



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

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

№ 12 (48)  
Декабрь 2015 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2015

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Васинович М.А.

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;

**Максимов Сергей Павлович** – канд. техн. наук, доцент, декан факультета техники и технологии филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте.

**Т 38 Технические науки – от теории к практике / Сб. ст. по материалам ЛПШ междунар. науч.-практ. конф. № 12 (48). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2015. 212 с.**

Учредитель: АНС «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**

<b>Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ</b>	<b>8</b>
АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ Дрянных Наталия Викторовна Лукиянова Александра Андреевна	8
<b>Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>14</b>
РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОТОБРАЖЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЦЕССОВ В КОНСОЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ Барило Илья Иванович	14
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫБОРА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Гладышева Мария Михайловна Сухачева Евгения Константиновна Хатюшина Татьяна Владимировна	19
АЛГОРИТМЫ И МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ В СЕТЯХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ Костюков Антон Александрович	24
АЛГОРИТМ ДВУМЕРНОЙ УПАКОВКИ В КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ Кухарчук Игорь Витальевич	30
РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО АЛГОРИТМА ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ С БИНОМИНАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ Магомедова Мадина Нурмагомедовна	38
ПОНЯТИЕ АГЕНТА В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Мелихова Оксана Аскольдовна Веprinцева Ольга Витальевна Чумичев Владимир Сергеевич Джамбинов Сергей Владимирович Гайдуков Анатолий Борисович	44

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	52
Новоселова Ольга Вячеславовна Волкова Галина Дмитриевна Григорьев Олег Георгиевич	
ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ	63
Соколова Елена Владимировна Клюк Мария Сергеевна	
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ	70
Закиева Гульназ Насибулловна Исмагилова Айгуль Риваловна Тимиршина Виктория Григорьевна	
<b>Секция 3. Электроника</b>	<b>75</b>
РАСЧЕТ НАГРЕВА МОЩНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ВОЗДУШНОМ ОХЛАЖДЕНИИ	75
Медведев Валерий Александрович Чапурина Ангелина Сергеевна	
О РЕЗУЛЬТАТАХ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ В АСУТП	80
Соловьев Александр Михайлович Головин Артем Александрович Кинденев Роман Константинович	
<b>Секция 4. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>89</b>
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СВАРОЧНОГО КОМПЛЕКСА	89
Левчук Алексей Юрьевич Скиба Вадим Юрьевич Глейм Виктор Робертович Плотников Кирилл Павлович Ча Григорий Олегович	

**Секция 5. Энергетика и энергетические техника и технологии** **97**

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА  
ПРОЦЕССА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ  
ВОЗДУХА **97**

Зароченцев Владимир Михайлович  
Болотаева Индира Ислановна  
Ковалева Мария Александровна

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕХОВЫХ  
СЕТЕЙ **105**

Грачева Елена Ивановна  
Наумов Олег Витальевич  
Садыков Руслан Рустемович  
Серпионова Татьяна Александровна

**Секция 6. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии** **115**

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ  
НЕОДНОРОДНОСТИ МЕТАЛЛА УДЛИНЕННЫХ  
СДВОЕННЫХ СЛИТКОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЫХ ПОКОВОК **115**

Гаманюк Сергей Борисович  
Руцкий Дмитрий Владимирович,  
Зюбан Николай Александрович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ НАСТРОЙКИ  
ИЗГИБНО-РАСТЯЖНОГО ОКАЛИНОЛОМАТЕЛЯ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СКОРОСТНОГО РЕЖИМА НЕПРЕРЫВНО-  
ТРАВильНОГО АГРЕГАТА, СОВМЕЩЕННОГО  
С ПРОКАТНЫМ СТАНОМ **122**

Румянцев Михаил Игоревич  
Зелинов Иван Дмитриевич  
Новицкий Игорь Олегович  
Зелинова Юлия Александровна

<b>Секция 7. Аэрокосмическая техника и технологии</b>	<b>131</b>
АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО СТАРТА КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	131
Корнеев Владимир Митрофанович	
Деев Василий Алексеевич	
Федоренко Роман Владимирович	
<b>Секция 8. Строительство и архитектура</b>	<b>140</b>
СИМВОЛИКА АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ САКРАЛЬНОГО ЯДРА ДУХОВНЫХ УЧЕБНЫХ КОМПЛЕКСОВ	140
Жовква Ольга Ивановна	
ВЗАИМОСВЯЗЬ ДЕФОРМАЦИЙ В БЕТОНЕ И АРМАТУРЕ И УСЛОВИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НАКЛОННОГО СЕЧЕНИЯ	153
Мухамедшакирова Шара Абзаловна	
Кызылбаев Нурлан Куттыбаевич	
<b>Секция 9. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы</b>	<b>158</b>
ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕМЯН РАПСА И ЛЬНА ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ	158
Шаймерденова Перизат Рашитовна	
Чаканова Жанар Мейрхановна	
Абдрахманов Хамза Абдуллоевич	
Султанова Мадина Жумахановна	
Боровский Александр Юрьевич	
Семибаламут Александр Викторович	
<b>Секция 10. Химическая техника и технология</b>	<b>166</b>
СИНТЕЗ 3-ГИДРОКСИ-2-ОКСОИЛИДЕН-1,5-ДИГИДРО-2Н-ПИРРОЛОВ ИЗ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АЗОМЕТИНОВ	166
Козьминых Владислав Олегович	
Муковоз Пётр Петрович	

**Секция 11. Технология продовольственных продуктов** **175**

- ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОВОЩНЫХ ЦУКАТОВ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ В МОЛОЧНЫЕ ЙОГУРТЫ 175  
Гуз Елена Александровна  
Левочкина Людмила Владимировна

**Секция 12. Приборостроение, метрология, радиотехника** **183**

- ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОСТАТОЧНОСТИ ЛАБОРАТОРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ 183  
Статин Сергей Сергеевич  
Гетманцев Алексей Юрьевич

- ПРИВОД ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ВЫВЕСКИ СИСТЕМЫ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ 188  
Ча Григорий Олегович  
Скоков Дмитрий Владимирович  
Скиба Вадим Юрьевич  
Глейм Виктор Робертович  
Левчук Алексей Юрьевич  
Плотников Кирилл Павлович

- МЕТОДИКА РАСЧЁТА КООРДИНАТ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЗИЦИЙ СТРЕЛКОВ 195  
Статин Сергей Сергеевич

**Секция 13. Электротехника** **203**

- ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКОГО ТИРИСТОРНОГО КОМПЕНСАТОРА В РЕЖИМЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ 203  
Николаев Александр Аркадьевич  
Анохин Василий Васильевич  
Котышев Владислав Евгеньевич

## СЕКЦИЯ 1.

### ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

### АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ И ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЛОСОФИИ ТЕХНИКИ

*Дрянных Наталия Викторовна*

*канд. филос. наук, доцент кафедры философии ВоГУ  
РФ, г. Вологда*

*Лукьянова Александра Андреевна*

*студент первого курса  
Вологодского государственного университета  
РФ, г. Вологда*

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

### ANTHROPOLOGICAL AND ONTOLOGICAL PROBLEMS OF PHILOSOPHY OF TECHNOLOGY

*Natalia Dryannih*

*associate Professor, candidate of philosophical Sciences  
the Department of philosophy at the Vologda State University,  
Russia, Vologda*

*Alexandra Lukyanova*

*first-year student of Vologda State University,  
Russia, Vologda*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы философии техники, этапы ее становления, взаимодействие с человеком, природой и обществом в целом. Поднимаются онтологические и антропологические проблемы в контексте изучения идей Х. Ортега-и-Гассетта и М. Хадегера.

## ABSTRACT

This article discusses the questions of the philosophy of technology, stages of its formation, interaction with people, nature and society in general. There are ontological and anthropological problems in the context of studying the ideas of Jose Ortega y Gasset and Martin Heidegger.

**Ключевые слова:** философия техники; техника; инженерная деятельность; антропологические проблемы; онтологические проблемы.

**Keywords:** philosophy of technology; technique; engineering activities; anthropological problems; ontological problems.

Философия техники как область человеческой деятельности изучает закономерности развития техники и технологий, инженерной деятельности человека, а также роль и влияние техники как одного из важнейших факторов развития на человеческое общество. Соответственно, в основе философии техники лежит отношение между человеком и техникой, техникой и природой, техникой и обществом. Поэтому основной ее задачей является исследование технического отношения человека к миру, то есть формирование технического миропонимания и технического мировоззрения.

Сам термин «философия техники» был введен Эрнстом Каппа, немецким философом в книге «Основные направления философии техники», вышедшей в 1877 году, которому он дал систематическую и детальную разработку. Так, В.Г. Горохов отмечает, что в центре внимания философии Эрнста Каппа лежит принцип «органопроекции», согласно которому «человек во всех своих созданиях бессознательно воспроизводит свои органы и сам познает себя, исходя из этих искусственных созданий» [1, с. 11].

Соответственно, основной идеей Э. Каппа является то, что технические изобретения, проявляющиеся в инженерной деятельности, выступают как бы продолжением человеческих органов. Например, топор как непосредственно проекция наших конечностей. Хотя саму эту идею нельзя считать принадлежащей лишь Э. Каппу, но именно он ее подробно исследовал в своей работе “Grundlinien einer Philosophie der Technik” (Основы философии техники, 1877). Он утверждает, что «возникающее между орудиями и органами человека внутреннее отношение заключается в том, что в орудии человек систематически воспроизводит себя самого. И раз контролирующим фактором является человеческий орган, полезность и силу которого необходимо увеличить, то собственная форма орудия должна исходить из формы этого органа» [4, с. 3]. В таком случае Э. Капп рассматривает железные

дороги как подобие кровообращения, его наглядной формой, телеграф – как внешнюю форму и продолжение нервной системы, даже государство он рассматривает как внешнее расширение духовной жизни, как нечто ставшее очевидным для человеческой природы. Следовательно, Э. Капп как бы проецирует технический взгляд на рассмотрение мира и множество других областей знания, традиционно считавшихся не связанными с техникой.

Предметом философии техники, с одной стороны является сама техника (от греч. *techné* – искусство, мастерство, умение), то есть технические средства – артефакты, не существующие в природе, целью создания которых является удовлетворение потребностей общества – с другой стороны, это технические знания, и прежде всего, профессиональные, необходимые для создания артефактов.

Развитие техники проходит достаточно противоречивый путь, начиная с раннего этапа, то есть нулевого цикла и заканчивая современным этапом, связанным с технологической революцией XX века. Так, для эпохи раннего периода характерны изготовления простейших орудий труда, использование домашних животных в качестве технической силы, изучение различных способов добычи огня. Сущность техники на данном этапе заключалась в анимистическом мышлении, то есть магия была одной из составляющих техники. Вторым этапом является становление доклассических идей, предшествующих развитию техники. Этот процесс проявился уже в античной культуре и средневековье. Основными видами деятельности на этом этапе становится развитие военной промышленности, а также строительство.

На третьем этапе развития техники происходит становление инженерной деятельности, основным результатом которой является изобретение, как техническое решение, «относящееся к продукту (в частности, устройству, веществу, штамму микроорганизма, культуре клеток растений или животных) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств)» [6, с. 11]. В основе изобретения лежит техническая рациональность, то есть не только знание законов природы, но и использование самих правил, на основе которых и осуществляется конструирование, «формирование навыков, умений, а так же использование знаний» [3, с. 50]. Более того, инженерная деятельность становится невозможной без применения научного знания, вследствие чего появляются машины, механизмы, устройства, то есть технические объекты, что является предпосылкой для появления нового промышленного этапа.

Так, В.Г. Горохов обращает внимание на то, что технологическая революция, как качественное изменение в развитии техники и технологий формирует крупные технические программы, итогом которых является обнаружение связи между «технологическими процессами, операциями и принципами и тем состоянием науки, техники и инженерии, которые сложились в данной культуре страны» [2, с. 76]. Соответственно комплексное взаимодействие научного и технического знаний представляет собой особенность данного этапа. Однако, такое взаимодействие ставит новые задачи перед философией техники, формирует феномен технонауки в основе которого лежат, как утверждает Н.В. Дрянных: «переплетения исследовательской деятельности с практикой создания и использования современных инновационных технологий» [3, с. 49]. Это этические, социальные, политические, гносеологические, религиозные, онтологические и антропологические задачи.

Так, еще в 1935 году испанский философ Хосе Ортега-и-Гассет в своей работе «Рассуждения о технике» поставил проблему изучения антропологических проблем, как исследование связи между человеком и техникой, осмысление экзистенциального бытия техники. Философ утверждает, что техника есть источник человеческой деятельности, которая по своей сущности не знает границ. Принцип, лежащий в основе развития техники – это зависимость между человеком и техникой не к части изобретения, а ко всей совокупности технических изобретений.

По мнению философа, техника тесно связана с человеком и его бытием, которое выходит за пределы его естественного состояния, то есть биологического существования. Философ убежден, что человек выходя за пределы природы напоминает «онтологического кентавра», у которого первая половина «вросла в природу, а другая – выходит за ее пределы, то есть трансцендентна» [5, с. 186]. Поэтому человек в большей степени стремится свести свое биологическое существование к минимуму для того, чтобы реализовать потребности путем создания нужных ему предметов. Следовательно, в человеке изначально заложено стремление к созданию естественного, ибо техника ему внутренне присуща, она есть «реакция человека на природу или обстоятельства, в результате которой между природой с одной стороны, и человеком с другой, возникает некий посредник – сверхприрода, или новая природа, надстроенная над первичной» [5, с. 170–171]. Автор обращает внимание на активную творческую потребность человека в конструировании, которое является первичной, исходной потребностью. Следовательно, человек

изначально «погружен» в технику и не может без нее обойтись. Она помогает ему формировать благополучную, комфортную среду. Поэтому по Х. Ортеге «техника и благополучие – синонимы» [5, с. 176].

В то же время немецкий философ Мартин Хайдеггер обращается к онтологической проблеме. Он рассматривает технику в двух направлениях, как средство достижения цели и как человеческая деятельность, направленная на создание новых технических средств. Основной идеей концепции М. Хайдеггера является то, что в технике заключена суть бытия человека. Философ отвергает традиционные идеи, которые сводятся к тому, что техника является нейтральным средством в руках человека или человеческой активности. В противоположность инструментальному воззрению на технику как на нейтральное средство, М. Хайдеггер доказывает, что техника лишь часть истины или откровения. С одной стороны, современная техника является откровением, при котором человек использует природу, не нарушая ее естественного состояния, с другой – бросает ей вызов тем, что из природного материала производит тот или иной вид энергии и, не будучи зависимым от природы, накапливает и передает их.

Для того чтобы охарактеризовать современную технику как «откровенную» обладающую особым характером «полагания» и «вызова», М. Хайдеггер сопоставляет традиционную ветряную мельницу и электростанцию. Каждое из технических сооружений как бы обузывает природную энергию и используется человеком для осуществления тех или иных своих целей. Так, М. Хайдеггер утверждает, что «высвобождение, преобразование, накопление, распределение и переключение – таковы пути технических открытий», характерные для современного развития техники [7, с. 16].

Таким образом, философия техники – это сложный, противоречивый технический феномен современного общества, который в своем развитии проходит длительный путь от античности до современности. Длительность существования сводится к тому, что техника является показателем тех общественных отношений, при которых функционирует общество. Вопросы, которые рассматривает философия техники многообразны. Это этические, социальные, политические, гносеологические, религиозные, онтологические и антропологические.

### Список литературы:

1. Горохов В.Г. Техника и культура: возникновение философии техники и теории технического творчества России и Германии конца XIX – начале XX столетия – М.: Логос, 2010. – 376 с.
2. Горохов В.Г., Розин В.М. Введение в философию техники: учеб. пособие – М.: ИНФРА-М, 1998. – 224 с.
3. Дрянных Н.В. Соотношение научного и технического типов рациональности / Н.В. Дрянных // Человек в техносреде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей. Сборник научных статей. Выпуск 1. Под ред. доц. Н.А. Ястреб. – Выпуск 1. – Вологда.: ВоГУ, 2014. – 47–52 с.
4. Kapp E. Grundlinien einer Philosophie der Technik . 1877. Vol. 3. P. 44–45.
5. Ортега-и-Гассет Х. Размышления о технике // Избранные труды пер. с исп.; сост., предисл. и общ. ред. А.М. Руткевич. – М.: Весь Мир, 1997. – 164–232 с.
6. Федеральный закон № 35-ФЗ «Об условиях патентоспособности изобретения» от 12.03.2014 // СПС КонсультантПлюс.
7. Хайдеггер М. Семинар в Ле Торе, 1969 // Вопросы философии. – 1993. – № 10. – 123–151 с.

## СЕКЦИЯ 2.

### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОТОБРАЖЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЦЕССОВ В КОНСОЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ

*Барило Илья Иванович*

*канд. техн. наук, доцент*

*Костромского государственного технологического университета,  
РФ, г. Кострома*

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

#### INCREASING ABILITIES TO VIEW OPERATIONAL INFORMATION ABOUT EXECUTION OF THE PROCESS IN THE CONSOLE APPLICATION

*Ilya Barilo*

*Ph.D, assistant professor of Kostroma State Technological University,  
Russia, Kostroma*

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены проблемы вывода в лог оперативной информации, состоящей из изменяемых на экране консольного приложения значений; выделены отличия вывода информации при работе консольного приложения в составе пакетного файла и в качестве отдельного приложения, которые позволили предложить вывод промежуточных изменяемых значений в заголовок окна консольного приложения; предложена реализация вывода общего прогресса выполнения приложения; проведено тестирование предложенного решения вывода оперативной информации.

## ABSTRACT

The article discusses the problem outputting in a log information consisting of a values variables using for outputting on the screen console application; marked differences output information when working in a console application as part of a batch file, and as a separate application that allows to offer the output of intermediate variable values to window caption of the console application; proposed implementation of the output overall progress runtime; was tested the proposed solutions of output operational information.

**Ключевые слова:** консоль; консольное приложение; вывод информации; прогресс; лог; файл.

**Keywords:** console; console application; output information; progress; log; file.

В процессе работы консольного приложения [1] часто требуется выводить промежуточные данные, информирующие пользователя о процессе выполнения приложения.

Вывод динамически меняющихся чисел процентов и другой информации требует стирания управляющими символами BACKSPACE [3, с. 3], ранее выведенных чисел процентов для замены их на новые.

Если производится вывод только на экран, то этот способ вполне подходит для реализации отображения меняющихся значений.

Консольные приложения выводят информацию в потоки, которые могут выводиться в консоль или в файлы.

Стандартными потоками вывода информации из консольных приложений, согласно справочной информации в MSDN [4], являются:

1. stdout – вывод;
2. stderr – вывод ошибок.

При запуске консольных приложений информацию из потоков можно направить в файлы [6].

Если вывести информацию в файл, то в него будут сохранены все выведенные на экран символы, включая управляющие символы BACKSPACE.

На рис. 1 представлены фрагменты файла, в который был выведен процесс обновления процентов и вариант обновления представления промежуточной информации этапа верификации.

**Проценты:**

```
Verifying: 0% 5% 10% 15% 20%
25% 30% 35% 40% 45% 50% 55%
60% 65% 70% 75% 80% 85% 90%
95% 100%
```

**Информация:**

```
Verifying: 1 of 10 2 of
10 3 of 10 4 of 10
5 of 10 6 of 10 7 of 10
8 of 10 9 of 10
10 of 10
```

**Рисунок 1. Фрагменты логов вывода изменяемой в окне приложения информации**

На рис. 1 видно, что сначала на экране выделяется место для вывод меняющихся данных, а затем, перед выводом очередного значения, стирается место занятое ранее выведенным значением.

В первом случае выводились проценты и символы, удаляющие их, во втором случае выводилось больше информации и символов удаления потребовалось больше.

На рисунке представлены фрагменты лога приложения, отображаемые в браузере Mozilla Firefox 42.0. Если использовать другие программы для просмотра лога, то управляющие символы могут быть обозначены иначе или даже скрыты.

Приведенный пример показывает, что использование меняющейся информации при выводе в лог значительно снижает его информативность за счет появления в нем множества лишних значений и управляющих символов.

Вывод меняющихся промежуточных данных необходим только при контроле процесса пользователем, поэтому при выводе в лог результатов приложения или работы его на сервере отображение процесса выполнения не так важно, и будет достаточно вывода промежуточных значений, указывающих на завершение этапов программы.

При работе консольного приложения в составе пакетного файла [5], и как отдельного приложения, есть отличие в возможностях вывода информации, что хорошо видно на рис. 2.



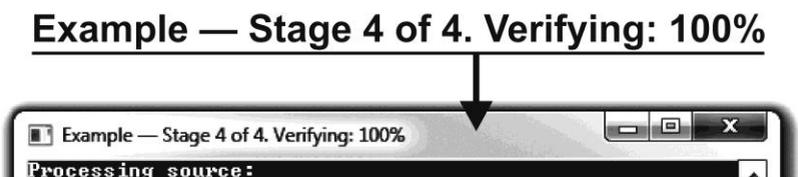
**Рисунок 2. Схема вывода информации консольного приложения в зависимости от работы ее в составе пакетного файла и работы как отдельного приложения**

В ряде консольных приложений используется реализация отдельного вывода информации на экран и в лог, за счет возможности вывода информации в несколько потоков.

Этот подход не удобен тем, что не во всех случаях возможен вывод в лог ошибок stderr, особенно когда приложение используется вместе с другими приложениями, и необходимо отслеживать общий лог их выполнения.

При запуске приложения с параметрами, как отдельного приложения, вне пакетного файла появляется возможность вывода названия приложения и другой информации в заголовок программы.

Решение использования заголовка программы для выводов промежуточной информации позволит выводить общий прогресс исполнения приложения параллельно с отображением процессов этапов в консоли. Пример такого решения представлен на рис. 3.



**Рисунок 3. Информация в заголовке программы**

Вывод информации на экран может занимать значительное время, поэтому необходимо провести тестирование предлагаемого решения.

Разработана тестовая программа, реализующая вывод промежуточных значений в заголовок программы. Фрагмент кода

тестовой программы, написанной на языке программирования Microsoft VisualBasic.NET, выводящий промежуточные значения в заголовок программы, представлен ниже:

```
For iter = 1 To 100000
  Console.Title = "Verifying: " & (iter / 1000).ToString & " of 100 %"
Next
```

Для тестирования программы использовался компьютер со следующими важными для тестирования характеристиками:

1. Процессор: Intel i7 860.
2. Видеокарта: Sapphire Radeon HD 5770.
3. Операционная система: Windows 7 Home Premium.
4. Настройки оформления рабочего стола: Aero [2].

Время работы представленного фрагмента программы, выводящего информацию в заголовок окна 100000 раз (от 0,000 % до 100,000 %), составило 2,4 с.

Как видно из времени работы фрагмента тестовой программы, вывод информации в заголовок программы при высоком качестве оформления рабочего стола производится на высокой скорости и практически не замедляет программу даже при большом количестве промежуточных значений.

Таким образом, предлагаемое решение вывода оперативной информации в заголовок программы позволяет оперативно информировать пользователя о процессе выполнения консольной программы без снижения информативности лога и об общем прогрессе выполнения программы.

### Список литературы:

1. Консольные приложения Win32 в Visual C++ // // Обучение разработкам с Microsoft Developer Network — MSDN [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/5h875011.aspx> (дата обращения: 06.12.2015).
2. Что такое оформление рабочего стола Aero? // Windows и Windows 10 — Microsoft [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows7/what-is-the-aero-desktop-experience> (дата обращения: 12.12.2015).
3. CO Controls and Basic Latin // Unicode Consortium [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://unicode.org/charts/PDF/U0000.pdf> (дата обращения: 12.12.2015).

4. stdin, stdout, stderr // Обучение разработкам с Microsoft Developer Network — MSDN [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/3x292kth.aspx> (дата обращения: 12.12.2015).
5. Using batch files // Microsoft – официальная страница [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.microsoft.com/resources/documentation/windows/xp/all/proddocs/en-us/batch.mspx?mfr=true> (дата обращения: 12.12.2015)
6. Using command redirection operators // Microsoft – официальная страница [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.microsoft.com/resources/documentation/windows/xp/all/proddocs/en-us/redirection.mspx?mfr=true> (дата обращения: 12.12.2015).

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫБОРА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

***Гладышева Мария Михайловна***

*доцент каф. вычислительной техники и программирования  
института энергетики и автоматизированных систем  
ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [mar.ser.ksuh@gmail.com](mailto:mar.ser.ksuh@gmail.com)*

***Сухачева Евгения Константиновна***

*студент 2 курса института энергетики и автоматизированных  
систем ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Хатюшина Татьяна Владимировна***

*студент 2 курса института энергетики и автоматизированных  
систем ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск*

## MATHEMATICAL MODEL OF AUTOMATED SOFTWARE SYSTEM FOR SELECTING A CABLE LINES INDUSTRIAL ENTERPRISES

*Maria Gladisheva*

*candidate of Science, assistant professor of computer science and  
programming Magnitogorsk State Technical University im. G.I. Nosov,  
Russia, Magnitogorsk*

*Evgeniya Sukhacheva*

*2th year student of the Institute of Energy and automated systems,  
Magnitogorsk State Technical University im. G.I. Nosov,  
Russia, Magnitogorsk*

*Tatyana Hatyushina*

*2th year student of the Institute of Energy and automated systems,  
Magnitogorsk State Technical University im. G.I. Nosov,  
Russia, Magnitogorsk*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются основные характеристики кабельных линий и использование математической модели для правильного выбора кабельных линий промышленных предприятий.

