и сетей общего пользования.

Основными преимуществами 802.11n стали: высокая производительность сети, наличие технологии MIMO, помехоустойчивость и стойкость к многолучевому распространению сигналов. Кроме того, важную роль сыграла обратная совместимость со стандартами 802.11g и 802.11a. Тем не менее, широкое распространения радиооборудования, работающего на одних и тех же частотах в пределах сравнительно небольших территорий, поставило важный вопрос: «Каким образом можно быстро и качественно осуществить анализ радио сигналов, чтобы превентивно обнаружить недостатки построения сети и внести необходимые корректировки?»

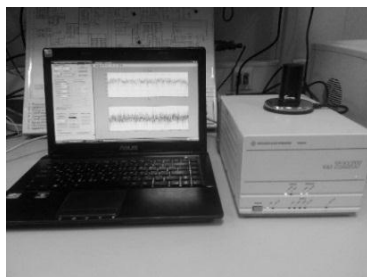
Одним из ответов на поставленный вопрос является использования аналитической среды Matlab Simulink, позволяющей проводить анализ сигналов: оценивать параметры SNR (отношение сигнал/шум), PER (процент неправильно принятых пакетов), проводить сравнение отправленных и принятых информационных пакетов, детально анализировать процессы распространения сигнала (при использовании модели радиоканала TGn Channel Model).

В качестве оборудования, осуществляющего запись радиосигналов, использовался универсальный анализатор радиосетей Rohde&Schwarz TSMW, алгоритм обработки реализовывался в виде модели, созданной в аналитическом пакете Matlab Simulink. Структурная схема системы на базе анализатора радиосетей R&S TSMW приведена на рис. 1.



**Рисунок 1. Структурная схема системы**

R&S TSMW моделирует передачу радиосигналов оборудованием, работающем на стандарте IEEE 802.11n, которое сразу же записывается в виде .DAT файла. Внешний вид системы представлен на рис. 2.



**Рисунок 2. Внешний вид системы**

После записи .DAT файла, он открывается в программе TSMW MatlabDemo IQ для его последующей конвертации в файл формата .mat, что позволяет использовать его в среде Matlab Simulink. Кроме того, программа позволяет определить частоту дискретизации  $f_d$  исходного сигнала, которая будет использована в процессе декомпозиции принятого сигнала.

Вышеописанный способ позволяет записать и представить в виде исходного .mat файла аналог сигнала, передаваемого реальным оборудованием в существующих системах, а значит может применяться повсеместно.

Далее записанные сигналы представляются в виде входных данных приемной части стандарта IEEE 802.11n, в которой и осуществляется процесс декомпозиции сигнала. Во время приема исходных информационных пакетов мы можем изменять количество приемопередающих антенн (MIMO) для оценки помехоустойчивости и производительности системы. Кроме того, система по заданному алгоритму производит синхронизацию в системе, что позволяет по пилот-последовательностям точно определить начало передачи информационного сообщения. Модель приемной части представлена на рис. 3.

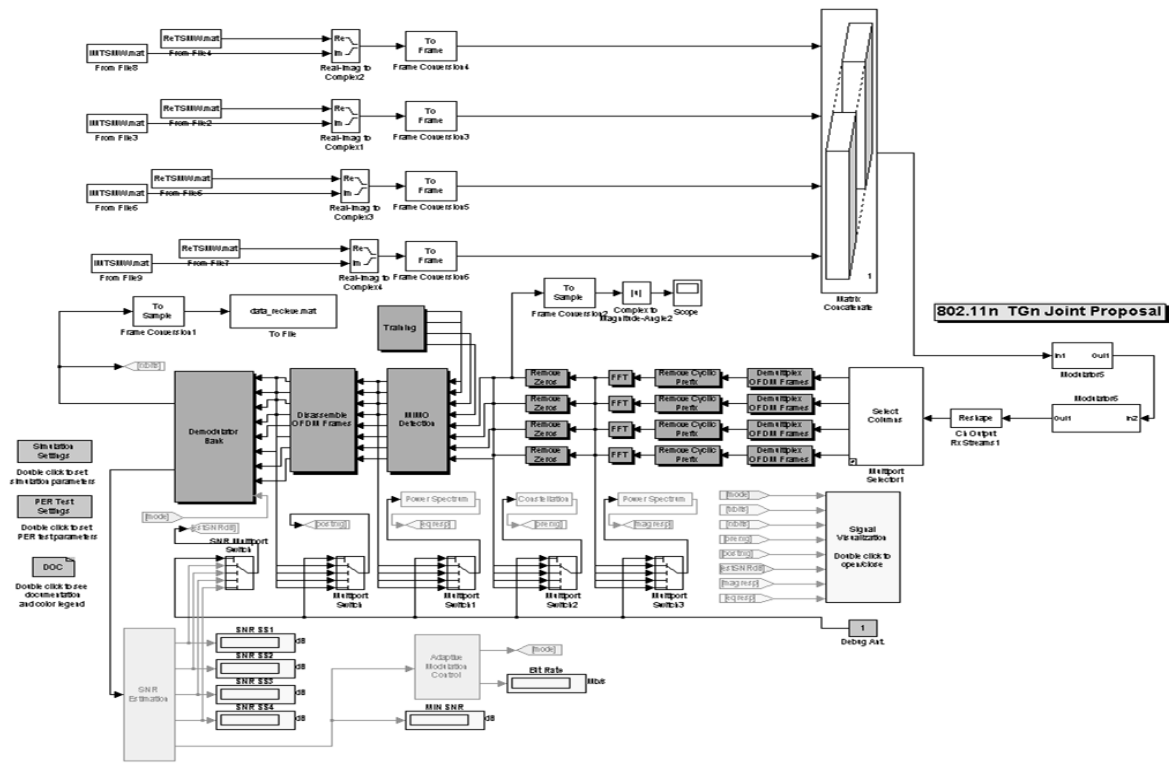
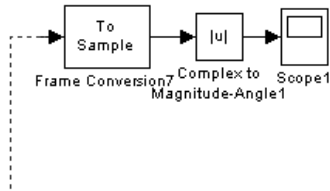