### ABSTRACT

The article examines the main characteristics of the cable lines and the use of mathematical models for the correct choice of cable lines of industrial enterprises.

**Ключевые слова:** кабельные линии; промышленные предприятия; программный продукт; программное обеспечение; электроснабжение; математическая модель.

**Keywords:** cable lines; industry; software; software; power supply; mathematical model.

Для повышения эффективности расчета характеристик кабельных линий и удобное хранения информации возникает вопрос о разработки программного обеспечения автоматизированной системы для выбора кабельных линий промышленных предприятий. В ходе анализа и сравнения существующего программного обеспечения для выбора кабельных линий промышленных предприятий [2] был выявлен ряд

недостатков, в связи с чем разработка программного обеспечения является актуальной.

Математическая модель является приближенным представлением реальных объектов, процессов или систем, выраженное в математических терминах и сохраняющих существенные черты оригинала. Математические модели в количественной форме, с помощью логико-математических конструкций, описывают основные свойства объекта, процесса или системы, его параметры, внутренние и внешние связи.

Математические модели для анализа режимов систем электроснабжения строятся, как правило, на основе функциональных моделей. Создание математической модели в этом случае обычно подразумевает составление схемы замещения исследуемой системы, определение ее параметров и расчет токов и напряжений известными математическими методами, используемыми в электротехнике при анализе электрических схем [1].

К основным характеристикам кабельной линии относятся: длина кабельной линии; мощность нагрузки на кабель; напряжение сети; количество фаз; коэффициент мощности; допустимые потери напряжения; температура окружающей среды; способ прокладки кабеля; материал кабеля; нагрузка на кабель; коэффициент потерь; удельное сопротивление материала кабеля; сопротивление кабельной линии; плотность тока в кабеле; реальные потери напряжения; сечение токопроводящей жилы кабеля.

Для того чтобы выбрать правильную кабельную линию нужно рассчитать сечение токопроводящей жилы кабеля, а это возможно только если будут известны другие характеристики кабельной линии. В первую очередь нужно рассчитать нагрузку на кабель. Нагрузка на кабельную линию рассчитывается в зависимости от фазности сети:

1) для однофазной сети нагрузка рассчитывается по формуле 1:

$$I = \frac{P * K_n}{U * \cos\varphi}, \quad (1)$$

где: P – мощность нагрузки на кабель;  
U – напряжение сети;  
 $K_n$  – коэффициент одновременности;  
 $\cos\varphi$  – коэффициент мощности;

2) для трехфазной сети нагрузка рассчитывается по формуле 2:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}, \quad (2)$$

где:  $P$  – мощность нагрузки на кабель;  
 $U$  – напряжение сети;  
 $\cos\varphi$  – коэффициент мощности.

На кабельной линии происходят потери напряжения и в зависимости от допустимых потерь напряжения рассчитывается коэффициент потерь по формуле 3:

$$K_{\Pi} = \frac{100 - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_{\text{н}}}, \quad (3)$$

где:  $\Pi_{\text{н}}$  – допустимая величина потерь по напряжению в линии, %.

Удельное сопротивление материала можно найти по таблице в справочниках по физике, но там значение удельного сопротивления представлены при температуре 20 °С. На самом деле удельное сопротивление материала кабеля меняется в зависимости от температуры окружающей среды, и это изменение рассчитывается по формуле 4:

$$\rho = \rho_0 * [1 + \alpha_{\rho} * (T - T_0)], \quad (4)$$

где:  $\rho_0$  – удельное сопротивление при температуре  $T_0 = 20$  °С;

$\alpha_{\rho}$  – температурный коэффициент удельного сопротивления при температуре  $T_0 = 20$  °С;

$T$  – температура окружающей среды.

Для выбора кабельной линии необходимо знать сечение токопроводящей жилы кабеля. Для расчета сечения воспользуемся формулой 5:

$$S_{\text{л}} = 2 * \rho * K_{\Pi} * L * \frac{P}{U^2}, \quad (5)$$

где:  $\rho$  – удельное сопротивление жилы кабеля;

$U$  – напряжение сети;

$K_{\Pi}$  – коэффициент потерь;

$L$  – общая протяженность кабельной линии;

$P$  – мощность нагрузки на кабель.

Для расчета сопротивления кабельной линии воспользуемся формулой 6:

$$R = \frac{\rho * L}{S_{\text{л}}}, \quad (6)$$

где:  $\rho$  – удельное сопротивление жилы кабеля;  
 $L$  – общая протяженность кабельной линии;  
 $S_{\text{л}}$  – сечение токопроводящей жилы кабеля.

Проверить выполненные расчеты можно путем определения реальных потерь напряжения в кабельной линии. Для этого воспользуемся формулой 7

$$\Delta U = 2 * I * R, \quad (7)$$

где:  $L$  – общая протяженность кабельной линии;  
 $R$  – сопротивление кабельной линии.

Переведем полученное значение в проценты относительно напряжения полученного из сети по формуле 8

$$\Delta U_{\%} = \frac{U - \Delta U}{U}, \quad (8)$$

где:  $\Delta U$  – потери напряжения, В;  
 $U$  – напряжение сети, В.

Для расчета плотности тока воспользуемся формулой 9

$$J = \frac{I}{S_{\text{л}}}, \quad (9)$$

где:  $S_{\text{л}}$  – сечение токопроводящей жилы;  
 $I$  – нагрузка на кабель.

Таким образом, использование математической модели программного обеспечения автоматизированных систем в значительной мере упрощает выбор кабельных линий для промышленных предприятий.

### Список литературы:

1. Веников В.А. Электрические системы. Математические модели электроэнергетики: учебник для студентов вузов / Под ред. В.А. Веникова – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш.шк., 1981. – 288 с.
2. Гладышева М.М., Сухачева Е.К., Хатюшина Т.В. Анализ и сравнение существующих программных продуктов при разработке программного обеспечения автоматизированной системы для выбора кабельных линий промышленных предприятий // Инновации в науке / Сб. ст. по материалам LI междунар. науч.-практ. конф. № 11 (48). Часть I. Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2015. – С. 107–115.
3. Кондрашова Ю.Н., Газизова О.В., Гладышева М.М., Галлиулин И.М. Исследование влияния ввода в работу перспективной воздушной линии на режимы промышленного энергетического узла // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014, – № 4-2(23). – С. 35–37.

## АЛГОРИТМЫ И МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ В СЕТЯХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

*Костюков Антон Александрович*

*аспирант кафедры МОиПЭВМ  
Пензенский Государственный Университет,  
РФ, г. Пенза  
Email: [antononrails@gmail.com](mailto:antononrails@gmail.com)*

## ALGORITHMS AND MECHANISMS FOR THE DISTRIBUTION OF TASKS IN THE NETWORKS OF DATA

*Anton Kostiukov*

*graduate student at department of computer application and software  
Penza State University  
Russia, Penza*

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена описанию и сравнению алгоритмов назначения задач в распределённых вычислительных сетях. Подробно рассматриваются и классифицируются основные алгоритмы управления назначениями в кластерных системах. Автор исследует достоинства и недостатки приведённых механизмов, попутно приводя примеры успешного использования указанных алгоритмов в тех или иных ситуациях. Для подробного обзора выбран циклический алгоритм дефицита, поскольку он является наиболее интересным с точки зрения механики из представленных аналогов.

### ABSTRACT

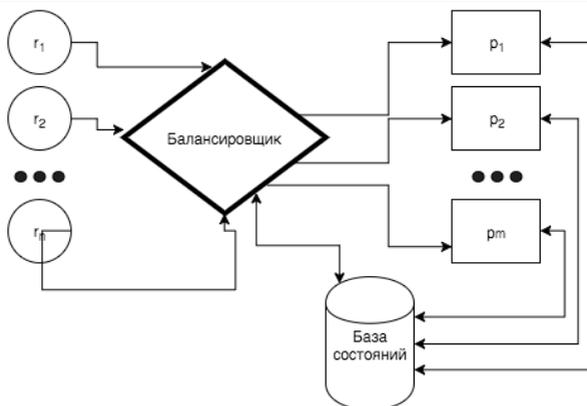
The article is devoted to description and comparison algorithms assign tasks in distributed computing networks. Details are considered classified and basic algorithms of management appointments in cluster systems. The author examines the advantages and disadvantages of the given arrangements, incidentally citing examples of the successful use of these algorithms in different situations. For a detailed overview of the selected Round Robin Deficit because it is the most interesting in terms of the mechanics of the presented analogues.

**Ключевые слова:** Алгоритмы назначения; задача о назначениях; системы массового обслуживания; распределённые вычислительные системы.

**Keywords:** Algorithms destination; assignment problems; queuing systems; distributed computing systems.

В XXI веке, веке всеобщей информатизации, постоянного увеличения количества информации, и как следствие необходимого повышения скорости поиска, а так же интенсивности запросов к серверам, как никогда важным стал поиск решения задач балансировки нагрузки (то есть – решения задач о назначениях). Это связано с тем, что с количеством доступной информации растёт и количество пользователей. Каждый день миллионы запросов направляются к серверам крупных компаний, сотни терабайт информации обрабатываются научно-исследовательскими станциями посредством их суперкомпьютерных кластерных сетей. Существует несколько способов ускорить быстродействие кластерных систем: горизонтальное масштабирование и вертикальное. Для повышения отказоустойчивости и скорости обработки запросов применяются не только алгоритмические решения, но и программные оптимизации [1]. Компьютерная сеть давно стала привычной абстракцией для выполнения вычислений на множестве машин. Все компьютеры такой сети исполняют не прямые запросы пользователей, а переадресованные от центрального распределителя, иными словами – балансировщика нагрузки. Такой распределитель всегда имеет внутри набор определённых стратегий (и/или алгоритмов), согласно которым, он отправляет пришедший запрос на обработку назначенному узлу. Такие алгоритмы подразделяются на две основные группы: с очередями и без них.

На рисунке 1 изображена примерная схема кластера обработки информации с выделенным распределителем задач (балансировщиком). Существует пул запросов ( $r_1 \dots r_n$ ), которые поступают в случайной последовательности, и распределитель должен назначить каждый запрос в пул узлов ( $p_1 \dots p_m$ ). Так же на рисунке отмечена база состояний, которая производит постоянный опрос узлов на предмет готовности к обработке. Жирным на изображении выделен узел, отвечающий за балансировку нагрузки, обычно, такой узел располагает механизмом назначения, который либо может меняться в зависимости от неких условий (стратегия замещения), либо же оставаться неизменным всегда (одиночная стратегия). Если используется стратегия замещения, такой балансировщик далее, мы будем называть **активным**, если же нет – **статичным**.



**Рисунок 1. Концептуальная схема сервера**  
**(жирным выделен центр принятия решений)**

Одной из самых базовых стратегий распределения нагрузки является циклический алгоритм (англ. Round Robin, RR). Данный алгоритм действует методом перебора и упорядочивания всех узлов компьютерной сети по круговому циклу. Циклический алгоритм является одним из самых старых представителей распределяющих стратегий. Его основные преимущества лежат на поверхности: простота для понимания, лёгкость воспроизведения в программном коде, быстрота принятия решения вне зависимости от размера задачи. Сложностью данного алгоритма, в большинстве случаев, можно считать  $O(1)$ . Данная стратегия является самой быстрой в плоскости принятия решений, но недостатки данного подхода кроются здесь же: принятые решения зачастую являются случайными для каждого отдельного случая, и надеяться на качественное распределение задач не стоит. Циклический алгоритм подходит для простейшего распределения равновесных задач по узлам со схожими характеристиками производительности и доступности.

Для более распространённой ситуации, когда множество узлов вычислений является неоднородным, существует модификация циклического алгоритма называемая *весовой циклический алгоритм* (англ. Weighted Round Robin, WRR). Механически, каждый поток пакетов или соединений имеет одну очередь в сетевом интерфейсе. Весовой циклический алгоритм обслуживает наибольшее количество запросов для каждой непустой очереди.  $Q = \text{normalized}\left(\frac{W}{A_w}\right)$ , где  $Q$  – это размер очереди,  $W$  – вес пакета,  $A_w$  –

средний вес пакета. Преимуществами данного подхода являются использование очереди для распределения и довольно простой способ ранжирования задач. Отрицательной стороной является тот фактор, что перед распределением необходимо знать вес запроса, что приводит к задержке принятия решения.

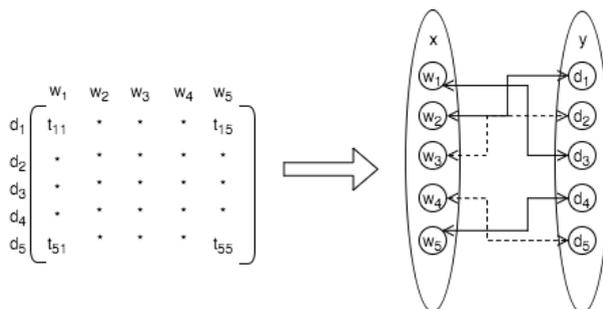
Циклический алгоритм дефицита (англ. Deficit Round Robin, DRR), имеет ту же сложность, что и обычный циклический алгоритм –  $O(1)$ . При этом, алгоритм дефицита имеет ряд преимуществ: в отличие от весового циклического алгоритма, алгоритм дефицита не связан массой пакета, в отличие от взвешенной справедливой очереди, основанной на приоритетах пакетов, его сложность является  $O(1)$  (против возможного  $O(\log(n))$ ). Но при всех его плюсах, данный алгоритм имеет уже знакомый существенный недостаток – задержка принятия решения. В идеале она должна соответствовать GPS (Generalized processor sharing, Обобщённая система разделения процессора), идеальной эгалитарной системе, в которой каждый клиент одновременно с остальными назначается разным обработчикам. В данном подходе балансировщик обрабатывает  $N$  потоков заявок. По этой причине, он сконфигурирован с определённой долей для каждого потока –  $Q_i$ , в каждый цикл обхода, поток  $i$  может отправить  $Q_i$  байт (килобайт) информации, в итоге:

$$\frac{Q_i}{(Q_1+Q_2+Q_3+Q_N)}R, \text{ где } R \text{ является массой ресурса.}$$

Альтернативой стандартным алгоритмам (и эвристическим и математическим) решения задач о назначениях в условиях распределения задач по узлам обработки, являются алгоритмы из теории игр и экономической теории. Ярким примером подобного подхода является семейство алгоритмов аукциона [4]. Алгоритмы аукциона широко известны в экономической теории, но могут быть успешно применены и в балансировке нагрузки. В классическом варианте, проблема назначения состоит в распределении  $n$ -ного количества объектов среди  $n$ -ного количества владельцев. Имеет место распределение «один-к-одному». Математически, необходимо найти назначение «один-к-одному». Создать пары владелец-объект  $(1, m_1)$  ...,  $(1, m_n)$ , где  $n$  и  $m$  очередной запрос и узел, соответственно, для которых максимальная выгода будет равна  $\sum_{n=1}^{m=1} a_{nm}$ . Так «выгода»  $a_{nm}$  будет результатом распределения объекта  $n$  на владельца  $m$ . Тогда задача будет состоять в получении наилучшей «выгоды». Представим, что возможно назначить  $n$  объектов для  $n$  владельцев, где каждый объект будет являться запросом на обработку информации, а каждый владелец будет являться обработчиком. Каждый запрос так же уникален, как и любая вещь на аукционе. Получается, если два

сервера дают одинаково маленькое время обработки – даём случайному серверу. Также каждый запрос будет иметь собственный вес в системе  $w_m$ , и каждый обработчик, который примет на исполнение данный запрос должен будет затратить  $w_m$  времени. В таком случае «цена» запроса  $t$  для обработчика  $n$  будет равной  $a_{nm} + w_m$  и каждый обработчик  $n$  будет «желать» обработать запрос  $t$  с максимальным значением. Таким образом:  $a_{nm} - p_{mn} = \max_{m=1, \dots, k} (a_{nm} + p_m)$ ,  $\min_{m=1, \dots, k} \{ \sum_{m=1}^k w_m + \sum_{m=1}^k \max_{n=1, \dots, k} \{ a_{nm} + w_m \} \}$ , таким образом мы приходим к использованию механизма обобщённого многотоварного аукциона. В случае преобладания количества задач над количеством обработчиков (очень частый случай), необходимо решать задачу повторно до наполнения пулов задач у всех узлов.

Помимо простейших стратегий распределения задач по обработчикам, выделяются и более сложные алгоритмы, такие как [венгерский алгоритм (или алгоритм Куна) и семейство алгоритмов аукциона. Несмотря на довольно большую сложность ( $O(n^3)$ ), в лучшем случае  $O(n^2m)$ ), алгоритм Куна является неплохой альтернативой простейшим стратегиям распределения в условиях сложной системы, в которой неограниченное число заявок, подаются на вход балансировщику сети с неоднородным распределением характеристик производительности. На рисунке 2 приведена примерная схема перехода от обычной матрицы состояний к взвешенному двудольному графу  $(x, y)$ , который представляет некоторое инъективное соответствие элементов одной доли, к элементам другой. Пусть  $w_1 \dots w_6$  – это определённое множество запросов к системе, а  $d_1 \dots d_6$  – множество узлов-обработчиков, тогда, для получения наибольшей выгоды, необходимо найти наилучшее решение на двудольном графе.



**Рисунок 2. Упрощённая схема перехода в алгоритме Куна**

Данный алгоритм имеет определённые преимущества: при относительно небольшой сложности, эффективно распределяет ресурсы по обработчикам; прост в программном исполнении. Из минусов нужно отметить необходимость применения определённой стратегии замещения алгоритма при малых нагрузках. То есть, чтобы обеспечить наилучший результат распределения, необходимо применять алгоритм Куна для существенного массива запросов, иначе использование ресурсов сервера станет неэффективным.

Существуют так же политики назначения работающие на основе выбора следующей задачи путём определения кратчайшего задания (то есть наивысший приоритет имеет кратчайшая задача), путём определения времени оставшегося до освобождения узла от обработки (соответственно задача назначается узлу, который быстрее всех в перспективе освободится).

Насколько важна разработка новых теоретических и эвристических алгоритмов для решения задач назначения в условиях серверной балансировки, настолько же важно умение оценить сложность, и распознать конкретный тип задачи, чтобы выбрать наиболее эффективную методологию управления поступающими запросами. Представленные в статье алгоритмы и стратегии, позволяют качественно решать поставленные задачи, и довольно просты в переносе в компьютерный код.

### Список литературы:

1. Безяев В.С., Макарычев П.П. Алгоритм решения задачи о назначениях целей: Аналитические и численные методы моделирования естественно-научных и социальных проблем. Сборник статей X Международной научно-технической конференции. под ред. И.В. Бойкова. Пенза, 2015. – 51–54 с.
2. Стивен С. Скиена. Алгоритмы. Руководство по разработке: БХВ-Петербург ISBN 978-5-9775-0560-4, 978-1-84800-069-8; 2011. – 420 с.
3. Haralambos Marmanis, Dmitry Babenko, Algorithms of the Intelligent Web : Manning Pubs Co Series ISBN 1933988665, 9781933988665; 2009. – 345 с.
4. Vickrey, William. Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders : The Journal of Finance 16 (01), 1995. – 8–37 с.

## АЛГОРИТМ ДВУМЕРНОЙ УПАКОВКИ В КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

*Кухарчук Игорь Витальевич*

*ассистент кафедры электронных вычислительных машин  
Белорусского государственного университета  
информатики и радиоэлектроники,  
Республика Беларусь, г. Минск  
E-mail: [ihar.kukharchuk@gmail.com](mailto:ihar.kukharchuk@gmail.com)*

## ALGORITHM OF A TWO-DIMENSIONAL PACKING IN QUANTUM COMPUTING

*Ihar Kukharchuk*

*assistant Professor at the Department of Electronic Computing Machines,  
Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics,  
Republic of Belarus, Minsk*

### АННОТАЦИЯ

Среда разработки для квантовых вычислений не обладает широким набором реализованных алгоритмов. Целью является расширение прикладной библиотеки квантовых алгоритмов путём адаптации общей модели классического алгоритма двумерной упаковки. Для достижения поставленной цели были использованы методы обобщения классических алгоритмов и дедукция для построения квантового. В результате представленный алгоритм может быть использован на существующем квантовом сопроцессоре. Данная реализация позволяет расширить ареал квантовых алгоритмов в области задач теории сложности вычислений.

### ABSTRACT

Software development environment for quantum computing has not a wide range of implemented algorithms. The aim is to expand the library of quantum algorithms by adapting a common structure of two-dimensional packaging algorithm. To achieve this goal I have been used methods of generalization for classical algorithms and the deduction for the quantum part solution. As a result, presented algorithm can be used on existing quantum coprocessor. This implementation allows expanding the area of quantum algorithms in problems of the theory of computational complexity.

**Ключевые слова:** квантовые вычисления; алгоритм Гровера; задача двумерной упаковки.

**Keywords:** quantum computations; Grover's algorithm; two-dimension packaging problem.

Современный мир предоставляет жёсткие требования по срокам обработки информации. Классический компьютер перестаёт удовлетворять этим требованиям. На смену текущей модели вычислительного процесса приходят квантовые компьютеры, способные решать задачи экспоненциальной сложности за полиномиальное время. Одна из таких задач – задача о двумерной упаковке в контейнер – будет рассмотрена данной статьёй.

Решение о рассмотрении данной задачи исходит из того, что область квантовых вычислений перешла в стадию интенсивного развития совсем недавно. Технологии на этапе становления обладают рядом известных проблем. Одной из таких проблем является недостаток реализованных под данную модель алгоритмов. Дело в том, что классические алгоритмы не могут быть использованы в их текущем описательном характере на квантовых сопроцессорах. Это приводит к тому, что необходимо вводить дополнительный этап трансляции или адаптации существующего алгоритма на квантовую модель вычислений. Также стоит учитывать, что не каждый алгоритм способен быть перенесён из классической модели с сохранением или улучшением показателей производительности.

В рамках данной работы были рассмотрены существующие алгоритмы двумерной упаковки и построена модель подобного алгоритма для квантовых вычислений.

Приведём определение задачи двумерной упаковки в контейнеры в общем виде. Дано  $n$  прямоугольных предметов с размерами  $w_i \times h_i, i = 1, \dots, n$  и неограниченное количество одинаковых контейнеров размером  $W \times H$ . Задача двумерной упаковки в контейнеры состоит в том, чтобы минимизировать число требуемых контейнеров, в которые будут упакованы все предметы без перекрытия(1) [2, с. 96]:

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^z w_{ki} \times h_{ki} \rightarrow \min \quad (1)$$

где:  $w, h$  – ширина и высота одного из предметов;

$k, z$  – номер контейнера и прямоугольника соответственно.

В формуле (1) первой является сумма для контейнеров количеством 1, вторая для прямоугольников, находящихся в контейнере  $k$ . Для упрощения построения примем, что имеется лишь один контейнер для упаковки, следовательно минимизировать необходимо высоту уложенных в один контейнер прямоугольников. Тогда формула станет выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^z w_{ki} \times h_{ki} \rightarrow \min(\text{height}) \quad (2)$$

где:  $w, h$  – ширина и высота одного из предметов;  
 $z$  – номер прямоугольника соответственно.

В формуле (2) количество всех прямоугольников ограничено числом  $z$ , а минимизируется конечная высота в прямоугольнике. В таком случае необходимо вывести общую формулу оценки производительности алгоритма для конкретного контейнера [3, с. 325]:

$$\text{coefficient } t = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times h_i}{H} \quad (3)$$

где:  $w, h$  – ширина и высота одного из предметов;  
 $W, H$  – ширина и высота контейнера соответственно.

В формуле (3) в числителе числителя находится сумма площадей всех прямоугольников, которая затем делится на ширину контейнера. Из данного выражения получаем оптимальное расположение прямоугольников плотным слоем, что чаще всего недостижимо. Полученное отношение делим на высоту контейнера, занятую прямоугольниками расположенными квантовым алгоритмом. Данный коэффициент отражает степень приближенности к идеальному варианту в процентном соотношении.

Существует два наиболее распространённых типа алгоритмов двумерной упаковки: *online* и *offline*. Первые из них подразумевают, что у вас нет конечного набора прямоугольников непосредственно в момент расположения их в контейнере, во втором же случае вы обладаете полным набором, который необходимо упаковать. Разработанный квантовый алгоритм относится к типу *offline*.

В общем виде последовательность действий алгоритма состоит из следующих этапов:

- подготовка и инициализация входных данных
- воздействие оракула  $U_w |w\rangle = -|w\rangle$
- воздействие гейта диффузии
- копирование полученного решения
- измерение отобранного состояния

Рассмотрим данные этапы подробнее. Входными данными являются прямоугольники со значениями их высоты и ширины. Необходимо на каждом уровне максимизировать заполняемость. Одним из классических алгоритмов, который кроме конечного результата на каждой итерации, возвращают отобранный набор, является knapsack 0-1. Именно он служит прототипом квантового алгоритма. Для приведения набора параметров прямоугольников к качественному виду находятся площади каждого прямоугольника, так как этот показатель будет основным критерием выбора конкретного набора.

Квантовый алгоритм поиска способен работать лишь с бинарными данными, поэтому существует необходимость построения таблицы соответствия, которая для двух прямоугольников отражена в таблице 1.

Таблица 1 отражает, что в первом векторе данных набора не будет отражена ни площадь первого прямоугольника, ни площадь второго, во втором векторе будет учтена площадь второго, в четвертом – обоих. Таким же образом таблица соответствия масштабируется для большего количества прямоугольников.

**Таблица 1.**

**Таблица соответствия для входных данных**

$w_1 \times h_1$	$w_2 \times h_2$
0	0
0	1
1	0
1	1

Рассмотрим квантовый оракул, построенный на основе алгоритма Гровера. В данном случае оракул должен инвертировать фазу искомого значения, а это значит, что на выходе будет получено значение  $(-1)^{f(x)}x$  [3, с. 155]. Этим и обусловлено текущее представление:  $U_w |w\rangle = -|w\rangle$ .

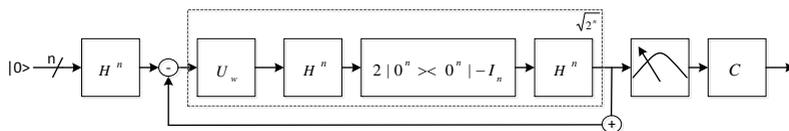
Гейт диффузии предназначен для отражения кубитов относительно среднего значения. Одно из возможных реализации данного действия было выбрано для рассматриваемого алгоритма. В данном случае гейт будет выглядеть следующим образом:

$$2|0^n\rangle\langle 0^n| - I_n = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & -1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

На выходе гейта диффузии имеется частичное решение: набор отобранных прямоугольников для расположения их на определенном уровне. Здесь в алгоритме предусмотрена операция копирования вектора кубитов до операции измерения. Делается это с целью исключить отобранный набор из общего квантового пространства наборов без операции измерения, что позволит сэкономить на повторении операций инициализации перед оракулом.

Первоначальный вектор отправляется на операцию измерения, а затем на верификацию, которая покажет, способны ли уложиться данные прямоугольники на уровень предложенной высоты. Функция верификации на начальном этапе может принимать простейший вид: процентное отношение заполненного пространства не должно превышать показателя от возможной площади. Конечно, таким образом не гарантируется на 100% возможность расположения прямоугольников в контейнере, однако этого достаточно для проведения дальнейших расчетов.

Схема для данного алгоритма отражена на рисунке 1.

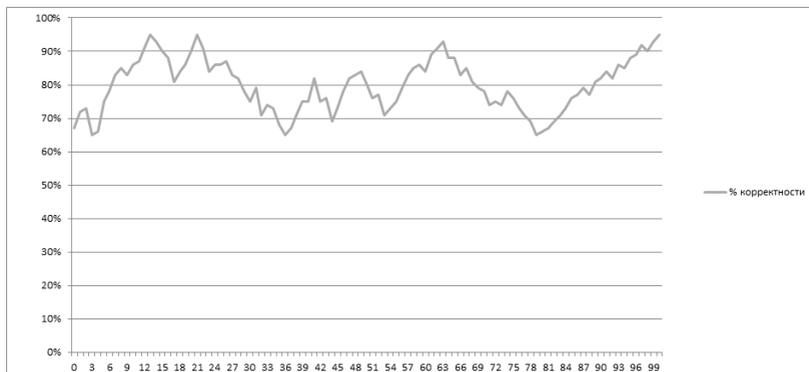


**Рисунок 1. Квантовая схема алгоритма**

Обратная связь на рисунке 1 отображена для наглядности, на реальной квантовой схеме такое действие разворачивается в длинную последовательную цепочку подобных операторов.

Необходимо определить, какое количество раз будет запускаться над каждым набором процесс квантового поиска. В прикладной модели это достигается путем анализа результатов тестирования.

Проблема в том, что на выходе алгоритма поиска Гровера нельзя гарантировать, что полученный результат является истинным. Поэтому алгоритм запускается конечное количество раз и производится оценка полученных данных для выбора значения получения наиболее достоверного результата. Результаты тестирования для сотни запусков отражены на рисунке 2.

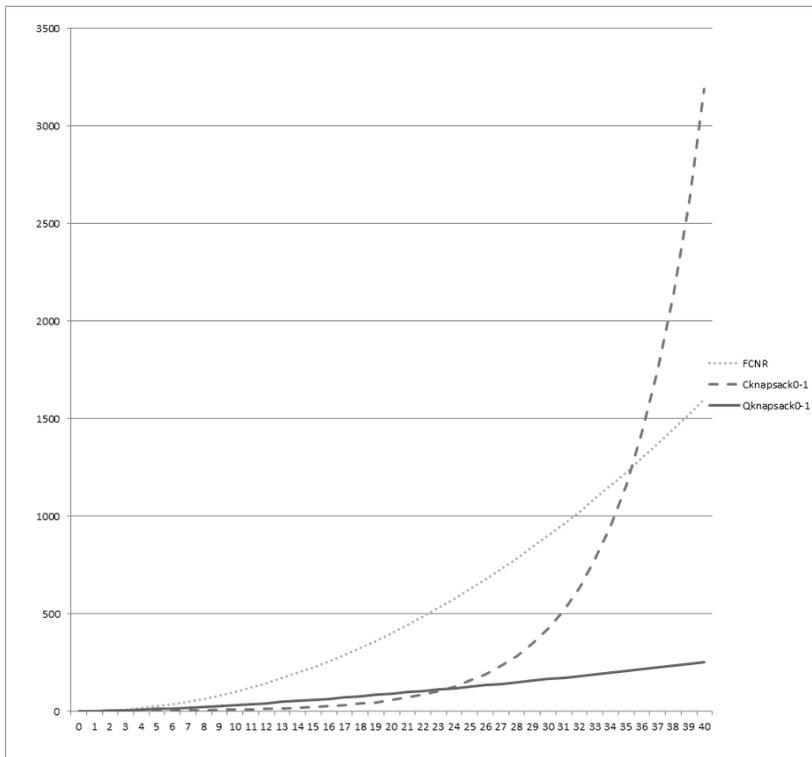


**Рисунок 2. Результаты тестирования алгоритма поиска Гровера**

Таким образом достаточно выполнить квантовый поиск 13 раз чтобы получить вероятность результата около 95 %. В итоге общая сложность алгоритма окажется  $O(13n\sqrt{n})$  при худшем сценарии.

На рисунке 3 отражены затраты по времени для количества прямоугольников от 1 до 40, размещаемых в контейнере. Справочное значение сложности в худшем случае для алгоритма NFDN составляет  $O(n^2)$ .

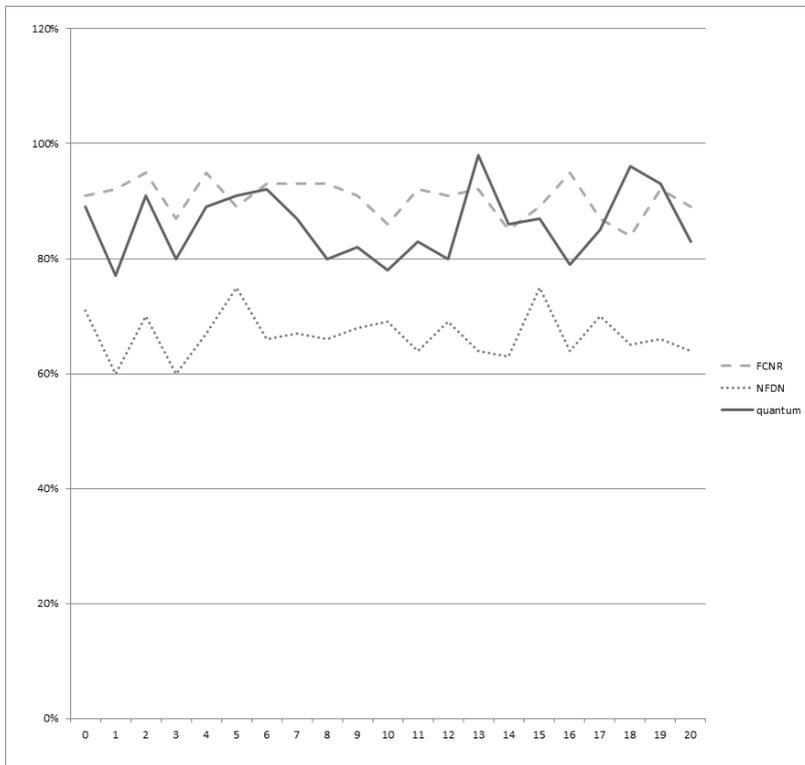
Справочное значение лучшего по степени упаковки классического алгоритма FCNR по сложности составляет  $O(n^2)$  в худшем случае. Сравнение происходит с классическим и квантовым вариантом реализации knapsack0-1. Как можно заметить, классическую реализацию knapsack совершенно не выгодно использовать в случае наличия более чем 35 прямоугольников.



**Рисунок 3. Результаты времени работы оцениваемых алгоритмов**

На рисунке 4 отражены результаты запусков лучшего по степени упаковки FCNR, наиболее простого NFDN и квантовой версии алгоритма knapsack0-1. Классический knapsack не приводится, так как его результат практически идентичен результату квантового алгоритма.

Формируя вывод на основе полученных данных получаем, что отношение скорости к качеству упаковки у квантового алгоритма значительно выше, что делает его конкурентоспособным в данной области задач. Однако следует учитывать и основной недостаток квантового алгоритма: результат работы есть список предложенных к упаковке на каждом уровне прямоугольников, но не их расположение. А это свидетельствует о том, что будет необходимо затратить дополнительные вычислительные ресурсы на то, чтобы расположить их в контейнере.



**Рисунок 4. Результаты степени упаковки оцениваемых алгоритмов**

В результате проведенного исследования была разработана и реализована квантовая модель алгоритма теории сложности – двумерная упаковка в контейнеры.

#### **Список литературы:**

1. Душкин Р.В. Квантовые вычисления и функциональное программирование. – М.: Проспект, 2014. – С. 150–163.
2. Barnes F.W. Packing the Maximum Number of  $m \times n$  Tiles in a Large  $p \times q$  Rectangle. – ORS, 2007. – P. 93–100.
3. Martello S. Optimal and Canonical Solutions of the Change Making Problem // European Journal of Operational Research. – 1999. – Vol. 4. – P. 322–329.

## РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО АЛГОРИТМА ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ С БИНОМИАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

*Магомедова Мадина Нурмагомедовна*

*аспирант Санкт-Петербургского государственного  
экономического университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [dina0682@mail.ru](mailto:dina0682@mail.ru)*

## DEVELOPMENT OF APPLICATION OF THE ALGORITHM OF STATISTICAL HYPOTHESIS TESTING WITH BINOMIAL DISTRIBUTION

*Madina Magomedova*

*graduate of Saint-Petersburg State university of economics  
branch in Kizlyar,  
Russia, Saint-Petersburg*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается метод проверки статистических гипотез посредством структурного программирования. Представлена блок-схема алгоритма решения задачи. Унифицированы входные и выходные данные. Результатом является консольное приложение, реализованное в среде программирования.

### ABSTRACT

The article discusses the method of statistical hypothesis testing through structural programming. Shows the block diagram of the algorithm of solving the problem. Unified input and output data. The result is a console application implemented in the programming environment.

**Ключевые слова:** программирование; алгоритм; математическая модель; блок-схема.

**Keywords:** programming; algorithm; modeling; diagram.

Данная работа носит комплексный характер, в большей степени содержит элементы исследования и разработки.

Цель работы: разработка алгоритма решения задачи проверки статистических гипотез с биномиальным распределением, а также реализация алгоритма на языке C++ в соответствии с основными этапами решения задачи на ЭВМ.

В качестве основы для разработки алгоритма, выбран метод структурного программирования.

*Условие задачи:* «Игральный кубик бросили 60 раз, при этом числа 1, 2, 3, 4, 5, 6 выпали соответственно 12, 9, 13, 11, 8, 7 раз. Можно ли на 5%-м уровне значимости отвергнуть гипотезу о симметричности кубика?»

Суть решение задачи заключается определении вероятности ошибки исходя из нулевой гипотезы. Рассмотрим данную гипотезу:

$$H: p = \frac{1}{6};$$

Определяем переменные, для решения этой гипотезы (Таб. 1):

**Таблица 1.**

**Математические переменные нулевой гипотезы**

$x$	1	2	3	4	5	6
$m$	12	9	13	11	8	7

$$m_1 = 12, m_2 = 9, m_3 = 13, m_4 = 11, m_5 = 8, m_6 = 7$$

$$np = 60 * \frac{1}{6} = 10$$

Вычисляем  $\chi^2$  (формула 1):

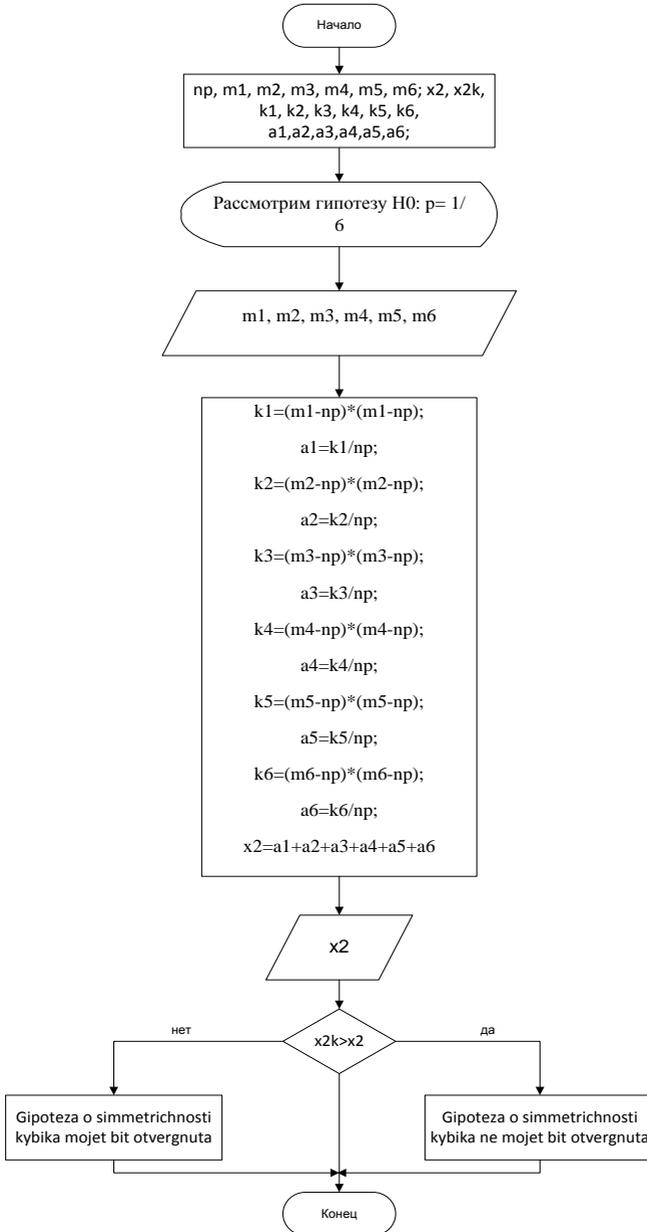
$$\chi^2 = \frac{(m_1 - np)}{np} + \frac{(m_2 - np)}{np} + \frac{(m_3 - np)}{np} + \frac{(m_4 - np)}{np} + \frac{(m_5 - np)}{np} + \frac{(m_6 - np)}{np}; \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(12-10)^2}{10} + \frac{(9-10)^2}{10} + \frac{(13-10)^2}{10} + \\ &+ \frac{(11-10)^2}{10} + \frac{(8-10)^2}{10} + \frac{(7-10)^2}{10} = \frac{28}{10} = 2,8 \end{aligned}$$

$$r = 6 - 1 = 5;$$

$$\chi^2_{kr} = 11,1$$

для  $\alpha = 0,05$



**Рисунок 1. Блок-схема алгоритма решения задачи**

Для решения задачи были определены входные и выходные данные. В данном случае, при рассмотрении гипотезы, входными данными являются переменные:  $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6$ .

При запуске программного модуля, необходимо ввести количество выпадений 1, 2, 3, 4, 5, и 6:  $m_1=12, m_2=9, m_3=13, m_4=11, m_5=8$  и  $m_6=7$  соответственно.

Результатом является переменная  $x^2$ , далее гипотеза  $x^2$  принимает значение 2,8 отсюда вытекает сообщение следующего содержания:

«Гипотеза о симметричности кубика не может быть отвергнута, так как  $x_{2k} > x_2 : \backslash n$ ».

Далее представлен алгоритм на языке программирования C++.

```
{
int pn, m1,m2,m3,m4,m5,m6;
float x2, x2k ,k1, k2, k3, k4, k5, k6, a1, a2 ,a3 ,a4 ,a5 ,a6;
printf("Dokajem mojno li otvergnut gipotezy H0:p1=p2=1/6 o
simmetrichnosti kybika, na 5-ti procentnom urovne znachimosti \n");
printf("Vvedite kolichestvo vipadeniy 1,2,3,4,5,6 : \n");
printf("vvedite m1: \n");
scanf("%d",&m1);
printf("vvedite m2: \n");
scanf("%d",&m2);
printf("vvedite m3: \n");
scanf("%d",&m3);
printf("vvedite m4: \n");
scanf("%d",&m4);
printf("vvedite m5: \n");
scanf("%d",&m5);
printf("vvedite m6: \n");
scanf("%d",&m6);
printf("vichislenie x2 \n");
k1=(m1-np)*(m1-np);
a1=k1/np;
k2=(m2-np)*(m2-np);
a2=k2/np;
k3=(m3-np)*(m3-np);
a3=k3/np;
k4=(m4-np)*(m4-np);
a4=k4/np;
k5=(m5-np)*(m5-np);
a5=k5/np;
```

```
k6=(m6-np)*(m6-np);
a6=k6/np;
x2=a1+a2+a3+a4+a5+a6;
clrscr();
printf("x2=%f\n", x2);
if (x2k>x2);
{printf("Gipoteza o semmetrichnosti kybika ne mojit bit otvergnuta,
tak kak x2k>x2:\n");}
else;
{printf("Gipoteza o simmetrichnosti kybika mojet bit otvergnuta, tak
kak x2>x2k");}
getch(); }
```

В качестве средства тестирования допускается использование любого компилятора, поддерживающий язык C++.

После запуска программы появляется окно. В этом окне представляется сообщение о данной гипотезе и ввод переменных (Рисунок 2).



```
Dokazem mojno li otvergnut gipotezy H0:p1=p2=1/6 o simmetrichnosti kybika, na 5-
ti procentnom urovne znachimosti
Uvedite kolichestvo vipadeniy 1,2,3,4,5,6 :
uvedite m1:
=
```

**Рисунок 2. Сообщение о данной гипотезе и ввод переменных**

Вводим все переменные, в соответствии с заданием, то есть  $m_1=12$ ;  $m_2=9$ ;  $m_3=13$ ;  $m_4=11$ ;  $m_5=8$ ;  $m_6=7$ .

Далее, следовательно, появляется окно с введенными переменными и окно с выводом результата проверки данной гипотезы (Рисунок 3–4).

```
Dokajem mojno li otvergnut gipotezu  $H_0: p_1=p_2=1/6$  o simmetrichnosti kybika, na 5-  
ti procentnom urovne znachimosti  
Uvedite kolichestvo vipadeniy 1,2,3,4,5,6 :  
vvedite m1:  
12  
vvedite m2:  
9  
vvedite m3:  
13  
vvedite m4:  
11  
vvedite m5:  
8  
vvedite m6:  
7
```

**Рисунок 3. Окно с введенными переменными**

Вывод результата проверки гипотезы  $H_0$  представлен на рисунке 4. Гипотеза не может быть отвергнута, так как выполняется необходимое условие.

```
x2=2.800000  
Gipoteza o semmetrichnosti kybika ne mojit bit otvergnuta, tak kak  $x2k > x2$ :
```

**Рисунок 4. Вывод результата проверки гипотезы  $H_0$**

В данной работе был представлен пример решения математической модели проверки статистических гипотез с биномиальным распределением [5] с использованием метода нулевой гипотезы, написан алгоритм на языке C++.

### Список литературы:

1. Гаврилова И.В. Разработка приложений [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ И.В. Гаврилова. - 2-е изд., стер. – М.: ФЛИНТА, 2012. – 241 с.
2. Дейл Н., Уимз Ч., Хедингтон М. Программирование на C++: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс. – 672 с.: ил.

3. Лавров С.С. Программирование. Математические основы, средства, теория. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 320 с.:ил.
4. Могилев А.В. Методы программирования. Компьютерные вычисления / А.В. Могилев, Л.В. Листрова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 320 с.: ил.
5. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: Учеб. Пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. – 440 с.

## **ПОНЯТИЕ АГЕНТА В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

***Мелихова Оксана Аскольдовна***

*канд. техн. наук, доцент,  
доцент Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [oamelikhova@mail.ru](mailto:oamelikhova@mail.ru)*

***Вепринцева Ольга Витальевна***

*студент Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [atime\\_ame4@mail.ru](mailto:atime_ame4@mail.ru)*

***Чумичев Владимир Сергеевич***

*студент Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [vladimir.chumichev@mail.ru](mailto:vladimir.chumichev@mail.ru)*

***Джамбинов Сергей Владимирович***

*студент Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [sergeydz03@mail.ru](mailto:sergeydz03@mail.ru)*

***Гайдуков Анатолий Борисович***

*студент Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [agon2299@mail.ru](mailto:agon2299@mail.ru)*

## THE CONCEPT OF AGENT ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM

***Oksana Melikhova***

*candidate of Science, assistant professor,  
assistant professor of the Southern Federal University,  
Russia, Taganrog*

***Olga Veprintseva***

*student of the Southern Federal University,  
Russia, Taganrog*

***Vladimir Chumichev***

*student of the Southern Federal University,  
Russia, Taganrog*

***Sergey Dzhambinov***

*student of the Southern Federal University,  
Russia, Taganrog*

***Anatoly Gaidukov***

*student of the Southern Federal University,  
Russia, Taganrog*

### АННОТАЦИЯ

В связи с глобальной компьютеризацией общества, развитием сети Интернет, разработка и использование интеллектуальных систем в различных областях деятельности человека как никогда актуальны и востребованы. Этим объясняется возникновение и становление такой области искусственного интеллекта как теория агентов и многоагентных систем. В работе рассматриваются различные типы агентов, их особенности и области использования.

### ABSTRACT

In connection with the global computerization of society, development of the Internet, the development and use of intelligent systems in various fields of human activity ever relevant and in demand. This explains the emergence and formation of artificial intelligence such as the theory of agents and multi-agent systems. The paper discusses the various types of agents, their characteristics and areas of use.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект; многоагентная система; рациональный агент; системы основные на знаниях; декларативные системы; процедуральные системы.

**Keywords:** artificial intelligence; multi-agent system; a rational agent of basic knowledge; declarative system of procedural systems

Искусственный интеллект является одним из самых молодых научных направлений, тесно связанным с развитием компьютерных технологий. Сегодня научно-технический прогресс немислим без тех результатов, которые дали человечеству исследования в области искусственного интеллекта. На основе этих исследований сформировалась и постоянно совершенствуется новая отрасль индустрии – производство интеллектуальных систем – систем, основанных на знаниях. Основными структурными элементами такого рода систем являются база знаний и механизм логических выводов. При построении систем, основанных на знаниях, одной из важных проблем является представление знаний, так как представление знаний в значительной степени определяет характеристики системы и зависит от сложности решаемых задач. Очевидно, что представление знаний для случая, когда объектом исследований является диагностика, должно отличаться от представления знаний для случая, когда объектом является проектирование, при этом выбор оптимального представления знаний одинаково важен, как для малых, так и для больших интеллектуальных систем. При проектировании модели представления знаний следует учитывать такие факторы, как однородность представления информации и простота её понимания. Однородность приводит к упрощению механизма управления логическим выводом. Представление знаний должно быть понятно экспертам и пользователям системы. В противном случае затрудняются приобретение знаний и их оценка. Для решения сложных и больших задач необходимы структурирование и модульное представление знаний [1; 2]. По своей структуре можно выделить два типа знания: декларативное знание или просто знание и императивное знание или умение. К знанию первого типа относятся сведения о фактах окружающего или внутреннего мира системы. Знание второго типа представляет собой умение системы производить определенные действия. Можно провести аналогии: между знанием первого типа и данными, а также между знаниями второго типа и программами. Знание первого типа может трансформироваться в знание второго типа, то есть система может обучаться поведению на основе описания этого поведения, и наоборот. Как правило,

в интеллектуальных системах присутствуют элементы обоих представлений (декларативного и императивного, или процедурального), и в зависимости от преобладания того или другого, системы называются декларативными или процедуральными. Наибольшее распространение получили системы для представления знаний смешанного типа [2; 3].