Рисунок 3. Приемная часть IEEE 802.11n

Для отслеживания правильности процесса синхронизации системы, выделение пилот-тона сигналов выводится на осциллограф (рис. 4).



**Рисунок 4. Выделение пилот-тона сигнала на осциллограф**

Как результат, на выходе системы мы получаем записанный файл с исходными демодулированными последовательностями, которые изначально формировал универсальный анализатор радиосетей Rohde&Shwarz.

Имея исходные и полученные после обработки в системе данные, мы можем сделать следующие выводы:

- Оценить уровень PER (%), процента неправильно принятых информационных пакетов при условии использования модели канала с заданными характеристиками.
- Определить соотношение сигнал/шум (SNR) в системе для заданных параметров.
- Сравнить зависимость помехоустойчивости системы от выбранных типов модуляции, количества приемно-передающих антенн (MIMO).
- Проанализировать воздействие оборудования, работающего на смежных частотах, на нашу систему путем добавления каналов с неинформационными типами данных.
- Эмпирическим путем найти оптимальные характеристики для работы оборудования в указанной территориальной зоне.

Использование аналитических моделей, построенных в среде Matlab Simulink, помогают эффективно проводить анализ сетей стандарта IEEE 802/11n, оперативно решать возникающие проблемы, проявляемые при построении сети, и выдавать рекомендации по улучшению ее производительности. Вышеописанный метод подходит для анализа работоспособности сети стандарта IEEE 802.11n без привлечения дорогостоящего оборудования, а, значит, он может широко применяться специалистами и радиолюбителями.

### **Список литературы:**

1. IEEE Standard for Information Technology — Telecommunications. Specific requirements. Part 11: WLAN MAC and PHY Specifications. NY, USA: IEEE press, 2009. — 502 p.
2. Designing and developing 802.11n Wireless Networks. — In., USA: CISCO press, 2010. — 499 p.

## **ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ В БАЛЛИСТИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ**

***Сидоров Алексей Дмитриевич***

*магистрант Национального исследовательского  
Томского государственного университета,  
РФ, г. Томск*

*E-mail: [alex\\_sid92@mail.ru](mailto:alex_sid92@mail.ru)*

***Корольков Леонид Валерьевич***

*заведующий сектором НИИ прикладной математики и механики,  
РФ, г. Томск*

*E-mail: [korolkov.leo@rambler.ru](mailto:korolkov.leo@rambler.ru)*

***Моисеев Дмитрий Михайлович***

*студент Национального исследовательского Томского  
государственного университета,  
РФ, г. Томск*

*E-mail: [dmm1@sibmail.com](mailto:dmm1@sibmail.com)*

***Егоров Александр Леонидович***

*инженер-исследователь НИИ прикладной математики и механики,  
РФ, г. Томск*

*E-mail: [ealexleon44@mail.ru](mailto:ealexleon44@mail.ru)*

***Дьячковский Алексей Сергеевич***

*инженер-исследователь НИИ прикладной математики и механики,  
РФ, г. Томск*

*E-mail: [Lex\\_okha@mail.ru](mailto:Lex_okha@mail.ru)*

# MEASUREMENT OF THE VELOCITY OF A BALLISTIC EXPERIMENT

*Sidorov Aleksei*

*master of national research Tomsk state university,  
Russia, Tomsk*

*Korolkov Leonid*

*head of sector of Research institute of applied mathematics and mechanics,  
Russia, Tomsk*