Автоматизация сложных технических, экономических и организационных процессов привела к созданию нового класса интеллектуальных систем, работающих в непредсказуемо меняющихся условиях, в той или иной степени автономно. Такие системы называются агентами. Роботы, используемые для исследований в космосе, в океане, могут быть примерами систем такого класса. Интеллектуальные агенты, главной особенностью которых является наличие знаний о закономерностях внешней среды, в которой функционирует агент, и использование им этих знаний требует наличия специального блока анализа ситуаций реального внешнего мира. Под интеллектуальностью агентов следует понимать их способность работать с базой внешних событий или ситуаций. Условием успешного анализа внешних ситуаций является их оценка в условиях неполноты информации относительно отдельных параметров этих ситуаций. Поведение агента существенно определяется результатом оценки ситуации. Когда агент не способен оценить ситуацию и принять решение относительно дальнейших действий, возникает задача разработки специальных оценочных функций и эффективных механизмов оценки ситуаций, с помощью которых агент либо формирует самостоятельно оценку ситуации, либо использует оценки, полученные от других агентов. При этом эффективность функционирования интеллектуальной системы тесно связана с эффективностью нахождения оценок [3; 4].

Предположим, что в некоторые дискретные моменты времени на вход агента поступает информация, подлежащая оценке. Эта информация представляет собой описание некоторой ситуации  $S$ , характеризующейся набором значений  $n$  параметров, важных с точки зрения оценки ситуации  $S$ . Таким образом, ситуация в любой момент времени  $t$  характеризуется набором  $\langle \pi_1^t, \pi_2^t, \dots, \pi_n^t \rangle$ , в котором  $\pi_i^t$  означает некоторое фиксированное значение параметров  $\pi_i$  в момент времени  $t$ . Оценки для  $S$  выбираются из некоторого множества, например, двухэлементного, то есть может состоять из двух оценок, которые можно обозначить 0 и 1. Интерпретация этих оценок может быть различной. Примерами интерпретации могут служить пары: «много-мало», «полезно-вредно», и т. п. В более сложных случаях

множество может быть не двухэлементным, а многоэлементным [1; 5; 6].

В системах автоматической оценки наиболее часто реализуется двухэтапная оценка ситуации. На первом этапе происходит оценка значений каждого из параметров  $\pi_i$ . На втором этапе производится собственно оценка ситуации  $S$  на базе имеющихся оценок для всех параметров [2; 4; 7].

Основным способом достичь рационального мышления является использование рационального агента. Вообще говоря, агентом считается все, что действует, но компьютерные агенты отличаются своими уникальными атрибутами, которых нет у обычных программ. Так, например, функционировать под автономным управлением, или воспринимать свою среду, или существовать в течение продолжительного времени. Рациональный агент – это агент, который действует так, чтобы можно было достичь наилучшего результата, или в условиях неопределенности – наилучшего ожидаемого результата. В подходе к созданию искусственного интеллекта на основе мышления агент был акцентирован на формирование правильных логических выводов. То есть, основной задачей агента было формирование логической цепочки, по которой он будет следовать для достижения той или иной цели и по определенным действиям, хотя каждое действие не обязательно приведет к нужной цели. Бывают такие ситуации, в которых нет строго определенного выбора. Такой подход имеет два преимущества: во-первых, этот подход является более общим по сравнению с подходом, основанным на использовании «законов мышления», поскольку правильный выбор – это просто один из нескольких возможных механизмов достижения рациональности. Во-вторых, он является более перспективным для научной разработки по сравнению с подходами, основанными на изучении поведения или человеческого мышления, поскольку стандарт рациональности четко определен и полностью обобщен [1; 4; 6].

Если рассматривать этот подход более подробно, то можно дать более полное определение агентов. Агентом является все, что может рассматриваться как воспринимающее свою среду с помощью датчиков и воздействующее на эту среду с помощью исполнительных механизмов. В данном случае под агентом можно понимать, как человека, у которого есть органы восприятия, так и робота, у которого есть сенсоры и датчики. Под восприятием понимается получение агентом сенсорных данных в любой конкретный момент времени. Последовательностью актов восприятия агента называется полная история всей информации, которую воспринял агент. Можно сказать,

что каждый выбор агента строится на использовании последовательности актов восприятия и информации, которая была воспринята до этого действия. С математической точки зрения определение некоторого агента может быть описано с помощью функций агента, которые отображают конкретную последовательность актов восприятия на какое-то действие, конечно, если определенные действия предусматриваются программой агента. Тут важно понимать, что функция агента — это абстрактное математическое описание, а программа агента — это реализация, которая действует только в рамках архитектуры агента. После погружения в среду агент вырабатывает последовательность действий, которые строятся на полученных данных. Действия агента заставляют среду пройти через определенные манипуляции [2; 4; 7].

В любой момент времени оценка рациональности действий агента зависит от четырех перечисленных ниже факторов [1; 2; 3]:

1. Показатели производительности, которые определяют критерии успеха.
2. Знания агента о среде и приобретенные ранее знания.
3. Перечень действий, которые могут быть выполнены агентом.
4. Последовательность актов восприятия агента, которые произошли до настоящего времени.

Из выше перечисленных факторов можно сформулировать следующее определение рациональности: «Для каждой возможной последовательности актов восприятия рациональный агент должен выбрать действие, которое, как ожидается, максимизирует его показатели производительности, с учетом фактов, предоставленных данной последовательностью актов восприятия и всех встроенных знаний, которыми обладает агент» [3; 4; 5].

В искусственном интеллекте необходимо четко проводить грань между рациональностью и всезнанием. Всезнающий агент знает результат своих действий, и может действовать соответствующим образом, но всезнание невозможно. У агентов есть понятие автономности, то есть, если агент больше полагается на знания, которые были у него изначально, и практически не обучается новым, то такой агент считается недостаточно автономным. Рациональный агент должен быть автономным, то есть, он должен обучаться всему, что только может усвоить, чтобы изменить неправильные или неполные изначальные знания. Из этого следует, что при прошествии достаточно долгого времени нахождения в определенной среде, агент может стать независимым от априорных знаний [5; 6].

Существует такое понятие, как проблемная среда. Проблемная среда – это «проблема», для которой рациональный агент служит решением. Для проектирования агента всегда нужно вначале определить проблемную среду, причем как можно более полно. Разнообразие проблемных сред в искусственном интеллекте весьма велико. Тем не менее, существует возможность определить относительно небольшое количество измерений, по которым могут быть классифицированы варианты проблемной среды. Приведем классификацию проблемной среды: полностью или частично наблюдаемая проблемная среда, детерминированная или стохастическая, эпизодическая или последовательная, статическая или динамическая, дискретная или непрерывная, одноагентная или мультиагентная [1; 2; 5].

Различия между одноагентной и мультиагентной средой достаточно расплывчаты. Конечно, понятно, что если агент решает sudoku, то это одноагентная среда, а если играет в шашки, или шахматы то двухагентная (мультиагентная) среда. Шахматы являются конкретной мультиагентной средой. Проектирование агентов в мультиагентной среде имеет свои трудности: например, рациональное поведение в мультиагентной среде подразумевает появление связей поддержки, или появление конкуренции, это подразумевает, что поведение станет стохастическим, чтобы избежать предсказуемости [3; 4; 7].

Простейшим видом агента является простой рефлексивный агент. Данный тип агентов строит свой выбор на основе полученной информации, при этом игнорируя все остальные знания. Большинство простых рефлексивных агентов используют правило условие-действие. На самом деле, таким принципом пользуются не только в искусственном интеллекте. Такой принцип очень распространен в реальной жизни, например, при вождении автомобиля. То есть, на каждую ситуацию есть определенное действие. Конечно, если рассматривать людей, то большинство выборов, которые строятся на таком правиле, основаны на процессе обучения людей. Преимущества простых рефлексивных агентов в том, что они достаточно просты, но при этом их интеллект ограничен [6].

В последнее время как в области искусственного интеллекта, так и в области прикладного программирования активно используется понятие программного агента. Одним из основных факторов проявления этого интереса к нему явилось развитие сетевых технологий, в частности, связанных с Интернетом. Понятие программного агента существенно обобщает понятие объекта из области объектно-ориентированного программирования за счет введения дополнительных

интеллектуальных компонент, определяющих политику выполнения действий агентом в зависимости от его состояния и сообщений, полученных от других агентов многоагентной системы и внешней среды. Состояние агента в этом случае может иметь достаточно сложную структуру, включая в себя некоторую базу данных. Интеллектуальные программные агенты могут использоваться в качестве автономных компонент при построении систем искусственного интеллекта, при работе в Интернете [2,5].

В общем случае многоагентная система состоит из конечного множества интеллектуальных агентов с общей предикатной сигнатурой и специального почтового агента, моделирующего сеть связей между агентами. У каждого интеллектуального агента обычно имеется внутренняя база данных и свой почтовый ящик. Передача информации в многоагентной системе строится по синхронному или асинхронному типу [7].

### Список литературы:

1. Мелихова О.А. Методы построения интеллектуальных систем на основе нечеткой логики. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. – 92 с
2. Мелихова О.А. Процесс познания в терминах математической логики // Информатика вычислительная техника и инженерное образование. 13.10.2014. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://digital-mag.tti.sfedu.ru> (дата обращения: 5.12.2015).
3. Мелихова О.А. Нейронные сети, как составная часть систем искусственного интеллекта// Информатика вычислительная техника и инженерное образование. 6.09.2015. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://digital-mag.tti.sfedu.ru> (дата обращения: 1.12.2015).
4. Мелихова О.А., Мелихова З.А. Использование аппарата нечеткой математики при моделировании систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012, № 7 (132). – С. 113–118.
5. Мелихова О.А., Гайдуков А.Б., Джамбинов С.В., Чумичев В.С. Методы поддержки принятия решений на основе нейронных сетей// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – М., № 09 (80). Ч. 1. 2015. – С. 52–59.
6. Мелихова О.А., Григораш А.С., Джамбинов С.В., Чумичев В.С., Гайдуков А.Б. Некоторые аспекты теории нейронных систем// Молодой ученый. – Казань. № 16 (96), – 2015. – С. 196–199.
7. Melikhova O.A., Rudenko E.G., Loginov O.A. Intelligent decision support systems: analysis, problems, prospects // Научная дискуссия: инновации в современном мире. – М., Изд. «Международный центр науки и образования», – 2015. – № 3–4 (35). – С. 166–170.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ  
И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ  
СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Новоселова Ольга Вячеславовна**

*канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»,  
РФ, г. Москва  
E-mail: [ovnovoselova@yandex.ru](mailto:ovnovoselova@yandex.ru)*

**Волкова Галина Дмитриевна**

*д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»,  
РФ, г. Москва  
E-mail: [cog-par@yandex.ru](mailto:cog-par@yandex.ru)*

**Григорьев Олег Георгиевич**

*д-р техн. наук, гл. науч. сотр., ФГБУН ИСА РАН,  
РФ, г. Москва  
E-mail: [oleggpolikvart@yandex.ru](mailto:oleggpolikvart@yandex.ru)*

**RESEARCH OF TECHNOLOGIES AND TOOLS  
TO CREATING OF THE AUTOMATED SYSTEMS  
OF DIFFERENT PURPOSE**

**Olga Novoselova**

*Ph.D, assistant professor, MSTU «STANKIN»,  
Russia, Moscow*

**Galina Volkova**

*doctor of Technical Science, professor, MSTU «STANKIN»,  
Russia, Moscow*

**Oleg Grigorev**

*doctor of Technical Science, chief researcher, ISA RAS,  
Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования средств создания автоматизированных систем. Определены и кратко описаны подходы к разработке систем, характеризующие этапы эволюции автоматизации интеллектуального труда. Предложены критерии, в соответствии с которыми проведен анализ средств создания автоматизированных систем (АС). В результате анализа выявлены достоинства и недостатки каждого средства, показано повышение эффективности работы разработчиков систем при использовании средств создания ПАС.

## ABSTRACT

This article presents the results of research of means to creating of applied automated systems. Identified and described the approaches to the development of systems that characterize the stages of evolution of the automation of intellectual labor. The analysis of tools to creating automated systems (AS) in accordance with the proposed criteria was conducted. In this article identified the advantages and disadvantages of each tool, is shown the improving of the efficiency work the developers of automated systems, which are using these means for creating automated systems.

**Ключевые слова:** автоматизация интеллектуального труда; инструментальные средства создания прикладных автоматизированных систем; технология; автоматизированная система.

**Keywords:** automation of intellectual labor; tools to creating of the applied automated systems; technology; automated system.

### 1. Введение

Смена и совершенствование технологий и инструментальных средств разработки автоматизированных систем связано с увеличением объема информации и данных, требующих систематизации, классификации и последующей обработки в вычислительной среде; усложнением задач, подлежащих автоматизации, и изменением характера процесса их выполнения – от четко выстроенного алгоритма в хорошо формализованных задачах расчетного типа к определению вариантов решения и выбору необходимого в сложных интеллектуальных задачах; повышением требований к качеству создаваемых автоматизированных систем и к взаимодействию с ними. Необходимость создания комплекса моделей для разрабатываемой прикладной автоматизированной системы появилась не сразу – потребность была обусловлена тем, что с увеличением размерности программ разработчику стало сложно одновременно отслеживать

последовательность выполнения действий в алгоритме работы программы и размещение данных в вычислительной среде.

С появлением инструментальных средств создания прикладных автоматизированных систем (ПАС) сократилось время, затрачиваемое разработчиками систем на описание как моделей решения предметной задачи, так и на описание моделей системы, автоматизирующей данную задачу. Дополнительно инструментальные средства обеспечили возможность автоматического создания программного кода на основе разработанных моделей, регулярного документирования действий, выполняемых в процессе разработки ПАС, а также организации координированного взаимодействия и эффективной работы коллектива специалистов.

В результате исследования эволюции создания ПАС были выделены подходы к разработке систем: интуитивный, структурный, объектно-ориентированный и когнитивный [4; 5; 10; 15]. Отличие в подходах определяется особенностями организации функциональной и информационной компонент предметных задач.

При интуитивном подходе инструментарий сводился лишь к отладочным средствам для конкретных языков программирования в конкретной операционной системе. Так как разрабатываемые программы были простыми (обеспечивали выполнение несложного алгоритма и манипулирование простыми переменными), то необходимость в предварительном моделировании отсутствовала. На этапе структурного подхода идея структурной организации данных и структурного построения программ получила свое инструментальное воплощение в виде программ или пакетов программ, облегчающих как визуализацию структурной организации данных и программ, так и документирование результатов разработки, что послужило началом для развития идеи поддержки жизненного цикла программного продукта. В дальнейшем во время развития объектно-ориентированного подхода поддержка жизненного цикла программного продукта – от анализа требований до сопровождения и реинжиниринга, была реализована в инструментальных комплексах, получивших название CASE-систем [8]. На этапе когнитивного подхода идея управления всем жизненным циклом программного продукта (планирование, создание программного продукта, эксплуатация) получила реализацию в инструментальных средствах, поддерживающих ALM-технологии [14].

## **2. Анализ инструментальных средств создания прикладных автоматизированных систем**

Инструментальные средства создания прикладных автоматизированных систем, как и технологии, прошли развитие от отдельных

программ (например, отладчиков) через наборы или инструментальные пакеты программ к сложным инструментальным комплексам.

Анализ инструментальных средств создания ПАС проводился в соответствии со следующими критериями [9]:

- по функциональной ориентации в процессе создания ПАС (на этапы жизненного цикла ПАС: анализ требований, анализ традиционных процессов решения предметной задачи, проектирование, реализация системы, тестирование, внедрение);
- поддерживаемым подходам разработки ПАС (структурный, объектно-ориентированный, когнитивный);
- формируемым компонентам предметной области: информационной, воссоздающей существующие информационные структуры и взаимосвязи между ними, и функциональной, отражающей технологию и способы обработки информации;
- по категориям — для отражения уровня сложности инструментального средства:

1) вспомогательные программы («инструмент»), позволяющие решать небольшую задачу — проектирование одной компоненты на одном этапе жизненного цикла создания автоматизированной системы;

2) пакеты разработчика («набор инструментов») — совокупность интегрированных программных средств, которые обеспечивают выполнение одного этапа создания прикладной автоматизированной системы и используют, как правило, централизованное хранилище всей информации по этапу, включая управленческую;

3) инструментальные средства («верстак», «станок») обладают большей степенью интеграции выполняемых функций на базе репозитория системы и автономностью использования, а также существенной привязкой к программно-технической среде функционирования;

4) инструментальные системы (CASE-системы — «станочная линия») — полностью интегрированные средства на базе единого репозитория, включающие встроенные средства управления разработкой и поддерживающие создание автоматизированной системы;

- особенности и характеристика среды разработки: наличие и вид централизованного хранилища информации (база данных, репозиторий); количество мест разработчиков (одно-, многопользовательская среда); методологии и методы, используемые в среде; ориентация на составляющие модельного представления системы: функциональная, информационная (в виде файлов или БД); возможность интеграции с другими инструментальными средствами.

В статье проанализированы CASE-системы, обладающие визуальными инструментами для моделирования различных компонент предметных задач на основных или всех этапах разработки прикладной автоматизированной системы: *Silverrun*; *Case/4/0*; *Visible Analyst*; инструментальные средства МАИТ.

Почти все средства имеют дополнительные модули, позволяющие организовать среду для коллективной работы разработчиков, и обладают репозитарием. Часть результатов анализа приведена в статье [9], где дается сокращенное описание следующих CASE-средств: *CA ERwin Modeling Suite*; *IBM Rational Software Architect*; *Oracle Designer*; CASE. Аналитик и инструментальные средства МАИТ.

### 2.1. *Silverrun (Computer Systems Advisers, Inc.)*

CASE-средство *Silverrun* было разработано американской фирмой *CSA*, в настоящее время им владеет канадская фирма *Grandite* [2; 12]. *Silverrun* ориентирован на структурный подход и предназначен для формирования моделей информационных систем. Данное средство поддерживает различные методологии и методы, которые основываются на раздельном построении информационной и функциональной компонент на этапах анализа и проектирования: *DATARUN*, *Yordon/DeMarco*, *Merise*, *Gane/Sarson*, *Ward/Mellor*, *Information Engineering*. Дополнительно можно наращивать среду разработки путем введения собственных описаний. Система обладает настройками на методологию или метод, необходимого для построения требуемой компоненты модели.

В *Silverrun* можно выделить 3 модуля, каждый из которых является самостоятельным продуктом: *BPM (Business Process Modeler)*, *ERX (Entity-Relationship eXpert)*, *RDM (Relational Data Modeler)*.

Модуль *BPM* позволяет моделировать процесс функционирования создаваемой информационной системы в форме диаграмм потоков данных. Диаграммы могут изображаться в различных заданных нотациях, помимо этого, есть возможность создавать собственные нотации. В модуле при работе со сложными моделями обеспечивается: автоматическая перенумерация, работа с деревом процессов, выполнение действий с отдельными отсоединенными частями модели и возможность их присоединения в дальнейшем для коллективной работы.

Модуль *ERX* предназначен для концептуального моделирования данных, обеспечивает построение моделей данных на основе ER-подхода «сущность-связь», не ориентированных на конкретную программно-техническую среду и средства реализации. Модуль обладает встроенной экспертной системой, которая помогает

разрабатывать нормализованную модель данных с помощью ответов на содержательные вопросы о взаимосвязи данных. Также модуль предлагает возможности автоматического построения модели данных из описаний структур данных, анализа соответствия модели требованиям третьей нормальной форме. Проверенная модель передается в модуль *RDM*.

Модуль *RDM* позволяет создавать детализированные модели «сущность-связь» для реализации в реляционной базе данных. Он предоставляет возможность работать по любой методологии, так как обладает гибкой нотацией и репозитарием, который можно расширять. Также данный модуль обеспечивает документирование реляционных баз данных.

Менеджер репозитория рабочей группы *WRM (Workgroup Repository Manager)* обеспечивает интеграцию модулей *Silverrun* в единую среду проектирования, а также данный модуль применяется для хранения информации, которая является общей для всех моделей (словарь данных).

*Silverrun* может автоматически генерировать схемы баз данных для СУБД: *Oracle, Informix, DB2, Ingres, Progress* и др. Также *Silverrun* предоставляет возможность передавать данные в средства разработки приложений (языки 4GL): *JAM, PowerBuilder, SQL Windows* и др. В модуль *RDM* можно загрузить информацию из каталогов соответствующих СУБД или языков 4GL. Это позволяет уже работающие базы данных и ПАС документировать, перепроектировать и переносить на новые платформы.

*Silverrun* позволяет создавать модели информационных систем различных уровней сложности, формируя информационную и функциональную компоненты. Однако возможность использования различных нотаций приводит к отсутствию жесткого контроля между компонентами моделей, что в целом может привести к несогласованности моделей. Поэтому наиболее оптимально использовать *Silverrun* для автоматизации задач управления и создания информационно-поисковых систем в хорошо формализованных предметных областях.

## 2.2. *Case/4/0 (microTOOL)*

Пакет *case/4/0* [11] предназначен для анализа и проектирования прикладных автоматизированных систем и баз данных, ориентирован на структурный подход и охватывает этапы создания и внедрения ПАС. *Case/4/0* основывается на методе Ward/Mellor (расширение метода Yordon/DeMarco), что позволяет разрабатывать автоматизированные системы с ограничениями на временные характеристики.

В *case/4/0* можно моделировать информационную и функциональную компоненты, а также поведение системы. Данный продукт поддерживает следующие типы диаграмм: древовидные диаграммы функциональной декомпозиции, диаграммы потоков данных, диаграммы переходов состояний, диаграммы «сущность-связь», структурные карты Джексона.

Основными компонентами пакета являются: графические редакторы диаграмм; репозиторий; дизайнер диалогов для моделирования интерфейса пользователя; генераторы кода на *Cobol*, *C/C++*, *Visual Basic*, *Java*; синтаксически-ориентированные редакторы кодов; средства генерации документов.

*Case/4/0* может создавать схемы баз данных для следующих СУБД: *Oracle*, *DB2*, *SQL-Server*. Теперь *case/4/0* позволяет не только формировать реляционную модель из ER-модели, но и проводить взаимное обновление ER-модели и модели отношений. Необходимо отметить наличие инструмента для проведения анализа данных, а также управления версиями и конфигурацией системы. Данный модуль обеспечивает согласованность результатов, полученных в процессе моделирования.

Пакет *Case/4/0* предлагает инструментарий для создания моделей автоматизированных систем с ориентацией на системы реального времени, формируя информационную, функциональную компоненты и компонент, описывающий поведение системы. Но, необходимо отметить, что в пакете реализуется достаточно ограниченное число методов анализа и проектирования автоматизированных систем.

### 2.3. *Visible Analyst (Visible Systems Corporation)*

CASE-система *Visible Analyst* [13] (предшественники *EasyCASE* и *EasyER*) разработанная компанией *Visible Systems Corporation*, предназначена для анализа, проектирования и реализации ПАС на основе структурного и объектно-ориентированного подходов. Корпорация выпускает несколько вариантов *Visible Analyst*, среди которых лидером является *Visible Analyst Professional*.

Пакет *Visible Analyst Professional (VAP)* позволяет моделировать информационную и функциональную компоненты и события в системе и поддерживает UML версии 2.0, а также следующие методы и методологии структурного проектирования и моделирования: BPMN (Business Process Model and Notation) – нотация и модель бизнес-процессов, Yordon/DeMarco, Gane/Sarson, SSADM (Structured System Analysis and Design Method) – британский стандарт анализа и разработки автоматизированных систем, ER-диаграммы, IDEF1X, Bachman, Information Engineering.

VAP позволяет работать в многопользовательском режиме, дополнительно к графическим редакторам включает: репозиторий, в котором хранится информация как по разрабатываемым моделям, так и по управлению проектами, средства для навигации, для публикации моделей, для составления отчетов, для генерации схемы баз данных, а также наличие обратного инжиниринга для баз данных, в том числе старых, и др. VAP поддерживает работу с достаточно большим количеством СУБД, в том числе серверных: *ANSI SQL-92, Datacom SQL, Informix, IngresOracle, Paradox, Progress* и др. Кроме того, *Visible Analyst Professional* может генерировать приложения для *Visual Basic, C++* и *COBOL*.

Система является достаточно мощным инструментом, предлагающим большой спектр нотаций для проектирования и моделирования ПАС на всех этапах их создания с возможностью применения различных подходов (структурного и объектно-ориентированного). Многопользовательский одновременный доступ позволяет осуществлять взаимодействие в коллективе, что позволяет организовать работу с крупными проектами для нескольких групп пользователей - всех участников процесса создания ПАС: архитекторов и дизайнеров системы, аналитиков, программистов-аналитиков, руководителей проектов и менеджеров. Но следует отметить, что *Visible Analyst Professional* достаточно сложен при освоении обычным пользователем.

#### **2.4. Инструментальные средства МАИТ**

В настоящее время инструментальные средства поддержки методологии автоматизации интеллектуального труда позволяют автоматизировать формирование модельных представлений на отдельных этапах создания прикладных автоматизированных систем.

Методология автоматизации интеллектуального труда является отечественной разработкой [3] (МГТУ "СТАНКИН") и обеспечивает промышленный способ создания прикладных автоматизированных систем. В соответствии с методологией формируются модели предметной задачи, подлежащей автоматизации – начальная, концептуальная, инфологическая и даталогическая. Описания выполняются в виде спецификаций и диаграмм для информационной, функциональной и/или динамической компонент моделей и их взаимосвязи. МАИТ позволяет выполнять интеграцию моделей предметных задач в единый комплекс путем последовательного объединения компонент.

Для каждого этапа проектирования ПАС (начального, концептуального и инфологического) разработано средство поддержки

соответствующего этапа (Model, Concept, Infology). В зависимости от способа формирования моделей в средствах поддержки реализованы следующие технологии моделирования [6]: – полуавтоматизированная (на основе вручную составленных диаграмм автоматизировано создаются спецификации, а по ним автоматически строятся контрольные диаграммы); – автоматизированная (диаграммы с помощью графического редактора формируются автоматизировано, по ним автоматически заполняются спецификации).

Наиболее развитыми являются [1; 7] средство Concept, поддерживающее создание описания концептуальной модели в виде спецификаций в полуавтоматизированном режиме и программный комплекс «CODA». Программный комплекс «CODA» – это графический редактор, который позволяет автоматизировано создавать диаграммы и автоматически формирует табличные формы. Программный комплекс «CODA» состоит из двух основных частей – графического интерфейса пользователя (ГИП) и программного ядра.

Поскольку каждый этап поддерживается отдельным инструментальным средством, не имеющим интеграции с другими, отсутствует процедура автоматической передачи результатов с одного этапа на другой, что снижает эффективность последовательного построения моделей при сквозном проектировании прикладных автоматизированных систем.

### 3. Заключение

Исследования и анализ CASE-средств показали, что их использование на всех этапах создания ПАС сокращает время разработки и повышает качество разрабатываемых систем, а также снижает трудоемкость работ проектировщиков и производителей систем. Формирование модели для сложных ПАС с помощью CASE-средств имеет важное значение для будущей реализации системы, так как позволяет учесть все аспекты структуры системы, взаимодействия объектов и выполняемого процесса.

Пакеты CASE-средств включают или имеют возможность интеграции дополнительных продуктов для управления жизненным циклом разрабатываемых систем по хранению документации по проектам, управлению конфигурацией, управлением активами и т. д., что говорит об общей тенденции постепенного перехода к ALM-технологии и ее внедрению в разработку ПАС.

Помимо этого, необходимо отметить некоторые проблемы и трудности при работе с CASE-средствами. Различные CASE-средства часто несовместимы друг с другом, что можно объяснить как различными методологиями и методами, которые реализованы в них,

так и проблемами передачи данных и управления от одного средства к другому. Некоторые CASE-системы достаточно дороги и трудоемки в освоении.

Наиболее интересным CASE-средством являются инструментальные средства МАИТ, поскольку они реализовывают новую технологию создания автоматизированных систем, в соответствии с которой формируется модель, инвариантная к программно-техническим средствам реализации, что позволяет быстро переносить АС на новую платформу, не выполняя заново этапы формирования начальной и концептуальной моделей, описывающих процесс выполнения задачи специалистом и систему знаний предметной области. Наличие в методологии формального описания моделей на различных этапах создания ПАС и правил их отображения (формирования описаний компонент последующей модели на основе описаний компонент предыдущей модели) позволяет интегрировать модели предметных задач в общий комплекс на основе разработанных методов.

### Список литературы:

1. Бычкова Н.А. Автоматизированная поддержка визуального концептуального моделирования прикладных автоматизированных систем // Информационные технологии в науке, образовании и промышленности: материалы междунаучной научно-техн. конференции (Архангельск, 2005 г.). – Архангельск, 2005. – С. 43–48.
2. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. Глава 5.1.1. Silverrun. // Обзор. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://citforum.ru/database/case/glava5\\_1\\_1.shtml](http://citforum.ru/database/case/glava5_1_1.shtml) (дата обращения 23.04.2015).
3. Волкова Г.Д. Методология автоматизации интеллектуального труда: монография. – М.: Янус-К, 2013. – 104 с.
4. Волкова Г.Д., Григорьев О.Г., Новоселова О.В. Исследование методологий, методов и подходов, применяемых при создании прикладных автоматизированных систем // Межотраслевая информационная служба: научно-методический журнал. – 2014. – № 4 (169). – С. 19–31.
5. Волкова Г.Д., Новоселова О.В., Григорьев О.Г. Исследование методологий и методов проектирования автоматизированных систем различного назначения // Электронные информационные системы. Научный журнал. – 2014. – № 2 (2). – С. 57–69.

6. Волкова Г.Д., Семячкова Е.Г. Применение методологии автоматизации интеллектуального труда к созданию автоматизированных систем проектирования // Межотр. научно-техн. сборник «Техника, Экономика», серия «Автоматизация проектирования». – 1995. – Вып. 3–4 – С. 48–55.
7. Волкова Г.Д., Шукин М.В. Автоматизация концептуального моделирования проектно-конструкторских задач при создании САПР машиностроительного назначения // Информационные технологии в образовании, технике и медицине: материалы междунар. конференции (Волгоград, 2000 г.). – Волгоград, 2000. – С. 31–34.
8. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). – М.: Изд-во «ЛОРИ», 1996. – 242 с.
9. Новоселова О.В., Волкова Г.Д., Григорьев О.Г. Исследование средств создания прикладных автоматизированных систем // Высокие технологии, фундаментальные исследования, финансы: сб. статей XVIII междунар. научно-практ. конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике». (Санкт-Петербург 5–6 декабря 2014 г.). – СПб., 2014. – С. 75–82.
10. Новоселова О.В., Волкова Г.Д., Соломенцев Ю.М. Исследование эволюции создания прикладных автоматизированных систем // Инновации, технологии, наука: материалы Междунар. научно-практ. конференции» (Самара, 3 декабря 2015 г.). В 2 ч. Ч. 1 – Уфа, 2015. – С. 109–118.
11. Описание продукта case/4/0 (microTOOL). // Сайт microTOOL. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.microtool.de/en/case-4-0-structured-system-analysis/> (дата обращения 25.03.2015).
12. Описание продукта Silverrun (Grandite). // Сайт Grandite. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.silverrun.com/> (дата обращения 18.03.2015).
13. Описание продукта Visible Analyst (Visible Systems Corporation.) // Сайт Visible Systems Corporation. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.visible.com/Products/Analyst/why.htm> (дата обращения 20.04.2015).
14. Ревякина О. Новая веха в ALM // Открытые системы. СУБД. – 2011. – № 1. – С. 34–37.
15. Meder N. Artificial Intelligence as a Tool of Classification, or: The Network of Language Games as a Cognitive Paradigm / *Ihf. Classif.* 12 (1985). № 3. P. 128–132.

## ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

**Соколова Елена Владимировна**

*канд. техн. наук, доцент филиала*

*Южно-уральского государственного университета в г. Златоусте,*

*РФ, г. Златоуст*

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

**Клюк Мария Сергеевна**

*инженер филиала*

*Южно-уральского государственного университета в РФ,*

*РФ, г. Златоусте*

## ORGANIZATION OF AUTOMATED DOCUMENT FLOW IN MEDICAL INSTITUTION

**Elena Sokolova**

*candidate of Science, assistant professor*

*of branch of the Southern Ural state university in c. Zlatoust,*

*Russia, Zlatoust*

**Marya Klyuk**

*engineer of branch of the Southern Ural state university in c. Zlatoust,*

*Russia, Zlatoust*

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности разработки медицинской информационной системы. Предлагается избежать долгого ожидания и риска потери данных за счет отказа от удаленной обработки. Использование сервера локальной сети для хранения данных дополненное возможностью периодической выгрузки и обновления позволит синхронизировать региональную информационную систему в сфере здравоохранения.

### ABSTRACT

Features of development of a medical information system are considered. It is offered to avoid long waiting and risk of loss of data

at the expense of a failure from remote processing. Use of the server of a local area network for data storage added by possibility of periodic unloading and up-dating will allow to synchronize a regional information system in the health sector.

**Ключевые слова:** документооборот; удаленное хранение; сервер.  
**Keywords:** document flow; remote storage; server.

Применение вычислительной техники в лечебно – профилактических заведениях России началось сравнительно недавно. В поликлиниках общего профиля вычислительная техника используется в лучшем случае как универсальная печатающая машинка. Главной причиной этого является отсутствие необходимого программного обеспечения, адаптированного к нуждам больниц и поликлиник.

В целом по всем поликлиникам РФ количество посещений в год составляет около 1 млрд. По каждому посещению делается запись в амбулаторной карте, заполняется бумажный статталон и ряд других документов. В среднем врачи тратят от 5 до 15 % своего времени на оформление разного рода документов, что сказывается на работе медицинских учреждений и приводит к образованию очередей и недовольству пациентов.

Традиционно медицинские записи ведутся в виде «человекочитаемого» текста и рассчитаны на прочтение, обработку, оценку и анализ именно человеком, медицинским сотрудником, использующим для этого свой опыт, специальное образование и мыслительные способности.

Типичным недостатком бумажной истории болезни является ее недоступность. В больших больницах традиционные истории болезни могут оказаться недоступными в течение нескольких дней из-за того, что они используются в административном офисе, либо добавлены в ожидание, пока лечащий врач не сделает выписной эпикриз.

Выходом из этой ситуации является автоматизированная обработка медицинской информации, которая выдвигает дополнительные требования к ведению медицинской информации, а именно к ее формализации и кодированию. Именно формализация и кодирование информации обеспечивают огромные успехи и преимущества компьютерной обработки. При этом надо понимать, что формализация и кодирование являются процессами внешними по отношению к основной работе врача. Они, как правило, не нужны ему в его основной лечебной работе.

Анализ показывает, что принятые к внедрению медицинские информационные системы, например «МЕДИК+» [1], полностью соответствуют методическим рекомендациям Минздравсоцразвития к составу регионального фрагмента Единой информационной системы в сфере здравоохранения. Система предназначена для повышения качества лечебно-диагностического процесса, снижения нагрузки на медицинский персонал, повышения доступности медицинских услуг для населения, предоставления оперативного доступа к медицинской информации пациента и статистическим данным ЛПУ для принятия управленческих решений.

Упомянутая система, несмотря на все достоинства, имеет ряд недостатков. Так предоставление доступа конечным пользователям к компонентам системы с учетом обеспечения информационной безопасности осуществляется посредством технологии «тонкий клиент», то есть посредством web-интерфейса. Следовательно, организована удаленная обработка данных с передачей по каналам сети Интернет служебной информации и данных в оперативном режиме, без возможности сохранения данных на клиентском рабочем месте. При обрыве Интернет-соединения работа приостанавливается, что может привести к потере данных. Еще одним недостатком является то, что запросы к базе данных удаленного сервера занимают большее количество времени, нежели использование сервера локальной сети.

Избежать долгого ожидания и риска потери данных позволит отказ от использования удаленного хранилища в течение рабочего дня. Для временного хранения видится более удобным использование сервера локальной сети. Выгрузка в основное хранилище, синхронизация и обновление конфигураций системы может производиться периодически, например, ежедневно.

Сформулируем требования, предъявляемые к разрабатываемому программному продукту:

- требование к эффективности – система должна предоставлять запрошенные пользователем данные в короткий период времени;
- требование к лёгкости восприятия – для пользователя должен быть разработан дружелюбный интерфейс, с которым сможет справиться любой, даже профессионально необученный человек;
- требование к хранению данных – полученные данные носят конфиденциальный характер, тем самым должны быть защищены от внешних воздействий посторонних. Проблема обеспечения защиты информации является одной из важнейших при построении надежной

информационной автоматизированной системы. Эта проблема охватывает как физическую защиту данных и системных программ, так и защиту от несанкционированного доступа к данным, передаваемым по линиям связи и находящимся на накопителях, являющегося результатом деятельности, как посторонних лиц, так и специальных программ-вирусов. Таким образом, важной задачей при создании системы является обеспечение сохранения целостности данных и управления доступа к ним (санкционированность);

- требование к надёжности – должно быть обеспечено восстановление после сбоев и ошибок, контроль ввода данных. Это осуществляется за счет резервных копий. Контроль за входными и выходными данными осуществляется автоматически, соблюдение условий эксплуатации программы возложены на пользователя;

- требования эксплуатации – требования к функционированию аппаратных и программных средств, необходимых для корректной работы системы. Для предлагаемого варианта понадобится главный компьютер, так называемый сервер, с большим объемом жесткого диска и максимально возможной пропускной способностью. Для автоматизированных рабочих мест нам понадобятся компьютеры с минимальными характеристиками для работы самой системы;

- требования к функциональной составляющей – система должна выполнять запросы и выдавать соответствующие желаемые результаты для пользователя. Должен осуществляться поиск медицинских карт по заданному параметру, запись необходимой информации в карту, выдача талонов и соответствующих справок и заключений.

Разрабатываемая система должна обеспечивать автоматизированный процесс документационного обеспечения посещений пациентов медицинского учреждения. Система должна упростить работу сотрудников медицинского учреждения, облегчить процесс получения информации пациентами, а также автоматизировать процесс передачи данных от одного пользователя системы к другому за минимальный промежуток времени.

Система носит конфиденциальный характер, так как хранит личные данные пациентов, поэтому, как и любая закрытая система имеет такой способ ограничения прав, как авторизация. Каждый пользователь при входе в систему должен пройти авторизацию, указывая свой логин и пароль, выданный ему ранее администратором программы.

Для разграничения доступа к данным в системе имеется разделение пользователей по правам.

В системе предусмотрены следующие пользователи:

- администратор (организует работу системы);
- пациент (получает интересующую информацию, проходит прием);
- сотрудники регистратуры (осуществляют действия с картами пациентов);
- врач (проводит прием, заносит записи в карту);
- лаборант (делает анализы и заносит результаты в карту пациента);
- сотрудники статистического отдела (осуществляют сбор и анализ данных).

Пациент, видимо, имеет самый минимальный доступ, он может только просматривать данные о графике работы врачей и оставшихся талонах.

Работник регистратуры имеет доступ к БД, может изменять личные данные пациентов, находящихся на титульном листе, по которым собственно и осуществляется поиск карт, но не имеет доступ к историям болезней и записям врачей. Врач имеет доступ к историям болезней, но изменять может только свои записи. Лаборант вносит записи в базу данных только по анализам, которые назначил врач. Отдел статистики имеет доступ только к сводным таблицам врачей, в которых отображается информация о посещениях пациентов.

Работа системы начинается с поиска карты пациента в медицинском учреждении (в нашем случае это районная поликлиника). Работник регистратуры вводит личные данные пациента (это могут быть данные как имя, фамилия и отчество (ФИО), так и номер полиса) в обязательные поля, после чего осуществляется поиск, то есть сравнение данных, хранящихся в базе с введенными данными о пациенте. Если такое совпадение обнаружено, то считаем, что карта пациента найдена.

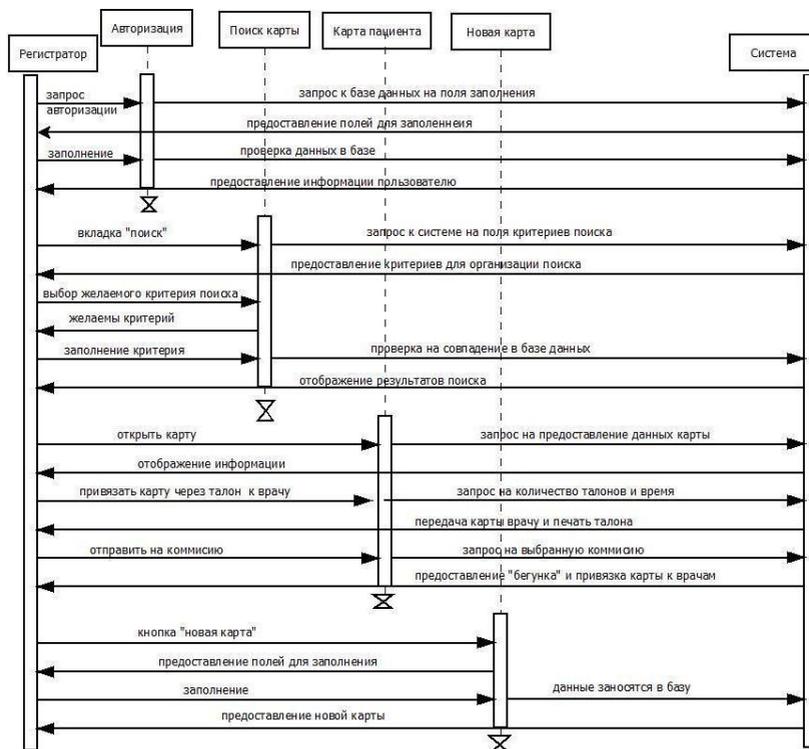
В случае, когда карта найдена, система осуществляет очередной запрос к базе на получение содержимого карты. Если же карта отсутствует, то работник регистратуры предлагает создать ее. Для этого необходимо заполнить обязательные поля карты, по которым карта привязывается к данному пациенту. По этим данным в дальнейшем будет осуществляться ее поиск. Вновь созданная информация заносится в базу данных.

После того, как карта найдена, пациент указывает цель визита: прием у врача или прохождение комиссии. Если пациент пришел на прием, то выбирается врач и предпочитаемое время приема. Если же ему необходимо пройти комиссию, то необходимо указать вид

комиссии, после чего формируется обходной лист, в котором указаны специалисты и кабинеты. В обоих случаях дальнейшим действием следует посещение самого врача. Формирование талона на прием, либо обходного листа на комиссию предполагает, что в этот момент данные обновляются в базе, и происходит добавление пациента по его уникальному номеру в список посещений у специалиста.

Медицинская карта амбулаторного больного является основным медицинским документом пациента, проходящего обследование и лечение в амбулаторно-поликлинических условиях. Она заполняется на каждого больного при первом обращении за медицинской помощью в ЛПУ [2; 3].

Процесс взаимодействия системы и работника регистратуры отражает диаграмма последовательности, представленная на рисунке 1.



**Рисунок 1. Диаграмма последовательности**

Данная диаграмма наглядно показывает частоту обращений к базе данных. Программная система в моменты авторизации, поиска или заполнения карты, её привязки к приему специалиста или комиссии формулирует запросы к БД, а потом ожидает и получает ответы, представления, отображения результатов и т. п. Для такого интенсивного взаимодействия наиболее логично предложить соединения по локальной сети, а вовсе не вариант удаленного хранилища.

Когда пациент приходит к врачу, то его карта уже находится у врача, как и список пациентов, намеченных к посещению. Он может просматривать выбранную из общего списка карту и вносить свои записи. Так врач во время приема должен заполнить поле о состоянии здоровья пациента, провести осмотр, сделать заключение исходя из Международной классификации болезней МКБ-10 [4], если необходимо, то назначить анализы и направить на повторный прием. После заполнения всех необходимых полей происходит сохранение и обновление в базе данных.

Итак, данная система автоматизирует процесс документооборота медицинского учреждения, предлагая использовать вариант тонкого клиента с локальным сервером. Она должна упростить работу сотрудников медицинского учреждения, облегчить процесс получения информации пациентами, а также автоматизировать процесс передачи данных от одного пользователя системы к другому за минимальный промежуток времени.

### Список литературы:

1. Медицинская информационная система «Медик +». [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.infinity.ru/services/services-1> (дата обращения 20.05.2014).
2. Приказ от 22 ноября 2004 г. № 255 о порядке оказания первичной медико-санитарной помощи гражданам, имеющим право на получение набора социальных услуг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.rg.ru/2004/12/21/medpomoshj-dok.html> (дата обращения 20.05.2014).
3. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России) от 5 мая 2012 г. № 502н г. Москва «Об утверждении порядка создания и деятельности врачебной комиссии медицинской организации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.rg.ru/2012/06/22/komissia-dok.html> (дата обращения 20.05.2014).
4. МКБ-10. Международная классификация болезней. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.classbase.ru/mkb10> (дата обращения 20.05.2014).

## МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ

**Закиева Гульназ Насибулловна**

*старший преподаватель Нефтекамского филиала  
Башкирского Государственного университета,  
РФ, Республика Башкортостан, г. Нефтекамск  
E-mail: [zakievagn@mail.ru](mailto:zakievagn@mail.ru)*

**Исмаилова Айгуль Риваловна**

*студент 4 курса экономико-математического факультета  
Нефтекамского филиала  
Башкирского Государственного университета  
РФ, Республика Башкортостан, г. Нефтекамск  
E-mail: [ismaaiga@mail.ru](mailto:ismaaiga@mail.ru)*

**Тимиришина Виктория Григорьевна**

*студент 4 курса экономико-математического факультета  
Нефтекамского филиала  
Башкирского Государственного университета  
РФ, Республика Башкортостан, г. Нефтекамск  
E-mail: [v.i.k.u.l.e.k@mail.ru](mailto:v.i.k.u.l.e.k@mail.ru)*

## MULTIMEDIA PRESENTATIONS

**Gulnaz Zakieva**

*senior lecturer  
Neftekamsk branch of the Bashkir State University,  
Russia, Republic of Bashkortostan, Neftekamsk*

**Aigul Ismagilova**

*students of the 4th course of mathematical faculty  
Neftekamsk branch of Bashkir State University  
Russia, Republic of Bashkortostan, Neftekamsk*

**Victoria Timirshina**

*students of the 4th course of mathematical faculty  
Neftekamsk branch of Bashkir State University  
Russia, Republic of Bashkortostan, Neftekamsk*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены проблемы применения мультимедийных презентаций в современном образовании. Поставлена задача изучить современные информационные технологии, используемые в образовании. Нами были проанализированы характерные особенности применения персональных компьютеров и новых информационных технологий в обучении. Рассмотрены как положительные стороны мультимедийных презентаций, так же и отрицательные стороны. Выявлена необходимость использования различных программ по созданию мультимедийных презентаций, для более глубокого и наглядного изучения предметов. Выявлена необходимость применения мультимедийных программ в образовании, так как современные дети живут в мире электронной культуры.

## ABSTRACT

This article considers the problems of applying multimedia presentations in modern education. The task is to study the modern information technologies used in education. We have analyzed the characteristic features of personal computers and new information technologies in teaching. Considered as positive aspects of multimedia presentations, as well and negative aspects. Need of use of various programs for creation of multimedia presentations, for deeper and evident studying of subjects is revealed. It is revealed need of application of multimedia programs for education as modern children live in the world of electronic culture.

**Ключевые слова:** мультимедиа; презентация; информационные технологии; компьютерные технологии; качество образования; Microsoft Office Power Point; интерактивное обучение; компьютер; образовательные технологии; доступность.

**Keywords:** multimedia; presentation; information technology; computer technology; the quality of education; Microsoft Office Power Point; online training; computer education technology availability.

В настоящее время наблюдается рост роли персональных компьютеров и информационной технологии в обществе. Люди, которые эффективно и профессионально владеют новыми технологиями работы с информацией, иначе подходят к организации своей деятельности и имеют совершенно иной стиль мышления. Современные дети живут в мире электронной культуры. Кроме того изменяется и значимость учителей – он предстает координатором информационного потока. Как следствие, учителю, для того, чтобы общаться с новым

поколением на одном языке, нужно обладать передовыми методами и новейшими образовательными технологиями.

Все это подталкивает нас к тому, что без процесса информатизации образования уже невозможно представить ни общеобразовательное, ни высшее учебное заведение.

Использование технологий информационно-компьютерного характера приводит к повышению качества образования. Мультимедийные презентации играют в этом процессе особую роль. Применение таких технологий ведет к развитию способностей учащихся, повышению их самостоятельного изучения, интерактивности. Данная мультимедийная наглядность способствует наилучшему пониманию учебного материала.

Современное обучение нереально вообразить в отсутствии технологий мультимедиа, которые охватывают комплекс компьютерных технологий, одновременно использующих графику, текст, видео, фотографию, анимацию, высококачественное звуковое сопровождение.

Одна из наиболее результативных и элементарных в применении компьютерных средств является подготовленная в программе Microsoft Office Power Point презентация. Возможности этой программы позволяют самостоятельно подготовить мультимедийное сопровождение к любому сообщению с минимальной затратой сил и максимальными возможностями. Данная программа проста в использовании: имея даже базовый уровень работы на компьютере, человек не сможет растеряться и справиться с поставленной задачей, что говорит прежде всего о простоте работы в Microsoft Office Power Point.

Работа с мультимедийными презентациями имеет множество достоинств. Во-первых, использование таких презентаций обеспечивает наглядность, с поддержкой нынешних графических и видео технологий мультимедийных демонстраций. Кроме того, вторым преимуществом является компактность и удобство хранения, то есть если, к примеру, взять мини-диск, USB-карту или USB-часы, можно сказать, что носка документов на данных носителях очень удобна. Еще одно преимущество – эмоциональная привлекательность, ведь мультимедийные презентации предоставляют шанс вообразить сведения не только в подходящей ради восприятия очередности, но и красиво совмещать голосовые и зрительные фигуры, выбирать преобладающие тона и цветные сочетания. В-четвертых, мультимедийные презентации обладают экономической выгодой, так как тиражирование на дисковые носители стоит гораздо ниже,

чем печать среднего по объему и качеству полиграфии буклета. И наконец, пятым достоинством является функциональность, которая обуславливается тем, что однажды созданная презентация может иметь до десятка различных способов использования.