*Moiseev Dmitry*

*student of national research Tomsk state university,  
Russia, Tomsk*

*Egorov Alexandr*

*engineer researcher of Research institute of applied mathematics and  
mechanics,  
Russia, Tomsk*

*Diachkovsky Alexey*

*engineer researcher of Research institute of applied mathematics  
and mechanics,  
Russia, Tomsk*

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ  
в рамках государственного задания № 2014/223 (код проекта 1362).*

## АННОТАЦИЯ

Универсальный способ определения скорости метаемых сборок — использование электромагнитного датчика. Теория. Реализация электромагнитного датчика. Проблемы и пути решения. Выводы.

## ABSTRACT

Universal method for determining the velocity of methane assemblies — using an electromagnetic sensor. Theory. Implementation of the electromagnetic sensor. Problems and solutions. Conclusions.

**Ключевые слова:** скорость; датчик.

**Keywords:** velocity; sensor.

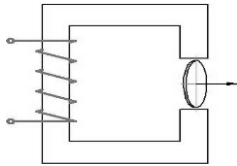


## Введение

Ключевой характеристикой баллистической установки является скорость метания из них сборок. Разработан ряд способов определения скорости метаемых сборок: метод баллистического маятника [1], механический хронограф [2]. Наиболее универсальным является использование электромагнитных датчиков [3; 4]. Они позволяют измерять скорость метаемых элементов в широком диапазоне скоростей: от сотен м/с, до нескольких км/с. Положительным отличием этого способа измерения является возможность определения материала метаемой сборки в зависимости от вида сигнала.

## Теория

Датчик (рис. 1) представляет собой дроссель с изменяющимся воздушным зазором  $\delta$ .



*Рисунок 1. Принципиальная конструкция магнитного датчика*

В случае небольшого зазора индуктивность  $L$  датчика можно оценить по формуле 1:

$$L = \frac{\omega^2}{Z_{mM} + Z_{mO}} = \frac{\omega^2}{\frac{l_M}{\mu\mu_0 S_M} + \frac{2\sigma}{\mu_0 S_0}} \quad (1)$$

где:  $Z_{mM}$  и  $Z_{mO}$  магнитное сопротивление сердечника и воздушного зазора соответственно;

$\omega$  — число витков обмотки;

$l_M$  — средняя длина магнитной силовой линии в ярме и якоре;

$S_M$  и  $S_0$  средние площади сечения сердечника и воздушного зазора;

$\mu$  — относительная магнитная проницаемость материала сердечника. В случае  $Z_{mM} \ll Z_{mO}$  формула 1 примет вид:

$$L = \frac{\omega^2 S_0 \mu_0}{2\sigma} \quad (2)$$

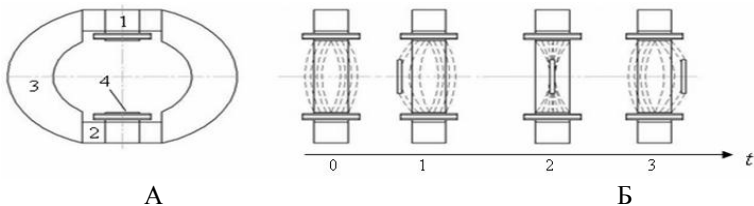
Тогда чувствительность датчика к перемещению  $\gamma$ , определяемую отношением изменения  $\Delta L$  к вызвавшему это изменение  $\Delta\delta$ , равна:

$$\gamma = \frac{\omega^2 \mu_0 S_0}{2\delta^2} \quad (3)$$

Таким образом, чувствительность обратно пропорциональна квадрату величины воздушного зазора. Поэтому индуктивные датчики особенно чувствительны при малых зазорах. При увеличении зазора зависимость  $L=f(\delta)$  становится нелинейной и как следствие амплитуда выходного сигнала значительно снижается. Тем не менее, к достоинствам индуктивных датчиков следует отнести значительную выходную мощность сигнала, достаточную во многих случаях для измерения без усилительных устройств, высокую чувствительность, сравнительную простоту конструкций. К недостаткам можно отнести высокую чувствительность к помехам. Индукционные датчики, используемые нами в баллистических экспериментах, относятся к генераторному типу датчиков, так как под воздействием входной величины они способны генерировать электрическую энергию. В датчиках постоянный магнит и катушка неподвижны, а ЭДС индуцируется посредством изменения магнитного потока из-за изменения магнитного сопротивления цепи, обусловленного изменением воздушного зазора при проходе метаемого элемента по блокирующему сечению.