Помимо преимуществ, мультимедийные презентации имеют ряд недостатков. Одним из отрицательных моментов является неучитываемость персонифицированного стиля обучения. Другими словами, реальная индивидуализация преподавания на базе применения мультимедиа совершается только в присутствии обстоятельств совпадения познавательного стиля автора мультимедиа-программ с стилем пользователя. Еще одна из проблем использования мультимедиа – введение различных типов медиа-воздействия, мешающих за счет зашумления каналов восприятия обучаемых.

На сегодняшний день, у большинства презентации ассоциируются с программой “Microsoft PowerPoint”. Естественно, есть и альтернативы, это и ранние версии “CorelDraw”, и “Macromedia Flash”, и различные программные продукты “Ulead”, и, наконец “ACDSee”. Однако при разработке мультимедийных презентаций к учебным занятиям все перечисленные программы не могут составить настоящую конкуренцию “Microsoft PowerPoint” по следующим факторам. PowerPoint сочетает:

1. Многофункциональность. Благодаря тому, что PowerPoint входит в пакет программ “Office”, то, следовательно, созданная презентация будет воспроизводиться практически на любом компьютере. Если принимать во внимание то, что PowerPoint является разработкой компании “Microsoft”, в таком случае, отыскать программу для создания презентаций более интегрированную в столь распространенную операционную систему “Windows” вряд ли получится.

2. Огромные возможности (включает работу с текстом и изображениями, возможность вставки видеофрагментов, анимации).

3. «Интуитивно понятный интерфейс». Здесь подразумевается то, что научиться работе с программой возможно в отсутствие учебников, путем самостоятельного хаотичного нажатия на различные кнопки.

Таким образом, подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что мультимедийную информацию отличает четкость, лаконичность, доступность. В ходе работы с ней ученики учатся выражать собственное мнение, анализировать, совершенствовать умение работы на компьютере. В случае правильного подхода к такой практике ученики развивают умение работать в парах.

**Список литературы:**

1. Данчул А.Н. Информатика: учебник. М.: РАГС, 2014. – 253 с.
2. Могилев А.В., Пак Н.И., Хеннер Е.К. Информатика: учеб. пособие для студ. пед. вузов. М.: Академия, 2014. – 162 с.
3. Практическая информатика: учебное пособие для средней школы. Универсальный курс. М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. – 142 с.
4. Романов В.П., Курбаков К.И., Партыка Т.Л., Попов И.И. Основы информатики: учебное пособие. М.: Экзамен, 2014. – 326 с.
5. Симонович С.В. Информатика: базовый курс. СПб.: Питер, 2015. – 128 с.

## СЕКЦИЯ 3.

### ЭЛЕКТРОНИКА

#### РАСЧЕТ НАГРЕВА МОЩНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ВОЗДУШНОМ ОХЛАЖДЕНИИ

*Медведев Валерий Александрович*

*канд. техн. наук, доцент  
Тольяттинского государственного университета  
РФ, г. Тольятти*

*Чапурина Ангелина Сергеевна*

*магистрант Тольяттинского государственного университета  
РФ, г. Тольятти  
E-mail: [a.chapurina@list.ru](mailto:a.chapurina@list.ru)*

#### CALCULATION OF HEATING POWER SEMICONDUCTORS WITH THE AIR COOLING

*Valery Medvedev*

*candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of Togliatti State University  
Russia, Togliatti*

*Angelina Chapurina*

*Undergraduate Togliatti State University  
Russia, Togliatti*

#### АННОТАЦИЯ

Задачей теплового расчета является определение основного параметра теплового режима температуры р-п структуры. При расчете температуры используется метод тепловых схем замещения. В известных методах возникает сложность в инженерных расчетах при

определении теплового сопротивления от поверхности контакта охладителя с прибором через радиатор в окружающую среду.

В статье предлагается способ упрощения путем замены теплового сопротивления на два последовательно включенных, что приводит к снижению времени расчета при сохранении точности.

### ABSTRACT

The objective of the thermal calculation is to determine the basic parameter of the heat mode temperature p-n structure. When calculating the temperature, the method of thermal equivalent circuits is used. In the known methods, there is a difficulty in engineering calculations when determining the thermal resistance of the contact surface with the cooling device through the radiator to the environment.

A way of simplifying the heat resistance by the replacement of two series-connected is offered which leads to reduction in computation time while maintaining accuracy in the article.

**Ключевые слова:** охладитель; полупроводниковый прибор.

**Keywords:** cooler; semiconductor device.

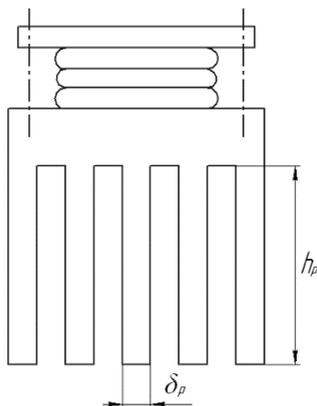
Основным показателем, характеризующим надежность работы полупроводникового преобразователя, является температура нагрева его силовых полупроводниковых приборов, главным образом р-п структуры, как наиболее критичной к повышенным температурам.

В современных преобразователях с воздушным охлаждением часто используются силовые полупроводниковые приборы таблеточного типа, установленные на охладителе с плоскими ребрами на плоской поверхности (рисунок 1).

В установившемся тепловом режиме температурное поле полупроводникового прибора и охладителя является функцией только пространственных координат. Основная часть тепловой мощности выделяется в зоне р-п структуры, имеющей высокое электрическое сопротивление. Сопротивление других составляющих полупроводникового прибора значительно ниже, так как они выполнены из металлов с высоким значением электрической проводимости. Полупроводниковый прибор даже в установившемся режиме подвержен переменной нагрузке из-за пульсирующего тока.

Поэтому импульсный характер потерь в них аппроксимируется средним значением потерь в приборе в течении некоторого интервала времени.

Расчетные методы определения потерь будем считать известными [3, с. 35]. Задачей теплового расчета является определение основного параметра теплового режима – температуры р-п структуры.



**Рисунок 1. Полупроводниковый прибор на охлаждающей поверхности**

Рассмотрим путь по которому происходит отвод тепла от зоны р-п структуры к охлаждающей среде. Непосредственно от зоны тепловыделения тепловой поток направляется к корпусу прибора, преодолевая тепловое сопротивление составляющих частей прибора (кристалла кремния, кристаллодержателя, вольфрамового диска и др.). Основная часть теплового потока, поступившего в корпус, направляется в охладитель, преодолевая при этом тепловое сопротивление теплопроводности охладителя и теплоотдачи от него в окружающую среду.

При расчете температуры р-п структуры часто используется метод тепловых схем замещения в основе которого лежит представление полупроводникового прибора и охладителя в виде системы однородных тел, связанных между собой соответствующими процессами теплообмена. Тепловая схема замещения полупроводникового прибора на охладителе, составленная в соответствии с вышеизложенными представлениями о распределении тепловых потоков, представлена на рисунке 2.

Здесь:  $P$  – тепловые потери, выделяемые в приборе;

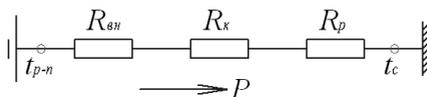
$R_{вн}$  – внутреннее тепловое сопротивление прибора;

$R_{к}$  – тепловое сопротивление контакта между поверхностью прибора и охладителем;

$R_p$  – тепловое сопротивление от поверхности контакта охладителя с прибором через радиатор в окружающую среду;

$t_{p-n}$  – температура нагрева p-n структуры;

$t_c$  – температура окружающей среды.



**Рисунок 2. Тепловая схема замещения полупроводникового прибора на охладителе**

В соответствии с законом Ома:

$$t_{p-n} = P \cdot (R_{вн} + R_к + R_р) + t_c \quad (1)$$

Внутреннее тепловое сопротивление  $R_{вн}$  в стационарном тепловом режиме для данного прибора является величиной постоянной и, как правило, приводится в паспортных данных на прибор.

Тепловое сопротивление контакта между корпусом и поверхностью охладителя  $R_к$  определяется характером теплопередачи в контактном слое и зависит от качества обработки контактирующих поверхностей, физико-механических свойств материалов, усилия в контакте, теплопроводящих свойств контактной смазки. Тепловое сопротивление  $R_к$  обычно определяется экспериментально и его значение указывается в справочниках по охладителям. Приблизительно сопротивление  $R_к$  можно рассчитать по формуле теплопередачи через плоскую стенку:

$$R_к = \frac{\delta_к}{\lambda \cdot S_к} \quad (2)$$

где:  $\delta_к$  – зазор между корпусом прибора и охладителем;

$S_к$  – поверхность контакта прибора и охладителя;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности воздуха или контактной смазки.

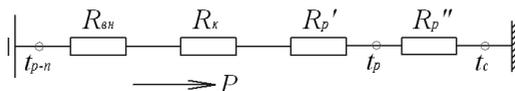
При передаче тепла от поверхности контакта через ребра охладителя к охлаждающей среде тепловой поток испытывает сопротивление  $R_р$ . Это тепловое сопротивление для разных типов

радиаторов рассчитывается по различным формулам с применением эмпирических графиков и таблиц [1, с. 68], что значительно усложняет расчет.

Мы предлагаем, для упрощения инженерных расчетов, это тепловое сопротивление разбить на два последовательно включенных (рисунок 3),

где  $R_p'$  – тепловое сопротивление теплопроводности радиатора;

$R_p''$  – тепловое сопротивление теплоотдачи от радиатора в окружающую среду.



**Рисунок 3. Преобразованная тепловая схема замещения полупроводникового прибора на охладителе**

Тепловое сопротивление теплопроводности радиатора:

$$R_p' = \frac{h_p}{\delta_p \cdot l_p \cdot n \cdot \lambda_p}, \quad (3)$$

где:  $h_p$  – высота ребра охлаждения охладителя;

$\delta_p$  – толщина ребра;

$l_p$  – длина ребра;

$n$  – количество ребер охлаждения;

$\lambda_p$  – коэффициент теплопроводности охладителя.

Если ребра охлаждения различаются по геометрическим размерам, то:

$$\frac{1}{R_p'} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{pi}'} = \sum_{i=1}^n \frac{h_{pi}}{\delta_{pi} \cdot l_{pi} \cdot \lambda_p} \quad (4)$$

Тепловое сопротивление теплоотдачи от охладителя в окружающую среду  $R_p''$  рассчитывается из тепловой характеристики охладителя, взятой из справочных данных, либо рассчитанной по геометрическим размерам радиатора [2, с. 20].

$$R_p'' = \frac{\Delta t_c}{P} \quad (5)$$

где:  $P$  – тепловая мощность, выделенная в приборе;

$\Delta t_s = t_p - t_c$  – превышение температуры нагрева охладителя над температурой окружающей среды при данной мощности.

Как показывает многолетний опыт, точность расчетов снижается не более чем на 10%, причем в сторону увеличения расчетной температуры р-п перехода по сравнению с реальной, а время, затрачиваемое на расчет уменьшается в несколько раз.

### Список литературы:

1. Дульнев Г.А. Теплообмен в радиоэлектронных устройствах. М.: Госэнергоиздат, 1963. – 291 с.
2. Медведев В.А. Конструирование полупроводниковых преобразователей: Учеб. пособие. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 299 с.
3. Резинский С.Р., Лабковский В.И. и др. Конструирование силовых полупроводниковых преобразовательных агрегатов. – М.: Энергия, 1973. – 288 с.

## О РЕЗУЛЬТАТАХ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ В АСУТП

**Соловьев Александр Михайлович**

канд. техн. наук, Академия ФСО России  
РФ, г. Орел

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

**Головин Артем Александрович**

Академия ФСО России,  
РФ, г. Орел

E-mail: [g.artemka@mail.ru](mailto:g.artemka@mail.ru)

**Кинденов Роман Константинович**

Академия ФСО России  
РФ, г. Орел

E-mail: [roman.kindenov@mail.ru](mailto:roman.kindenov@mail.ru)

## ON THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEMS RESEARCH MEANS OF MONITORING ELECTRONIC SITUATION IN PROCESS CONTROL

*Alexander Solovyov*

*cand. tehn. Sciences, Academia FSO Russia,  
Russia, Orel*

*Artem Golovin*

*Academia FSO Russia,  
Russia, Orel*

*Roman Kindenov*

*Academia FSO Russia,  
Russia, Orel*

### АННОТАЦИЯ

Целью исследования является обоснование возможности сокращения времени оценки текущего качества усилительной аппаратуры в АСУТП. Для достижения цели решены следующие задачи: 1) проведена оценка состояния вопросов моделирования усилительной аппаратуры и осуществлен выбор подхода к оценке ее качества функционирования; 2) разработана математическая модель низкочастотной усилительной аппаратуры для оперативной оценки ее качества функционирования; 3) предложена структура АСНИ и проведено моделирование процесса оценки качества функционирования низкочастотной усилительной аппаратуры.

### ABSTRACT

The aim of the article is to study the possibility of reducing the time of assessment of the current quality of low-frequency amplifiers in the control system. To achieve the goal following tasks: 1) assess the state of the simulation questions amplifying equipment and implemented the approach to assessing the quality of its functioning; 2) developed a mathematical model of the low-frequency amplifying apparatus for rapid assessment of the quality of its functioning; 3) the proposed structure of the ARS and modeling of the process evaluation of the quality of functioning of the low-frequency amplification equipment.

**Ключевые слова:** автоматизированная система научных исследований; средства мониторинга; автоматизированная система научных исследований.

**Keywords:** automated system of scientific research; monitoring tools; automated system research.

### Актуальность

Для эффективной организации и функционирования распределенных АСУТП важную роль играют средства мониторинга для дистанционного управления по радиоканалам (радиомониторинга). В настоящее время разработка, производство и внедрение реальных средств радиомониторинга находятся на стадии начальных разработок, потому что их эффективность во многом зависит от человеческого фактора, от участия оперативного персонала в оценках и принятиях решений при селекции и идентификации радиоизлучений, при контроле местоположения источников радиоизлучений и, главное, при оценке текущего качества функционирования аппаратных и программных компонентов средств радиомониторинга.

Другими словами, средства радиомониторинга требуют автоматизации всех отмеченных процессов, в том числе и процессов оценки качества их функционирования, потому что от этого зависит сама работоспособность АСУТП. Принято считать, что проблематика автоматизации процессов мониторинга наиболее эффективно исследуется и разрешается посредством создания соответствующих автоматизированных систем научных исследований или, сокращенно, АСНИ.

Однако, в известных АСНИ отсутствуют средства по разработке математических и формальных моделей, обеспечивающих автоматизацию процессов мониторинга АСУТП. Между тем, на стадии становления проработок в Укркосцентр радиочастот, г. Киев находятся разработки АСНИ по автоматизации процесса радиомониторинга, в *HanyWell* – автоматизации контроля качества функционирования средств нерадиомониторинговой принадлежности в контурах управления распределенной АСУТП. Но создание АСНИ для автоматизации процессов оценки качества функционирования средств радиомониторинга до настоящего времени остаётся практически не разработанной проблемой. Поэтому тематика исследования является актуальной [1, с. 31].

### **Автоматизация процессов оценки качества функционирования средств радиомониторинга**

Автоматизация процессов оценки качества функционирования средств радиомониторинга относится, прежде всего, к тракту дистанционного управления по радиоканалам, а точнее, к тракту от дистанционно расположенных датчиков до регуляторов. Основная задача этого тракта, фактически, восстановление или воспроизведение реальных сигналов с датчика и преобразование сигнала в форму приемлемую для ввода в гибридный сигнальный процессор регулятора.

Обеспечить работоспособность этого тракта означает обеспечить работоспособность всех его компонентов. И прежде всего компонентов, связанных с восстановлением или воспроизведением сигналов с дистанционно удаленных датчиков. Эту функцию выполняют радиотехнические средства участка приемных устройств и первичной обработки, в которых существенная роль отведена низкочастотной усилительной аппаратуре. Если модуляция, демодуляция и детектирование играют важную роль при передаче сигнала, то его восстановление, безусловно, определяется низкочастотной усилительной аппаратурой.

Именно она определяет качество формируемых сигналов, последующей обработкой которых и занимаются сигнальные процессоры и микроконтроллеры в цепях регулятора. При этом оценка качества текущего функционирования низкочастотной усилительной аппаратуры фактически по определению как встроенный функциональный контроль должна проводиться в структурах усилительной низкочастотной аппаратуры, связанной с цепями регулятора для последующего принятия требуемых управленческих решений.

### **Моделирование процесса оценки качества функционирования средств радиомониторинга**

Проведя анализ представлений моделей и эквивалентных схем низкочастотной усилительной аппаратуры (рис. 1, а) [1, с. 36], а также анализ известных АСНИ для схемотехнического моделирования [1, с. 31] (рис. 1, б), целесообразным является решение по созданию АСНИ в виде системы гибридного моделирования усилителя на основе плат *NI*, математических моделей усилительной аппаратуры и соответствующего программного обеспечения и программного обеспечения *National Instruments* с критерием оценки качества функционирования по равномерной метрике (рис. 1, в).

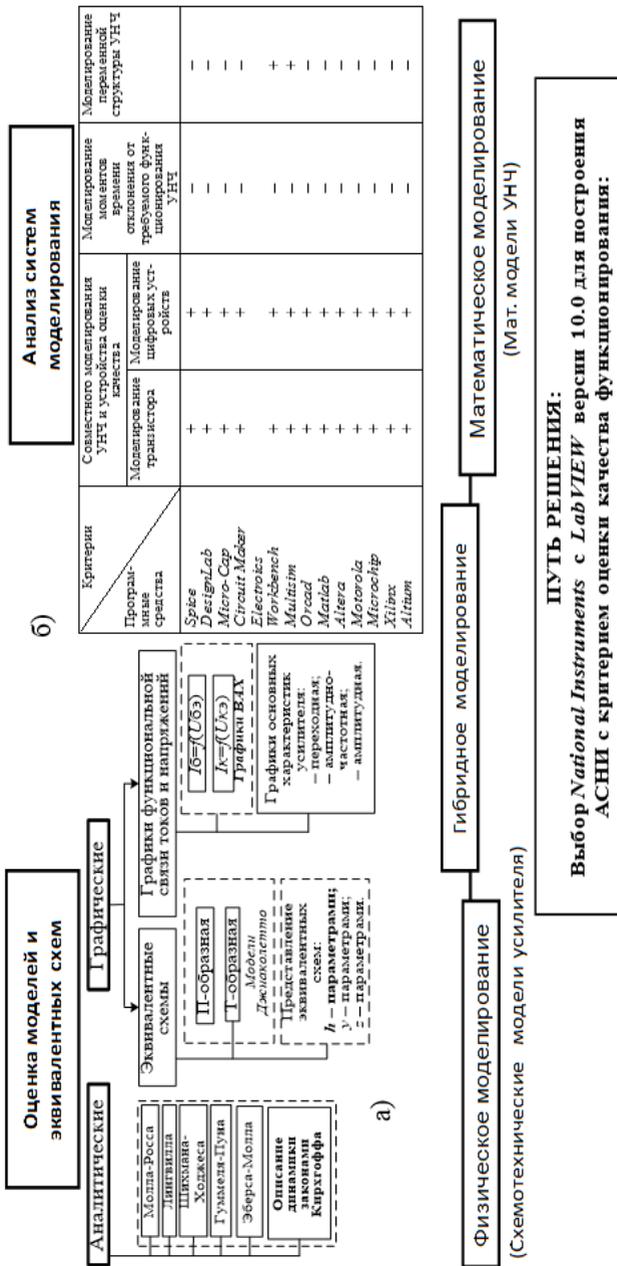


Рисунок 1. – Состояние вопросов моделирования усилителей; а) анализ представлений моделей; б) анализ известных АСНИ; в) выбор пути решения по созданию АСНИ



Основная идея построения математической модели усилительной аппаратуры основано на параллельном подключении устройства оценки качества к усилителю и учету входного и выходного импеданса при выводе коэффициента усиления, что и обеспечивает, фактически, встроенный функциональный контроль качества функционирования аппаратуры.

В целом для исследуемого четырехкаскадного усилителя получена формула коэффициента усиления [2, с. 71], то есть математическая модель усилителя по коэффициенту усиления, в которой ZПР1 и ZПР2 обуславливают ее новизну (рис. 2).

Предложенная математическая модель усилительной аппаратуры разработана на базе математической модели  $h$ -параметров  $p$ - $n$ - $p$  транзисторов, отличается учетом влияния входных и выходных цепей устройства оценки качества функционирования усилителя.

### **Автоматизированная система научных исследований средств радиомониторинга**

На основе предложенной модели усилительной аппаратуры и выбранного критерия оценки ее качества функционирования на основе равномерной метрики предложена обобщенная модель структуры устройства оценки качества (рис. 3), компонентами которой являются микропроцессорное устройство сбора, регистрации и сохранения состояний входов усилительной аппаратуры, микропроцессорное устройство сбора, регистрации и сохранения состояний выходов аппаратуры, микропроцессорное устройство формирования текущих функций преобразования аппаратуры [3, с. 44].



**Рисунок 3. Основные компоненты структуры устройства оценки качества функционирования низкочастотной аппаратуры**

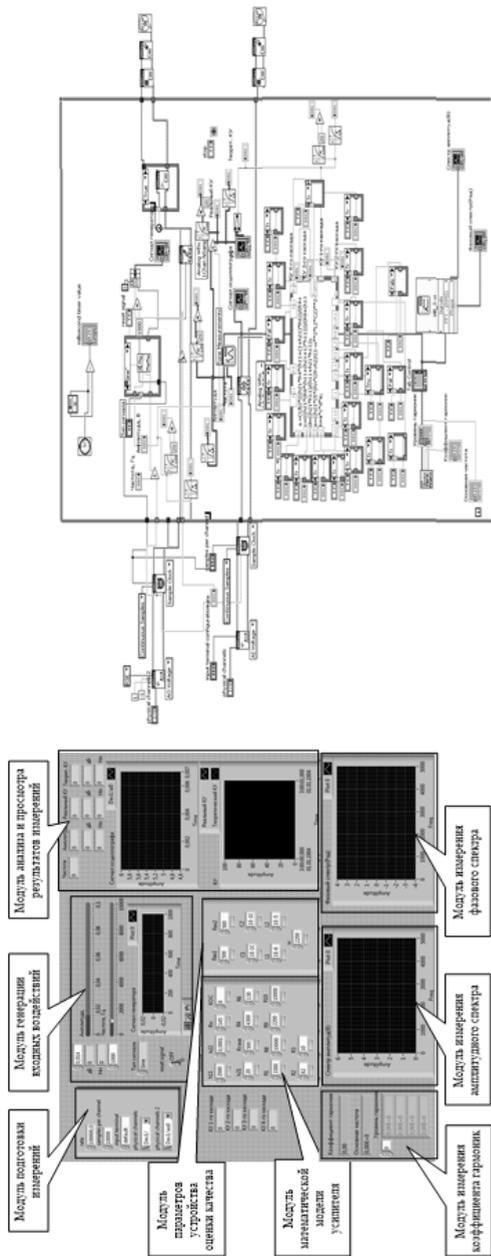
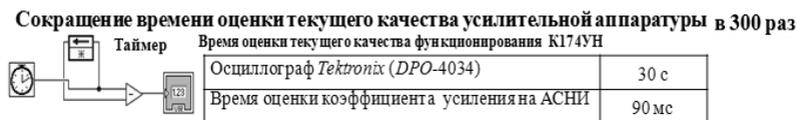


Рисунок 4. Автоматизированная система научных исследований:  
а) Состав АСНИ, б) Программное обеспечение АСНИ

Для окончательного формирования математических моделей и усилительной аппаратуры и устройства оценки качества предложена новая автоматизированная система научных исследований на основе *National Instruments* с *LabVIEW* версии 10.0. На рисунке 4, а представлена структура АСНИ с основными модулями оценки качества функционирования низкочастотной усилительной аппаратуры, а на рисунке 4, б – программная реализация АСНИ, дополненная блоками сопряжения с аппаратными модулями ввода-вывода DAQ6221.

Организация моделирования и исследования процессов оценки качества проводится соединением АСНИ и исследуемым усилителем с фиксацией времени оценки качества функционирования.

Моделирование на АСНИ показало, что разработанная модель (рис. 2) и реализованная структура устройства оценки качества (рис. 3) позволяет сократить время оценки коэффициента усиления усилителя более чем на два порядка (рис. 5) [2. с. 75].



**Рисунок 5. Результаты моделирования оценки времени оценки качества функционирования усилительной аппаратуры**

Таким образом, проведенные исследования доказывают возможность сокращения времени оценки отклонения от требуемого функционирования усилительной аппаратуры в АСУТП более, чем на два порядка.