### Реализация электромагнитного датчика скорости

Принцип работы блокирующего сечения показан на рис. 2.



**Рисунок 2. Принцип работы блокирующего сечения датчика дульной скорости. Примечание: А — сечение датчика в фас: 1 — феррит (рецептор), 2 — магнит, 3 — магнитопровод, 4 — измерительная катушка; Б — сечение датчика в профиль на различных этапах пролета метаемого элемента**

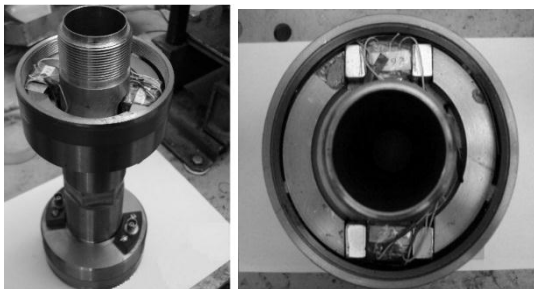
Начальный момент времени ( $t_0$ ): магнитное сопротивление воздушного промежутка стабильно, сигнал отсутствует. Момент времени ( $t_1$ ): метаемый элемент входит в зону чувствительности рецепторов, замыкая на себя силовые линии магнитного поля, изменяет магнитное сопротивление воздушного промежутка, генерируя электрический сигнал. Момент времени ( $t_2$ ) метаемый элемент в геометрическом центре магнитной системы амплитуда электрического сигнала максимальна. Момент времени ( $t_3$ ) — метаемый элемент покидает зону чувствительности рецепторов, генерируя сигнал обратной полярности.

Ранее (Кульпин В.И., Барышев М.С.) была проведена большая работа по конструированию, тестированию и эксплуатации датчика дульной скорости (ДДС, рис. 3) в НИИ ПММ ТГУ [5; 6]. В настоящее время в экспериментальных работах, проводимых на баллистических стендах НИИ ПММ ТГУ, для определения скорости метаемого тела на срезе ствола используются ДДС различных калибров.

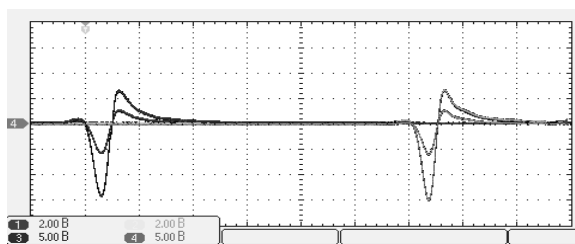


***Рисунок 3. Датчик дульной скорости, калибр 8 мм***

Датчик имеет два сечения, каждое сечение содержит магниты и магнитопровод, два рецептора, на которых установлены измерительные катушки, следящие за изменением магнитного потока (рис. 4). При прохождении через датчик, металлические элементы метаемого тела взаимодействуют с магнитным полем блокирующих сечений, в результате чего в катушках возникает ЭДС индукции. Электрические сигналы фиксируются осциллографом (рис. 5).



*Рисунок 4. Сечение датчика дульной скорости*

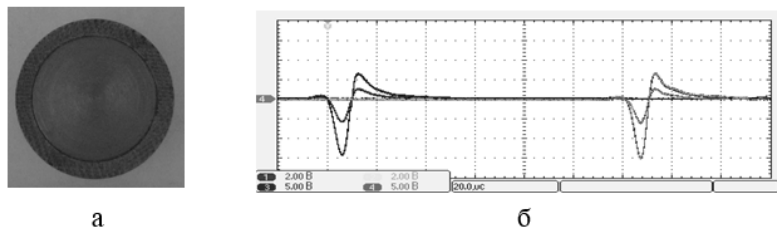


*Рисунок 5. Типичная осциллограмма при прохождении метаемого элемента по измерительному каналу ДДС*

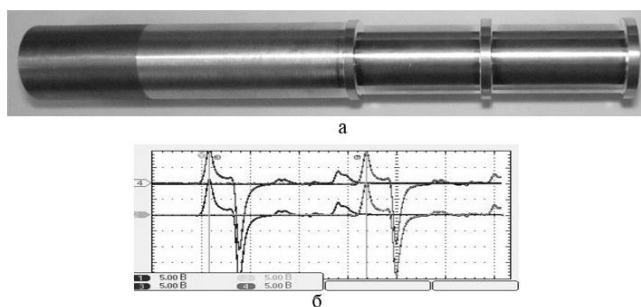
Анализ полученных сигналов позволяет вычислить скорость метаемого тела на срезе ствола, если принять что, база между блокирующими сечениями известна и время между импульсами измеряется с достаточной точностью.

#### **Проблемы и пути решения**

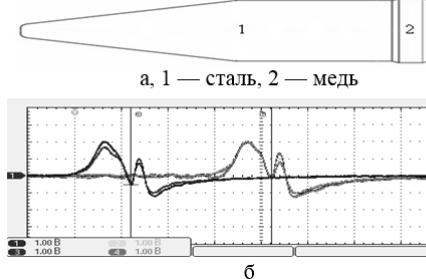
Одна из проблем регистрации скорости на срезе ствола заключается в значительном разнообразии материалов используемых в конструкциях метаемых элементов. В качестве материалов используются: парамагнетики (вольфрам, алюминий), диамагнетики (медь), ферромагнетики (сталь и пр). Метаемые элементы могут иметь сложную конструкцию, содержать медные ведущие пояски, быть подкалиберными, составными и пр. Для примера можно рассмотреть несколько вариантов: типичный метаемый элемент (сталь в текстолитовой рубашке) для отработки условий заряжания (рис. 6), метаемая сборка 1 из стали (слева) и дюрали (справа) (рис. 7), метаемая сборка 2 с медными поясками (рис. 8). Разные метаемые элементы дают различные сигналы на осциллографе.



**Рисунок 6. Типичный метаемый элемент (а) и его осциллограмма (б)**



**Рисунок 7. Метаемая сборка 1 (а) и ее осциллограмма (б)**

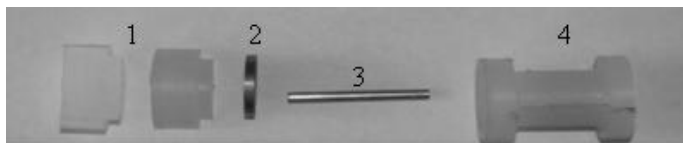


**Рисунок 8. Метаемая сборка 2 (а) и ее осциллограмма (б)**

Анализ осциллограмм может дать информацию о форме метаемого элемента. По рис. 7—8 можно заметить, что форма осциллограммы соответствует определенному сечению метаемого элемента, что объясняется чувствительностью элементов датчика к различным материалам. На рис. 7 б максимум по амплитуде описывает стальную составляющую сборки, а минимум — дюраль.

На рис. 8 б максимум по амплитуде указывает на прохождение стальной части через сечение, а минимум — медного пояска метаемого элемента.

Таким образом, возникает задача обеспечения универсальности и повышения чувствительности ДДС. В ряде случаев проблема решается включением в конструкцию метаемой сборки металлической метки (рис. 9).



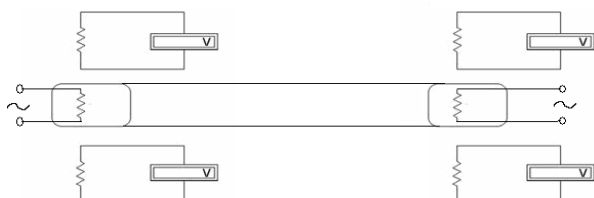
**Рисунок 9. Метаемый элемент медь.**

*Примечание: 1 — полиэтиленовый толкающий поддон, 2 — метка, 3 — метаемый элемент, 4 — центрирующее устройство*

Использование метки, в общем случае, отрицательно сказывается на массогабаритных характеристиках метаемой сборки. В настоящее время при конструировании ДДС используются неодимовые магниты, это позволяет увеличить напряженность магнитного поля в зазоре магнитопровода и как следствие увеличить чувствительность датчиков. В процессе выстрела датчик дульной скорости испытывает значительные перегрузки. Ранее в качестве магнитопровода использовался феррит, достаточно хрупкий материал. Разрушение ферритового магнитопровода значительно снижало характеристики ДДС, ставя под угрозу завершение серии экспериментов. Использование неодимовых магнитов позволило применить стальные магнитопроводы без потери качества сигнала.

Еще одной проблемой регистрации скорости метаемого тела на срезе ствола является широкий диапазон скоростей. Требуется тщательно подобрать сечение рецептора и число витков измерительной катушки с тем, чтобы заведомо перекрывать требуемые диапазоны скоростей. Точность полученной информации напрямую зависит от точности измерения базы датчика (расстояние между сечениями, в нашем случае, как правило, 200 мм) правильности установки рецепторов с измерительными катушками. База датчика ранее определялась геометрически. Предложено в процессе сборки и настройки датчиков скорости контролировать расстояние между сечениями магнитоэлектрическим способом. Для этого изготовлено

приспособление, состоящее из цилиндра, выполненного из диэлектрического материала (рис. 10).