### Список литературы:

1. Соловьев А.М. Автоматизированная система научных исследований : дис. ... канд. техн. наук. – Орел, 2015. – 211 с.
2. Соловьев А.М. О результатах исследования процесса оценки качества функционирования усилителей низкой частоты // Информационные системы и технологии. – 2014. – № 4 (84). – С. 69–78.
3. Раков В.И. О структурном контроле технических средств управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 12. – С. 44–48.

## СЕКЦИЯ 4.

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

#### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СВАРОЧНОГО КОМПЛЕКСА

**Левчук Алексей Юрьевич**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
технолог, компания «Теплодар»,  
РФ, г. Новосибирск  
E-mail: [ge.911@mail.ru](mailto:ge.911@mail.ru)*

**Скиба Вадим Юрьевич**

*канд. техн. наук, доцент,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

**Глейм Виктор Робертович**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

**Плотников Кирилл Павлович**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

**Ча Григорий Олегович**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

## PRODUCTION OF WATER HEATING BOILERS USING AUTOMATIC WELDING COMPLEX

**Aleksey Levchuk**

*master's Degree Student, Novosibirsk State Technical Univeristy,  
Technologist, Company "Tepلودar",  
Russia, Novosibirsk*

**Vadim Skiba**

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Novosibirsk State Technical Univeristy,  
Russia, Novosibirsk*

**Victor Gleym**

*master's Degree Student, Novosibirsk State Technical Univeristy,  
Russia, Novosibirsk*

**Kirill Plotnikov**

*master's Degree Student, Novosibirsk State Technical Univeristy,  
Russia, Novosibirsk*

**Gregory Cha**

*master's Degree Student, Novosibirsk State Technical Univeristy,  
Russia, Novosibirsk*

### АННОТАЦИЯ

В статье представлены: описания продукции, используемого оборудования и оснастки, часть технологического процесса изготовления продукции, способ усовершенствования конструкции изделий, подобранные расходные материалы и режимы сварки, способ автоматического отслеживания сварного шва. А так же опытно доказано увеличение производительности операции.

### ABSTRACT

The article presents description of the product, used equipment and tool, part of technological process of manufacturing products, the method of improving products construction, selected consumables and welding conditions, the method of automatic seam following. Increase of productivity operations is also proved.

**Ключевые слова:** автоматизация; сварка; водонагревательный котел.

**Keywords:** automatization; welding; water heating boiler.

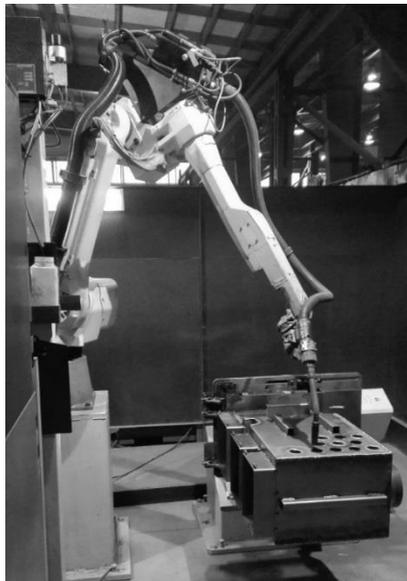
### Введение

Вопросам автоматизации сварочных процессов уделялось и уделяется в настоящее время значительное внимание. Эти вопросы отражены в содержании ряда научно-технических программ страны на текущий период [7; 10]. Они рассматривались в качестве основных задач по ускорению научно-технического прогресса и развитию науки и связывались в первую очередь с широким внедрением автоматизированных систем управления в различных областях хозяйственной деятельности. Успешное решение указанных задач имеет важное значение и для дальнейшего развития всего сварочного производства [1; 6; 8]. Целью данной работы является разработка технологических рекомендаций, для внедрения в серийное производство автоматизированного сварочного комплекса.

### Описание продукции и комплекса

В данной работе рассматривается автоматизация процесса сварки водогрейных котлов производства ООО «ПКФ Теплодар», схожих по конструкции и различающихся габаритами (Куппер ОК-15 – наименьшая модель, Куппер ПРО-42 – наибольшая). Корпус котла состоит из листовых деталей, толщиной 3 мм и трубного теплообменника, изготавливаемых из стали 08пс ГОСТ 9045-93, соединённых между собой посредством сварочного соединения тавровым и угловым односторонним швом без скоса кромок. Первоначальная технология изготовления продукции заключалась в полуавтоматической сварке, выполняемой работниками вручную. Далее представлены основные составляющие автоматизированного сварочного комплекса (рис. 1, 2):

- Сварочный манипулятор FANUC ARC Mate 120iC/12L [4]
- Контроллер FANUC R-30iB [3]
- Двухосевой позиционер FANUC грузоподъёмностью 500 кг [9]
- Источник питания KEMPPi KemparcPulse 450 (аппарат для сварки MIG/MAG) [2]



*Рисунок 1. Сварочный манипулятор и двухосевой позиционер с установленным на него изделием*



*Рисунок 2. Контроллер и источник питания*

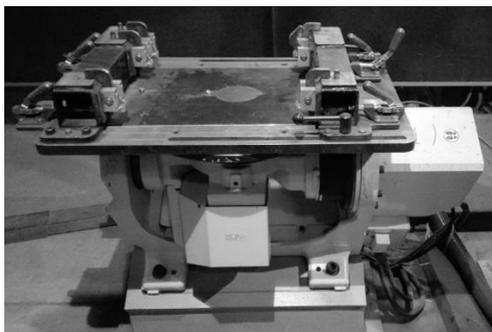
### **Внедрение (интеграция)**

Перед запуском проекта, в конструкцию изделий были добавлены соединения типа «шип-паз» для более точного позиционирования сварных швов в пространстве (рис. 3).



*Рисунок 3. Соединение типа «шип-паз»*

Перед установкой свариваемых элементов на позиционер, необходимо обеспечить их однозначное положение друг относительно друга, предварительно собрав сборочную единицу на «прихватки». Далее корпус устанавливается на специальное приспособление, установленное на двухосевом позиционере, при помощи кран-балки. Приспособление обеспечивает базирование котла при помощи четырёх цилиндрических пальцев, через отверстия в опорах, фиксация осуществляется при помощи четырёх рычажных зажимов (рис. 4).



*Рисунок 4. Приспособление для установки котла, располагающееся на двухосевом позиционере*

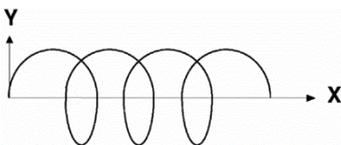
В процессе программирования особое внимание уделяется очерёдности сварки швов, для максимального снижения остаточных напряжений и деформаций.

В качестве расходных материалов используется присадочная проволока СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70 (с омеднённым покрытием), рекомендуемая для сварки деталей из стали 08пс ГОСТ 9045-93, а так же смесь защитных газов аргона и углекислого газа в количестве 82% и 18 % соответственно.

Назначение режимов сварки заключается в выборе напряжения, величины сварочного тока, расхода защитного газа, скорости перемещения сопла и траектории движения сопла вдоль шва. Так как типы швов на котле различны, то все параметры будут представлены в виде диапазонов. Для различных швов применяются 3 разные траектории движения сопла вдоль шва: прямая, линейное и радиусное поперечное колебание [5] (рис. 5, 6).



**Рисунок 5. Траектория линейного поперечного колебания**



**Рисунок 6. Траектория радиусного поперечного колебания**

От траектории зависит и скорость перемещения сопла, для линейного она составляет 9–10 мм/сек, а для линейно-колебательного и циркуля 5–7,5 мм/сек. Расход смеси защитных газов зависит от скорости сварки и варьируется от 10 до 15 л/мин. Для поддержания постоянного сопротивления дуги напряжение и сила тока варьируются от 18 до 25 В и от 80 до 200 А соответственно. Все эти значения были получены экспериментально.

В процессе сварки используется система отслеживания шва по дуге (TAST). TAST может осуществлять управление роботом для поддержания тока постоянной величины между сварочной проволокой и деталью. Поэтому, если деталь располагается от проволоки

на расстоянии, отличающемся от установленного программой, то робот автоматически исправляет собственную траекторию и обеспечиваются оптимальные режимы сварки. Система TAST позволяет роботу отслеживать сварной шов как по вертикали (между горелкой и деталью), так и по горизонтали (поперёк шва), посредством контроля изменения сварочного тока [5].

Так как к сварным швам предъявляются требования по герметичности, то контроль осуществляется методами капиллярной дефектоскопии.

Для снижения штучного времени изготовления, был приобретён и внедрен в технологический процесс второй двухосевой позиционер. Благодаря этому появилась возможность производить установку следующего изделия одновременно со сваркой.

### **Вывод**

Таким образом, внедрение в технологический процесс автоматизированного сварочного комплекса позволило увеличить производительность процесса сварки (один сварщик за 8-ми часовую смену изготавливает 6 внутренних корпусов котла, робот за такой же период времени – 12 шт.). Экспериментально установлено, что использование данной автоматизированной системы способствует улучшению качества сварных швов, что, в свою очередь, также сказывается на экономии времени, поскольку не требуется дополнительная доработка изделия после дефектоскопии.

### **Список литературы:**

1. Гладков Э.А. Автоматизация сварочных процессов: учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. – М.: Издательство ИГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 421 с.
2. Каталог продукции компании Kemppi [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://www.kemppi.com/inet/kemppi/ru/akp.nsf/frameset/Frameset?OpenDocument&left=/inet/kemppi/ru/akp.nsf/WEB\\_Nav?OpenView&navcat=Search&main=/inet/kemppi/frontpage.nsf/0/D19B6356C7D4C536C22574570038B542?opendocument&top=/inet/kemppi/ru/akp.nsf/Top?ReadForm&topcat=Product%20Info](http://www.kemppi.com/inet/kemppi/ru/akp.nsf/frameset/Frameset?OpenDocument&left=/inet/kemppi/ru/akp.nsf/WEB_Nav?OpenView&navcat=Search&main=/inet/kemppi/frontpage.nsf/0/D19B6356C7D4C536C22574570038B542?opendocument&top=/inet/kemppi/ru/akp.nsf/Top?ReadForm&topcat=Product%20Info) (дата обращения: 18.12.2015).
3. Контроллер R-30iB компании Fanuc [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.fanuc.eu/ru/ru/роботы/принадлежности/контроллер-r-30ib> (дата обращения: 18.12.2015).
4. Робот для дуговой сварки ARC Mate 120iC/12L компании Fanuc [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.fanuc.eu/ru/ru/роботы/страница-фильтра-роботов/дуговая-сварка/arcmate-120ic-12l> (дата обращения: 18.12.2015).
5. Серия роботов FANUC, Контроллер R-J3iC ARC TOOL, Руководство оператора.

6. Скиба В.Ю. Актуальные проблемы в машиностроении. Новосибирск, 2014. – 588 с.
7. Скиба В.Ю. Актуальные проблемы в машиностроении: сборник материалов первой международной научно-практической конференции // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. – 2014. – № 11 (66). – С. 83.
8. Скиба В.Ю., Корниенко Е.Е., Веселов С.В., Плотникова Н.В. Определение рациональных режимов электродуговой сварки стали 30ХГСА с помощью конечно-элементного моделирования в программном комплексе SYSWELD // Сборник научных трудов VI Межд. науч.-техн. конф. «Современная металлургия начала нового тысячелетия». Часть 1. Липецк: ЛГТУ, 2009. – С. 238–245.
9. Устройства позиционирования компании Fanuc [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.fanuc.eu/ru/ru/роботы/принадлежности/устройства-озиционирования> (дата обращения: 18.12.2015).
10. Actual Problems and Decisions in Machine Building / ed. by V.Yu. Skeebea. – Pfaffikon: Trans Tech Publ. – 2015. – 344 p.

## СЕКЦИЯ 5.

### ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

#### ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПРОЦЕССА РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ВОЗДУХА

**Зароченцев Владимир Михайлович**

канд. техн. наук, доцент,  
Северо-кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет),  
РФ, г. Владикавказ

**Болотаева Индира Ислановна**

канд. техн. наук, доцент,  
Северо-кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет),  
РФ, г. Владикавказ  
E-mail: [iibolotaeva@mail.ru](mailto:iibolotaeva@mail.ru)

**Ковалева Мария Александровна**

канд. техн. наук, доцент,  
Северо-кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет),  
РФ, г. Владикавказ  
E-mail: [mary\\_kovaleva@list.ru](mailto:mary_kovaleva@list.ru)

## APPLICATION OF NUMERICAL METHODS FOR THE AUTOMATED CALCULATION OF PROCESS OF RECUPERATION OF HEAT ENERGY OF AIR

*Vladimir Zarochencev*

*candidate of Science, assistant professor of North Caucasian Institute  
of Mining and Metallurgy (State Technological University),  
Russia, Vladikavkaz*

*Indira Bolotaeva*

*candidate of Science, assistant professor of North Caucasian Institute  
of Mining and Metallurgy (State Technological University),  
Russia, Vladikavkaz*

*Maria Kovaleva*

*candidate of Science, assistant professor of North Caucasian Institute  
of Mining and Metallurgy (State Technological University),  
Russia, Vladikavkaz*

### АННОТАЦИЯ

Определить область значений эффективного КПД и размеров теплообменного аппарата с использованием численных методов. Предложена методика автоматизации расчета для проектирования и анализа режимов работы установок рекуперации с использованием системы Mathcad.

### ABSTRACT

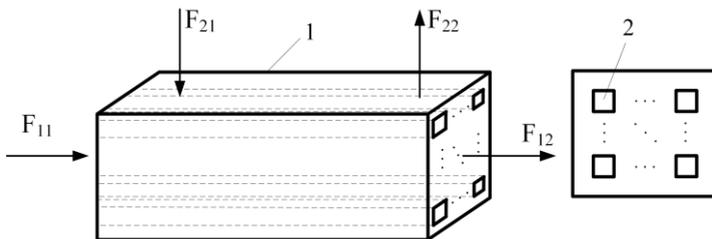
Value area is determine of values of effective efficiency and the sizes of the heat exchanging device by use of numerical methods. The automation of calculation for design and the analysis of mode of operation of device of recuperation with use of Mathcad system is proposed.

**Ключевые слова:** численный метод; автоматизированный расчет; теплообмен; рекуператор.

**Keywords:** numerical computing; automated calculation; heat exchange; recuperator.

При разработке полупромышленной установки рекуперации для изучения происходящих в ней процессов тепломассопереноса появилась необходимость разработать методику расчета параметров процесса, основанную на итерационных процедурах и, позволяющую

достаточно просто и эффективно определять параметры данного процесса для стационарного режима



**Рисунок 1. Установка рекуперации:  $F_{11}$  – поток горячего воздуха,  $F_{12}$  – поток охлажденного воздуха,  $F_{21}$  – поток нагретого вторичного воздуха,  $F_{22}$  – поток нагретого воздуха, 1 – кожух, 2 – трубы для теплообмена**

В подобной системе процесс теплопередачи происходит [2]:  
теплообмен между нагретым воздухом и трубами теплообменника

$$Q_{вн} = k_{тпвн} \cdot \Delta t_{вн} \cdot S_{вн}$$

где:  $k_{тпвн}$  – коэффициент теплопередачи;  
 $S_{вн}$  – внутренняя поверхность стенки;  
 $\Delta t_{вн}$  – разница температур между внутренней стенкой трубы и измеряемой трубой.

Теплообмен через стенки, как теплопередача в твердом теле

$$Q_{стен} = k_{тпт} \left[ (T_{вн} - T_{нар}) / d_{ст} \right] \cdot S_{ср}$$

где:  $T_{вн}$  – температура стенки трубы;  
 $T_{ср}$  – температура среды в трубе;  
 $d_{ст}$  – толщина стенки;  
 $S_{ср}$  – поверхность среды;  
 $K_{тпт}$  – коэффициент теплопередачи через стенки труб.

Процесс теплопередачи от внешних стенок труб в объем аппарата вторичного воздуха

$$Q_{внеш} = (T_{ст} - T_{вт.возд}) \cdot S_{вн.пов.тр.} \cdot k_{тпвп}$$

где:  $k_{тпвн}$  – коэффициент теплопередачи внешний;

$T_{ст}$  – температура стенки трубы;

$T_{вт.возд}$  – температура вторичного воздуха;

$S_{нр.пов.тр}$  – поверхность наружной поверхности трубы.

Пусть внешняя теплоизоляция хорошая и потери через кожух теплообменника незначительны, то можно считать, что

$$Q_{выт} = Q_{стен} = Q_{внеш} = P \cdot \eta$$

$P$  – мощность;

$\eta$  – КПД.

Примем допущения, что процессы теплопередачи линейны по длине теплообменника и для дальнейшего расчета и указанных выше уравнений будем использовать средние значения температура воздуха и труб по длине теплообменника.

Для расчета задаемся параметрами [1; 2]:

Мощность электронагревателя,  $P = 1000$ , Вт; дополнительный нагрев первичного воздуха,  $\Delta T = 200$ , °С; температура окружающего воздуха,  $T_{oc} = 25$ , °С; ширина сечения внутренней трубы теплообменника,  $w = 0,03$  м; толщина сечения внутренней трубы теплообменника,  $d = 0,0015$  м; коэффициент теплопередачи внутренней стальной трубы при 100 °С,  $k_{мнн} = 67,5$  Вт/м·°С; коэффициент конвективной теплопередачи для внешней поверхности труб,  $k_{тнпр} = 5$  Вт/м<sup>2</sup>·°С; коэффициент конвективной теплопередачи для внутренней поверхности труб повыше для вынужденного движения,  $k_{тпвн} = 10$  Вт/м<sup>2</sup>·°С; теплоемкость воздуха при 25 °С,  $C = 1006$  Дж/кг·°С; объем одного моля газа,  $V_m = 22,4 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/ моль; приближенный вес воздуха,  $M_v = 29 \cdot 10^{-3}$  кг/ моль; количество внутренних труб теплообменника,  $N = 9$  штук; коэффициент полезного действия,  $\eta = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ .

Для решения данной задачи в среде MathCad [3; 4] выполнен вычислительный эксперимент.

Рассчитаем общие параметры:

Количество первичного воздуха  $F_{v1} = \frac{P}{C \cdot \Delta T}$ ;  $F_{v1} = 4,97 \cdot 10^{-3}$ , кг/с.

Тогда объем первичного воздуха  $V1 = F_{v1} \frac{V_m}{M_v}$ ;  $V1 = 3,84 \cdot 10^{-3}$ , м<sup>3</sup>/с.

Задаем длину труб теплообмена  $L = (2 + j)$ , м.

где  $j = 0..4$ ;

Коэффициент полезного действия  $\eta = 0,5 + 0,1 \cdot i$ .

где  $i = 0..3$ .

Площадь внешней поверхности труб в зависимости от длины рассчитаем по формуле

$$S1(L) = N \cdot L \cdot (w + h) \cdot 2.$$

Площадь внутренней поверхности труб в зависимости от длины рассчитаем по формуле

$$S2(L) = N \cdot L \cdot (w + h - 4 \cdot ds) \cdot 2.$$

Тогда получим диапазон: площадь труб наружная –  $S1=2.16..6,48$  и внутренняя –  $S2=1,94..5,83$ .

Далее рассчитаем параметры теплопередачи от воздуха внутри труб к их стенкам, где поток конвективной теплопередачи от первичного воздуха к внутренней поверхности труб будет:

$$Q1(L, T1, T2) = S2(L) \cdot (T2 - T1) \cdot k_{\text{мвн}}.$$

Средняя температура воздуха внутри труб

$$T2(Tv1) = \frac{T_{oc} + \Delta T + Tv1}{2}.$$

Тогда температура на выходе из труб при заданном КПД приближенно

$$Tv1 = T_{oc} + \Delta T(1 - \eta), \text{ К.}$$

$$Tv1 = \begin{pmatrix} 398.15 \\ 378.15 \\ 358.15 \\ 338.15 \end{pmatrix}, \text{ К}$$

Задаемся начальным приближением температуры  $T_0 = 420$  К.

Определяем среднюю температуру на внутренних стенках труб при разном КПД с использованием встроенной функции *root*:

$$T_{cp,i,j} = \text{root}(Q1, L, T0, T2(Tv_i)) - P \cdot \eta_i, T0)$$

Средняя температура на внутренних стенках труб при разном КПД:

$$T_{cp} = \begin{pmatrix} 422.43 & 431.003 & 435.29 & 437.862 & 439.577 \\ 407.286 & 417.574 & 422.718 & 425.804 & 427.862 \\ 392.142 & 404.145 & 410.146 & 413.747 & 416.147 \\ 376.998 & 390.715 & 397.574 & 401.689 & 404.433 \end{pmatrix}, \text{ К}$$

Средняя температура воздуха внутри труб

$$T_2(T_v) = \begin{pmatrix} 448.15 \\ 438.15 \\ 428.15 \\ 418.15 \end{pmatrix}, \text{ К}$$

Рассчитаем количество вторичного воздуха - функцию температуры на выходе:

$$Q_2(S, T_3, T_m) = S \cdot (T_3 - T_m) \cdot k_{\text{тир}}.$$

где  $T_m(T_{v2}) = \frac{T_{oc} + T_{v2}}{2}$  - средняя температура вторичного воздуха в теплообменнике.

Тепловой поток конвекции от внешней поверхности труб:

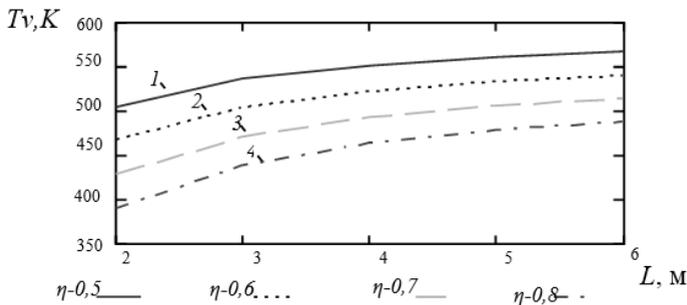
$$F_{21}(T_{v2}, Q_2) = \frac{Q_2}{C \cdot (T_{v2} - T_{oc})}.$$

$$V_{21}(T_{v2}, Q_2) = F_{21}(T_{v2}, Q_2) \frac{V_m}{M_v}.$$

Задаемся начальным приближением температуры  $T_2=500, \text{К}$ .

$$T_{v_{i,j}} = \text{root}(Q_2(S_2(L), T_3(T_{v1}), T_m(T_2) - P \cdot \eta_i, T_2)).$$

Температура вторичного воздуха на выходе



1 – КПД 0,5; 2 – КПД 0,6; 3 – КПД 0,7; 4 – КПД 0,8

**Рисунок 2. Изменение температуры вторичного воздуха на выходе при разной длине труб теплообменника в зависимости от КПД**

Массовый расход вторичного воздуха

$$F_{i,j} = F21(Tv_{i,j}, Q2(S2(L), T3(Tv1), Tm(Tv_{i,j}))) .$$

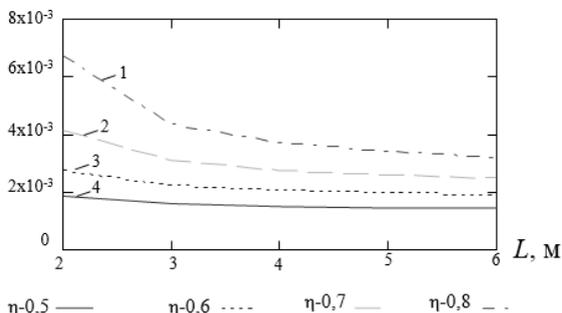
$$F = \begin{pmatrix} 2.396 \times 10^{-3} & 2.086 \times 10^{-3} & 1.959 \times 10^{-3} & 1.89 \times 10^{-3} & 1.847 \times 10^{-3} \\ 3.532 \times 10^{-3} & 2.896 \times 10^{-3} & 2.657 \times 10^{-3} & 2.532 \times 10^{-3} & 2.455 \times 10^{-3} \\ 5.338 \times 10^{-3} & 4.009 \times 10^{-3} & 3.565 \times 10^{-3} & 3.343 \times 10^{-3} & 3.21 \times 10^{-3} \\ 8.659 \times 10^{-3} & 5.631 \times 10^{-3} & 4.793 \times 10^{-3} & 4.4 \times 10^{-3} & 4.172 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Объемный расход вторичного воздуха

$$V_{i,j} = V21(Tv_{i,j}, Q2(S2(L), T3(Tv1), Tm(Tv_{i,j})))$$

$$V = \begin{pmatrix} 1.851 \times 10^{-3} & 1.611 \times 10^{-3} & 1.513 \times 10^{-3} & 1.46 \times 10^{-3} & 1.426 \times 10^{-3} \\ 2.728 \times 10^{-3} & 2.237 \times 10^{-3} & 2.053 \times 10^{-3} & 1.956 \times 10^{-3} & 1.896 \times 10^{-3} \\ 4.123 \times 10^{-3} & 3.097 \times 10^{-3} & 2.754 \times 10^{-3} & 2.582 \times 10^{-3} & 2.479 \times 10^{-3} \\ 6.689 \times 10^{-3} & 4.349 \times 10^{-3} & 3.702 \times 10^{-3} & 3.399 \times 10^{-3} & 3.222 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$V$ , м



1 – КПД 0,5; 2 – КПД 0,6; 3 – КПД 0,7; 4 – КПД 0,8

**Рисунок 3. Объемный расход вторичного воздуха при разной длине труб теплообменника в зависимости от КПД**

Из графиков на рисунках 2 и 3 видно, что при увеличении длины труб, до 4-х метров, эффективность установки растет, так как параметры процесса значительно изменяются. При большей длине труб – параметры изменяются незначительно, что говорит об избыточных затратах на увеличение размеров установки. Также и увеличение заданного КПД работы установки приводит к росту объемов перекачиваемого нагреваемого воздуха и понижение его температуры на выходе

Поэтому оптимальными можно считать в данных условиях длину труб  $3 \div 4$  м и КПД  $0,6 \div 0,7$ .