*Рисунок 10. Схема изготовленного приспособления*

В проточки цилиндра укладываются катушки, подключенные к генератору синусоидальных импульсов. Электромагнитное поле, генерируемое катушками приспособления, взаимодействует с магнитным потоком сечений датчика и, в случае не совпадения базы приспособления с базой датчика, мы наблюдаем два разных по амплитуде синусоидальных сигнала с измерительных катушек датчика. В противоположном случае мы получаем совпадение сигналов. Таким образом, можно контролировать расстояние между сечениями датчика дульной скорости в процессе сборки и настройки. Приспособление позволяет контролировать точность установки рецепторов в блокирующем сечении. В случае нарушения угла установки рецептора сигналы с измерительных катушек имеют сдвиг по фазе. Кроме того, приспособление позволяет оценить чувствительность ДДС в заданном частотном диапазоне.

### **Выводы**

Проведенные испытания показали, что разработанная конструкция и технология изготовления ДДС, из титановых сплавов значительно повышают их характеристики и эксплуатационные качества по сравнению с ранее изготовленными датчиками. При этом амплитуда эффективного сигнала увеличена, период эффективного сигнала снижен, масса уменьшилась почти в два раза.

Таким образом, модернизирована конструкция и отработана технология изготовления ДДС из титановых сплавов для экспериментальных и тестирующих баллистических установок различного назначения и разных калибров, не уступающих по эффективности и габаритно-массовым характеристикам лучшим зарубежным образцам [4; 7].

## Список литературы:

1. Авксентьев Ю.И. Крутильный баллистический маятник / Ю.И. Авксентьев, Л.А. Скипетрова. М.: Отдел оперативной печати физического факультета МГУ, 2009. — 29 с.
2. Гарольд Р.В. Факторы точности винтовки / Р.В. Гарольд. Коннектикут, США.: Precision shooting, 2002. — 215 с.
3. Датчик начальной скорости EMG-1 // Компания prototypa.cz. — Электрон. дан. 2015. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.prototypa.cz/content/emg-1-muzzle-velocity-head> (дата обращения: 21.01.2015).
4. Зеленцов В.В. Многоцелевая баллистическая лаборатория: результаты и перспективы развития / В.В. Зеленцов, А.С. Карнейчик, В.С. Владимиров // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2013. — № 3. — С. 21—32.
5. Пат. 2193207 Российская Федерация, 7 G 01 P 3/42. Датчик положения и скорости перемещения быстродвижущихся тел / В.И. Кульпин, С.В. Синяев, Ю.Ф. Христенко; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики. опубл. 20.11.2002, Бюл. № 32.
6. Пат. 2331891 Российская Федерация, МПК G01P 3/42. Датчик положения и скорости перемещения быстродвижущихся тел / М.С. Барышев, А.Н. Ищенко, О.Ю. Федосов, Ю.П. Хоменко; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Томский государственный университет. опубл. 20.08.2008, Бюл. № 23.
7. Пат. США № 3824463, МКИ G01P 3/66, Inductive type velocity measuring apparatus / Smith A. 16.07.1974.



## СЕКЦИЯ 9.

### МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

#### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОКУПАТЕЛЕЙ КРОССОВЕРОВ

***Шилин Владимир Владимирович***

*канд. техн. наук, доцент кафедры Эксплуатации  
и ремонта машинно-тракторного парка, ФГБОУ  
«Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
РФ, г. Киров*

***Суслопарова Елена Николаевна***

*старший преподаватель кафедры  
Информационных технологий и статистики, ФГБОУ  
«Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,  
РФ, г. Киров  
E-mail: [Susloparova.elen@mail.ru](mailto:Susloparova.elen@mail.ru)*

#### MATHEMATICAL MODEL OF DECISION MAKING IN THE STUDY PREFERENCES OF BUYERS CROSSOVER

***Shilin Vladimir***

*candidate of Technical Science, Associate Professor of Maintenance  
and repair of machines and tractors, Federal State Educational Institution  
of Higher Professional Education "Vyatka State Agricultural Academy",  
Russia, Kirov*

***Susloparova Elena***

*senior Lecturer, Department of Information Technology and Statistics,  
Federal State Educational Institution of Higher Professional Education  
"Vyatka State Agricultural Academy",  
Russia, Kirov*

## АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты анализа потребительских предпочтений кроссовера с использованием системы поддержки принятия решений на основе анализа иерархий процессами средствами MS Excel.

## ABSTRACT

The article presents the results of the analysis of consumer preferences crossover using a decision support system based on the analytic hierarchy process means the application MS Excel.

**Ключевые слова:** анализ потребительских предпочтений; кроссоверы; метод анализа иерархий.

**Keywords:** Analysis of consumer preferences; crossovers; analytic hierarchy process.

Реалии наших дней вынуждают автомобилистов в России учитывать особенности эксплуатации собственных транспортных средств: не высокое качество большинства из даже асфальтированных трасс, порой посредственная уборка улиц городов после обильных снегопадов, сохранение устойчивой колеи на грунтовых и зимних дорогах. Поэтому, помимо совершенствования собственных навыков фигурного вождения, автолюбители в последние годы предпочитают иметь определенный запас по проходимости, приобретая кроссоверы. Такое решение позволяет использовать автомобиль с увеличенным дорожным просветом (клиренсом) и полным приводом (в большинстве предоставляемых комплектаций) как на городских улицах, так и в условиях грунтовых дорог.

Для того, чтобы процесс этого выбора был эффективным, обоснованным и научным, нами была реализована и применена на практике модель принятия решений в условиях определенности, а также построена ее информационная модель с использованием технологии электронных таблиц.

Для проведения исследований были взяты 5 кроссоверов со схожими эксплуатационными характеристиками в близкой ценовой категории (таблица 1). Автомобиль Volkswagen Tiguan, в отличие от остальных, укомплектован двигателем внутреннего сгорания (далее ДВС) с турбонаддувом (с меньшим объемом в 1390 см<sup>3</sup>).

*Таблица 1.*

**Характеристики кроссоверов**

<b>Характеристики автомобиля</b>	<b>Skoda Yeti</b>	<b>Kia Sportage</b>	<b>Ssang Yong Actyon</b>	<b>Nissan Qashqai</b>	<b>Volkswagen Tiguan</b>
Объем ДВС, см <sup>3</sup>	1798	1998	1998	1997	1390
Тип ДВС	бензиновый	Бензиновый	бензиновый	бензиновый	бензиновый
Тип привода	полный	полный	полный	полный	полный
Мах мощность, л/с	6200	6200	6000	6000	5800
Мах скорость, км/ч	196	182	179	193	192
Разгон до 100 км/ч, с	8,7	10,7	11,0	10,6	9,6
Расход топлива (смешанный) л/100 км	8,0	7,6	8,2	8,2	8,0
Цена, руб.	939000	1059000	979000	1035000	1014000
Снаряженная масса, кг	1505	1450	1720	1415	1621
Клиренс, мм	180	172	180	200	200

С целью выбора оптимального, научно обоснованного решения в теории и практике технических наук применяются элементы системного анализа. Системный анализ отличается всесторонним подходом к принятию решений. Как правило, проблема изучается в целом, с выделением объекта исследования, целей, подцелей и различных путей решения изучаемой проблемы в свете динамики ее возможных изменений. Особенностью системного анализа является не только сложность его реализации, но и наличие факторов неопределенности.

Для того, чтобы облегчить расчетную деятельность исследователя в настоящее время существует множество информационных технологий. В частности, в теории и практике применяются системы поддержки принятия решений на основе метода анализа иерархий (Т. Саати).

Одно из ведущих положений на рынке программных продуктов, позволяющих реализовать эту методику, в Российской Федерации занимает электронная таблица Excel корпорации Microsoft, входящая в состав пакета MS Office. Популярность MS Excel можно объяснить тем, что помимо достаточно простых инструментов это приложение предоставляет исследователю достаточно мощный аналитический пакет.

При проведении исследования кроссоверов нами были составлены сравнительные таблицы по критериям отбора с помощью экспертных оценок и метода анализа иерархий.

3	А критериев:		Объем ДВС, см <sup>3</sup>	мах мощность, л/с	мах скорость, км/ч	разгон до 100 км/ч, с	Расход топлива(с мешаный), л/100 км	цена, руб.	снаряженная масса, кг	клиренс, мм
4		Объем ДВС, см <sup>3</sup>	1	1/9	1/5	1/5	1/9	1/9	1	1/7
5		мах мощность, л/с	9	1	1/4	1/4	1/7	1/9	7	1/5
6		мах скорость, км/ч	5	4	1	1/3	1/5	1/6	5	1/6
7		разгон до 100 км/ч, с	5	4	3	1	1/5	1/7	3	1/7
8		Расход топлива(смешаный), л/100 км	9	7	5	5	1	1/4	6	1/3
9		цена, руб.	9	9	6	7	4	1	7	5
10		снаряженная масса, кг	1	1/7	1/5	1/3	6	1/7	1	1/4
11		клиренс, мм	7	5	6	7	3	1/5	4	1

**Рисунок 1. Сравнительная таблица критериев отбора**

	Объем ДВС, см <sup>3</sup>	мах мощность, л/с	мах скорость, км/ч	разгон до 100 км/ч, с	Расход топлива(смешаный), л/100 км	цена, руб.	снаряженная масса, кг	клиренс, мм	ω
Объем ДВС, см <sup>3</sup>	0,021739	0,003673	0,009238	0,009471	0,007582	0,052297	0,029412	0,019743	0,019
мах мощность, л/с	0,195652	0,033054	0,011547	0,011839	0,009749	0,052297	0,205882	0,027641	0,068
мах скорость, км/ч	0,108696	0,132214	0,046189	0,015785	0,013648	0,078446	0,147059	0,023034	0,071
разгон до 100 км/ч, с	0,108696	0,132214	0,138568	0,047356	0,013648	0,067239	0,088235	0,019743	0,077
Расход топлива(смешаный), л/100 км	0,195652	0,231375	0,230947	0,23678	0,068241	0,117669	0,176471	0,046068	0,163
цена, руб.	0,195652	0,297482	0,277136	0,331492	0,272964	0,470676	0,205882	0,691017	0,343
снаряженная масса, кг	0,021739	0,004722	0,009238	0,015785	0,409445	0,067239	0,029412	0,034551	0,074
клиренс, мм	0,152174	0,165268	0,277136	0,331492	0,204723	0,094135	0,117647	0,138203	0,185

**Рисунок 2. Нормализованные матрицы критериев отбора**

С использованием технологии электронных таблиц MS Excel были рассчитаны нормализованные матрицы критериев и сравнений:

А объем ДВС	Skoda Yeti	Kia Sportage	Ssang Yong Actyon	Nissan Qashqai	Volkswagen Tiguan	ω
Skoda Yeti	0,111111	0,062500	0,222222	0,086957	0,153846	0,127327
Kia Sportage	0,333333	0,187500	0,222222	0,260870	0,076923	0,216170
Ssang Yong Actyon	0,111111	0,187500	0,222222	0,260870	0,307692	0,217879
Nissan Qashqai	0,333333	0,187500	0,222222	0,260870	0,307692	0,262323
Volkswagen Tiguan	0,111111	0,375000	0,111111	0,130435	0,153846	0,176301
А макс мощность	Skoda Yeti	Kia Sportage	Ssang Yong Actyon	Nissan Qashqai	Volkswagen Tiguan	ω
Skoda Yeti	0,352941	0,363636	0,363636	0,272727	0,375	0,345588
Kia Sportage	0,176471	0,181818	0,181818	0,181818	0,1875	0,181885
Ssang Yong Actyon	0,176471	0,181818	0,181818	0,181818	0,1875	0,181885
Nissan Qashqai	0,117647	0,090909	0,090909	0,090909	0,0625	0,090575
Volkswagen Tiguan	0,176471	0,181818	0,181818	0,272727	0,1875	0,200067

**Рисунок 3. Нормализованные матрицы сравнения кроссоверов**

Проверка рассогласованности матриц, которая характеризует уровень доверия к полученным результатам, дала положительный результат ( $CR < 0,1$ )

В результате проведенного исследования на основании расчетных показателей был определен наиболее оптимальный вариант, а именно, кроссовер Skoda Yeti.

A	B	C	D	E	F
94			Комбинированный весовой коэффициент	Ранжирование	
95		Skoda Yeti	0,255976489	1	
96		Kia Sportage	0,218622574	2	
97		Ssang Yong Actyon	0,145097014	5	
98		Nissan Qashqai	0,173302536	4	
99		Volkswagen Tiguan	0,207001388	3	
100					
101			0,255976489		

**Рисунок 4. Определение оптимального решения выбора кроссоверов**

Реализованная модификация метода парных сравнений содержит в себе внутренние инструменты, которые позволяют качественно охарактеризовать обрабатываемые данные, а также степень доверия к ним. Что выгодно отличает ее от большинства обычно применяемых методов.

Принятие обоснованных и корректных решений в современных реалиях предполагает наличие и использование научно обоснованных математических методов и современных информационных технологий. Без владения этим аппаратом невозможно эффективно провести любое научно-практическое исследование.

### **Список литературы:**

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий// Пер. Р.Г. Вачнадзе, М.: «Радио и связь», 1993 [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.sciyouth.ru/EIbibl/2011\\_12\\_uch\\_year/1\\_kurs\\_magistratura/Teoriya\\_optimalnogo\\_upravleniya/T.%20Саати.%20Принятие%20решений.%20Метод%20анализа%20иерархий.pdf](http://www.sciyouth.ru/EIbibl/2011_12_uch_year/1_kurs_magistratura/Teoriya_optimalnogo_upravleniya/T.%20Саати.%20Принятие%20решений.%20Метод%20анализа%20иерархий.pdf) (дата обращения 9/09/2014).

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**Научное издание**

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам  
XLII международной научно-практической конференции

№ 1 (38)

Январь 2015 г.

Подписано в печать 03.02.15. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 8. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630099, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 16, офис 807  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3