1. Для данной установки существуют области, где неэффективен теплообмен до трех метров, а после пяти метров – чрезмерна большая длина неэффективна.

2. Кпд для данной установки колеблется: при КПД < 60 % – медленная подача воздуха, а при КПД > 80 % температура воздуха слишком мала.

3. Приведенная методика расчета может быть использована для проектирования и анализа режимов работы установок рекуперации тепла нагретых газов и воздуха.

### Список литературы:

1. Енохович А.С. Справочник по физике. – М.: Просвещение, 1978. – 415 с.
2. Луканин В.Н. Теплотехника. – М.: Высшая школа, 2008. – 671 с.

3. Очков В.Ф. Mathcad-14 для студентов и инженеров: русская версия /В.Ф. Очков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 498 с.
4. Очков В.Ф. Теплотехнические этюды с Excel, Mathcad и Интернет. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 336 с.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ**

**Грачева Елена Ивановна**

*д-р техн. наук,  
доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»  
Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань  
E-mail: [grachieva.i@bk.ru](mailto:grachieva.i@bk.ru)*

**Наумов Олег Витальевич**

*канд. техн. наук,  
доцент кафедры «Электроэнергетические системы и сети»  
Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань  
E-mail: [311670@list.ru](mailto:311670@list.ru)*

**Садыков Руслан Рустемович**

*аспирант  
кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»  
Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань  
E-mail: [ru059@mail.ru](mailto:ru059@mail.ru)*

**Серпионова Татьяна Александровна**

*магистрант  
кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»  
Казанского государственного энергетического университета,  
РФ, г. Казань  
E-mail: [mega.pionova@mail.ru](mailto:mega.pionova@mail.ru)*

## PARAMETERS MODELING OF FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF SHOPFLOOR NETS

*Elena Gracheva*

*doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
of “Industrial Power Supply” Chair, Kazan State Power Engineering  
University,  
Russia, Kazan*

*Oleg Naumov*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of “Power Systems and Nets”, Kazan State Power Engineering University,  
Russia, Kazan*

*Ruslan Sadykov*

*post-graduate student of “Industrial Power Supply” Chair,  
Kazan State Power Engineering University,  
Russia, Kazan*

*Tatiana Serpionova*

*master’s Degree Student of “Industrial Power Supply” Chair,  
Kazan State Power Engineering University,  
Russia, Kazan*

### АННОТАЦИЯ

Предлагается разработка моделей основных функциональных параметров систем внутрицехового электроснабжения.

### ABSTRACT

The development of basic functional parameters models of intrashop electric power supply systems is offered.

**Ключевые слова:** вероятность функционирования; схемы цеховых сетей; эквивалентное сопротивление; потери мощности; потери электроэнергии.

**Keywords:** functioning probability; scheme of shopfloor nets; equivalent resistance; power loss; electric loss.

В настоящее время предъявляются всё более жесткие требования к условиям эксплуатации внутризаводских систем электроснабжения, это объясняется ростом стоимости оборудования и электроэнергии, повышением требований к качеству электроэнергии.

Пусть требуется оценить функциональные характеристики участка цеховой сети.

Сформулируем задачу следующим образом: рассматривается система, работоспособность которой определяется тремя параметрами функционирования  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$ , так что ее работа остается удовлетворительной, если величины этих параметров сохраняются в пределах:

$$A_1 > B_{1_1}, A_1 < B_{1_2}, \dots, A_3 > B_{3_1}, A_3 > B_{3_2},$$

где  $B_{i_1}$  и  $B_{i_2}$  определяют допустимые значения рабочего параметра  $A_i$  соответственно снизу и сверху.

В качестве системы приняты цеховые электрические сети различной конфигурации: радиальная, шинопровод, смешанная. Рабочими параметрами являются эквивалентное сопротивление участка сети  $R_{\text{экр}} = A_1$ , потери активной мощности на этом участке  $\Delta P = A_2$ , и потери электроэнергии  $\Delta W = A_3$

Сопротивление участка сети определяется маркой, сечением и длиной провода, температурой его токопроводящей жилы, являющейся функцией температуры окружающей среды и нагрузки провода [1]. При расчете сопротивления участка сети учитывается влияние температуры токопроводящих жил и сопротивлений контактных соединений коммутационных аппаратов:

$$R = r_{20} \cdot l \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)] + \sum_1^n r_n \quad (1)$$

где:  $r_{20}$  – сопротивление 1 м жилы провода при температуре 20 °С;

$l$  – длина линии;

$\alpha$  – коэффициент температурного увеличения сопротивления, равный для алюминия 0,00403 -с'

$T$  – температура жилы провода;

$r_n$  – сопротивление контактного соединения  $n$ -ого коммутационного аппарата.

Рассмотрим параметры кабельной линии марки АВВГ сечением  $S=25 \text{ мм}^2$  трехжильной, проложенной в воздухе, допустимая нагрузка  $I_{\text{доп}}$ , которой составляет 75 А. Допустимая температура нагрева жил кабеля с пластмассовой изоляцией  $T$  составляет 70 °С. Температура окружающей среды  $\theta_{\text{окр}}$  принята 20°С. Активное удельное сопротивление постоянному току для алюминия  $\rho_{20} =$

$0,0295 \frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$ . При подстановке значений для  $S=25 \text{ мм}^2$ ,  $I_{\text{доп}} = 75 \text{ А}$ ,  $T=70^\circ\text{C}$ ,  $\theta_{\text{окр}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{20} = 0,0295 \frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}$ ,  $\alpha = 0,00403 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  получим выражение для  $R$ :

$$R = \frac{\rho_{20}}{S} \cdot l \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)] + \sum_1^n r_n = \frac{\rho_{20}}{S} \cdot l \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot \left( \left( \frac{I}{I_{\text{доп}}} \right)^2 \cdot (T - \theta_{\text{окр}}) + \theta_{\text{окр}} - 20 \right) \right] + \sum_1^n r_n = \frac{0,0295}{25} \cdot l \cdot \left[ 1 + 0,00403 \cdot \left( \left( \frac{I}{75} \right)^2 \cdot (70 - 20) + 20 - 20 \right) \right] + \sum_1^n r_n, \text{ Ом} \quad (2)$$

Второй рабочий параметр  $\Delta P$  записывается в виде:

$$\Delta P = 3 \cdot I_p^2 \cdot R = 3,54 \cdot 10^{-3} \cdot l \cdot I_p^2 + 1,26 \cdot 10^{-7} \cdot l \cdot I_p^4 + 3 \cdot I_p^2 \cdot \sum_1^n r_n \quad (3)$$

где  $I_p$  – рабочий ток линии.

Третий рабочий параметр  $\Delta W$  определяется как:

$$\Delta W = \Delta P \cdot T_m = 14,16 \cdot l \cdot I_p^2 + 5,04 \cdot 10^{-4} \cdot l \cdot I_p^4 + 12 \cdot 10^3 \cdot I_p^2 \cdot \sum_1^n r_n \quad (4)$$

где  $T_m=4000 \text{ ч.}$  – время работы участка сети.

Далее рассматриваем примеры цеховой сети различной конфигурации:

1) Для радиальной схемы (рис. 1а):

$$R_{\text{экв}} = f(n, l_{cp}, I_p, r_k) = 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 4,2 \cdot 10^{-8} \cdot l_{cp} \cdot I_p^2 \cdot \frac{1}{n} + r_k \cdot \frac{1}{n};$$

$$\Delta P = 3,54 \cdot 10^{-3} \cdot I_p^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 1,26 \cdot 10^{-7} \cdot l_{cp} \cdot I_p^4 \cdot \frac{1}{n} + 3 \cdot r_k \cdot I_p^2 \cdot \frac{1}{n};$$

$$\Delta W = 14,16 \cdot I_p^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 5,04 \cdot 10^{-4} \cdot l_{cp} \cdot I_p^4 \cdot \frac{1}{n} + 12 \cdot 10^3 \cdot r_k \cdot I_p^2 \cdot \frac{1}{n};$$

2) Для шинпровода (рис. 1б) (шинпровод ШПР 73 УЗ,  $R_0=0$ ,  $15 \text{ Ом/км}$ ):

$$R_{\text{экв}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot l_{cp} + 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 4,2 \cdot 10^{-8} \cdot l_{cp} \cdot I^2 \cdot \frac{1}{n} + r_k \cdot \frac{1}{n};$$

$$\Delta P = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot I^2 \cdot l_{cp} + 3,54 \cdot 10^{-3} \cdot I^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 1,26 \cdot 10^{-7} \cdot l_{cp} \cdot I^4 \cdot \frac{1}{n} + 3 \cdot r_k \cdot I^2 \cdot \frac{1}{n};$$

$$\Delta W = 18 \cdot I^2 \cdot l_{cp} + 14,16 \cdot I^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 5,04 \cdot 10^{-4} \cdot l_{cp} \cdot I^4 \cdot \frac{1}{n} + 12 \cdot 10^3 \cdot r_k \cdot I^2 \cdot \frac{1}{n};$$

3) Для смешанной схемы (рис 1в):

$$R_{\text{экв}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n^2} + 4,2 \cdot 10^{-8} \cdot l_{cp} \cdot I^2 \cdot \frac{1}{n^2} + r_k \cdot \frac{1}{n^2};$$

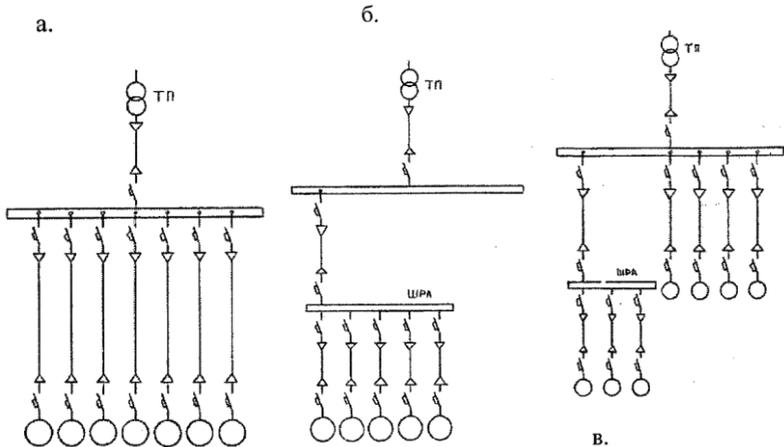
$$\Delta P = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot I^2 \cdot l_{cp} + 3,54 \cdot 10^{-3} \cdot I^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n^2} + 1,26 \cdot 10^{-7} \cdot l_{cp} \cdot I^4 \cdot \frac{1}{n^2} + 3 \cdot r_k \cdot I^2 \cdot \frac{1}{n^2};$$

$$\Delta W = 18 \cdot I^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n} + 14,16 \cdot I^2 \cdot l_{cp} \cdot \frac{1}{n^2} +$$

$$+ 5,04 \cdot 10^{-4} \cdot l_{cp} \cdot I^4 \cdot \frac{1}{n^2} + 12 \cdot 10^3 \cdot r_k \cdot I^2 \cdot \frac{1}{n};$$

где  $n$ ,  $I$ ,  $l_{cp}$  и  $r_k$  – эксплуатационные факторы.

В качестве эксплуатационных факторов приняты длина линии  $l_{cp}$ ,  $l_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}$  рабочий ток  $I_p$ , количество отходящих линий  $n$  и количество коммутационных аппаратов  $n_k$  на линии. Эксплуатационные факторы имеют следующие пределы варьирования: для длины линии 2–100 м, для рабочего тока 7,5–75 А, для количества отходящих линий 2–10 штук и для сопротивлений коммутационных аппаратов  $(4,65–186,1) \cdot 10^{-3}$  Ом при их количестве от одного до четырех,  $r_n = f(l_n) \cdot n_k$ .



**Рисунок 1. Примеры цеховой сети различной конфигурации: а – радиальная схема; б – шинопровод; в – смешанная схема**

В качестве коммутационных аппаратов рассматриваются автоматические выключатели марки АЕ 2056 с номинальным током 80 А. Система в процессе эксплуатации подвергается воздействию трех внешних возмущающих случайных факторов, в качестве которых приняты среднеквадратический коэффициент загрузки  $K_3$ , температура окружающей среды  $\theta_{o.c.}$  и время работы системы  $T_{раб.}$ . Законы распределения внешних возмущающих случайных факторов описываются нормальным законом распределения (закон Гаусса).

Нормальный закон распределения (закон Гаусса) является одним из наиболее распространенных законов распределения случайных величин, для которого плотность вероятности определяется:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma_t^2}}$$

где  $\sigma_t$  – статистическое среднее квадратическое отклонение случайной величины,

$$\sigma_t = \sqrt{D_t}$$

$D_t$  – статическая дисперсия случайной величины  $t$ ,

$$D_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_i - m_t)^2$$

$m_t$  – среднее значение случайной величины  $t$ ,

$$m_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

Для коэффициента загрузки  $K_3$ , варьируемого от 0,3 для 1,3, имеем:

$$m_t = \frac{1}{12} (0,3+0,3+0,5+0,75+1,0+1,2+1,3+1,3+1,2+1,0+1,0+1,0) = 0,9$$

$$D_t = \frac{1}{12} [2(0,3-0,9)^2 + (0,5-0,9)^2 + (0,75-0,9)^2 + 4(1,0-0,9)^2 + 2(1,2-0,9)^2 + 2(1,3-0,9)^2] = 0,119$$

$$\delta_t = \sqrt{0,119} = 0,345$$

$$K_{3(t)} = \frac{1}{0,345\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-0,9)^2}{0,238}}$$

Для остальных внешних возмущающих воздействий расчет аналогичен и имеем:

- для коэффициента  $K_3$ :

$$(0,5 \div 1,0) \quad K_{3(t)} = \frac{1}{0,179\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-0,742)^2}{0,065}}$$

$$(0,5 \div 1,3) \quad K_{3(t)} = \frac{1}{0,252\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-1,033)^2}{0,127}}$$

- для температуры окружающей среды  $\theta_{o.c.}$ :

$$(5 \div 35)^\circ\text{C} \quad \theta_{o.c.(t)} = \frac{1}{8,37\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-21,58)^2}{140,14}}$$

$$(5 \div 15)^\circ\text{C} \quad \theta_{o.c.(t)} = \frac{1}{3,99\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-9,166)^2}{31,94}}$$

$$(5 \div 25)^\circ\text{C} \quad \theta_{o.c.(t)} = \frac{1}{7,217\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-17,5)^2}{104,16}}$$

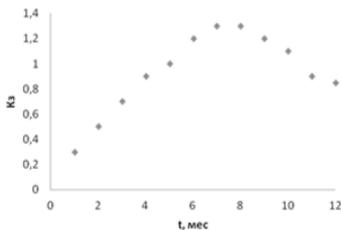
- для времени работы системы  $T_{\text{раб}}$ :

$$(83 \div 416) \text{ час} \quad T_{\text{раб}(t)} = \frac{1}{98,28\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-266)^2}{19321,5}}$$

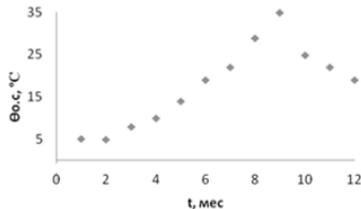
$$(127 \div 250) \text{ час} \quad T_{\text{раб}(t)} = \frac{1}{332,7\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-202)^2}{2138,4}}$$

$$(83 \div 416) \text{ час} \quad T_{\text{раб}(t)} = \frac{1}{98,84\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-266)^2}{17989,3}}$$

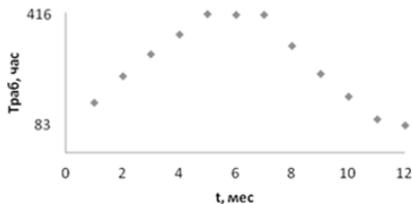
где  $t$  – порядковый номер месяца в году,  $1 \div 12$ .



а.

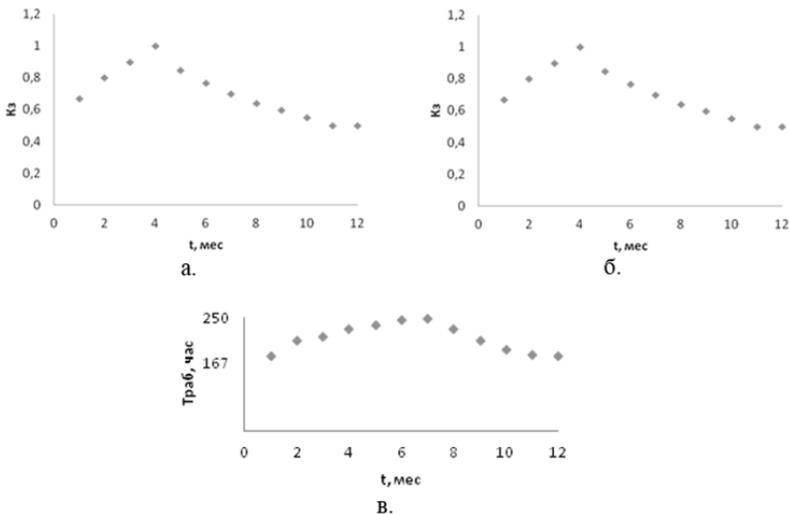


б.

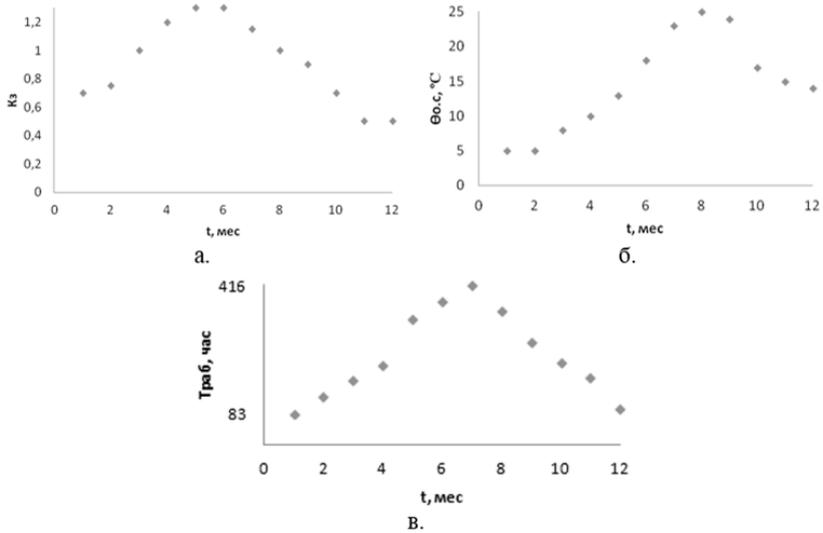


в.

**Рисунок 2. Интенсивности распределения внешних возмущающих воздействий в различных пределах варьирования: а – коэффициент загрузки изменяется в пределах  $(0,3 \div 1,3)$ ; б – температура окружающей среды –  $(5 \div 35)^\circ\text{C}$ ; в – время работы системы –  $(83 \div 416)$  час**



**Рисунок 3. Интенсивности распределения внешних возмущающих воздействий в различных пределах варьирования: а – изменение коэффициента загрузки ( $0,5 \div 1,0$ ); б – температуры окружающей среды ( $5 \div 15$ )  $^{\circ}\text{C}$ ; в – времени работы системы ( $167 \div 250$ ) час**



**Рисунок 4.** Интенсивности распределения внешних возмущающих воздействий в различных пределах варьирования: а – изменение коэффициент загрузки (0,5÷1,3); б – температуры окружающей среды (5÷25) °С; в – времени работы системы (83÷416) час

### Список литературы:

1. Грачева Е.И. Разработка регрессионных моделей для анализа и прогнозирования потерь электроэнергии в низковольтных сетях/ Е.И. Грачева, Т.А. Серпионова// Вестник КГЭУ. – 2015. – № 2(26). – С. 45–51.

## СЕКЦИЯ 6.

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ МЕТАЛЛА УДЛИНЕННЫХ СДВОЕННЫХ СЛИТКОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЫХ ПОКОВОК

**Гаманюк Сергей Борисович**

*канд. техн. наук, доцент  
Волгоградского государственного технического университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [gamanuk@mail.ru](mailto:gamanuk@mail.ru)*

**Руцкий Дмитрий Владимирович**

*канд. техн. наук, доцент  
Волгоградского государственного технического университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [tecmat@vstu.ru](mailto:tecmat@vstu.ru)*

**Зюбан Николай Александрович**

*д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Технология материалов»  
Волгоградского государственного технического университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [tecmat49@vstu.ru](mailto:tecmat49@vstu.ru)*

## RESEARCH OF CHEMICAL HETEROGENEITY EXTENDED DUAL METAL BARS USED FOR HOLLOW FORGINGS

*Sergey Gamanyuk*

*cand. techn. sciences, associate professor  
of Volgograd State Technical University, Russia, Volgograd*

*Dmitry Rutskii*

*cand. techn. sciences, associate professor  
of Volgograd State Technical University, Russia, Volgograd*

*Nikolai Zyuban*

*doctor of technical sciences, Professor,  
Head of Department "Materials Technology"  
Volgograd State Technical University,  
Russia, Volgograd*

*Исследование выполнено в рамках конкурса СП-2015  
(СП-4573.2015.1).*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье авторы приводят результаты исследования химической неоднородности металла удлиненных сдвоенных слитков и получаемых из них полых поковок. Из представленных результатов видно, что поковки, изготовленные из опытных сдвоенных и сравнительных слитков обычной геометрии, имеют более однородный химический состав. Заготовки из удлиненного сдвоенного прибыльного слитка характеризуются более равномерным содержанием углерода по высоте, что упрощает режим окончательной термической обработки и исключает необходимость проведения дифференцированного отпуска крупногабаритных изделий, изготавливаемых из слитков большой массы.

### ABSTRACT

In this article, the authors present the results of the study of chemical heterogeneity of the elongated metal bars and double derived from these hollow forgings. From these results, it is seen that the forging produced from experimental and comparative dual ingots conventional geometry have a homogeneous composition. Bars of elongate double profitable ingot characterized by a uniform carbon content adjustment, which simplifies

the treatment of the final heat treatment and eliminates the need for bulky differentiated holiday products made from ingots of large mass

**Ключевые слова:** слиток; химическая неоднородность; кристаллизация; сера; фосфор; углерод; ликвация.

**Keywords:** ingot; chemical inhomogeneity; crystallization; sulfur; phosphorus; carbon; segregation.

Длительность изготовления уникальных особоотвественных крупногабаритных изделий, от составления технического задания до получения готовой продукции, может достигать нескольких месяцев, при этом до получения готового изделия оно проходит несколько этапов металлургического передела: разливка и затвердевание, ковка, термическая обработка, механическая обработка. На каждом из которых возможно образование дефектов, значительное развитие которых может привести к отбраковке изделия на этапах передела. Заготовкой для получения уникальных крупногабаритных поковок, является кузнечный слиток, масса его может достигать 900 т, продолжительность затвердевания крупных слитков (в зависимости от массы) может составлять 7 более суток. При затвердевании крупных слитков значительное развитие получают явления ликвации и усадки, которые приводят к значительной химической и физической неоднородности литого металла слитка и как следствие ухудшению качества металла, получаемых из него поковок [1; 2].

Для повышения качества крупногабаритных поковок необходимо получить крупный слиток с минимальным развитием дефектов. В настоящее время для производства полых поковок предлагают использовать полые слитки, применение которых позволяет снизить трудоемкость процессаковки путем исключения таких операций как, закатка прибыли под патрон, осадка, прошивка. Исключение операций свободнойковки позволяет значительно сэкономить энергию и трудозатраты на стадииковки.

Применение полых слитков для получения полых поковок применяется не на всех машиностроительных предприятиях. Ограничение использования связано со сложностью организации направленности процесса затвердевания полых слитков. При неудовлетворительной организации направленности процесса затвердевания, вызванной особенностями применения различных конструкций стержня и литейной оснастки, могут получать значительное развитие

явления ликвации и усадки и как следствие значительное развитие дефектов усадочного и ликвационного происхождения [3; 4].

Сложности получения полого слитка высокого качества являются причиной ограниченного его применения в условиях промышленного производства. В настоящее время на машиностроительных предприятиях специализирующихся на производстве поковок ответственного назначения для получения полых поковок используют удлиненные слитки (H/D более 2,5) отливка которых производится в неразъемные изложницы.

При этом возможность получения нескольких поковок из одного слитка ограничена из-за развивающейся в крупном прибыльном слитке химической и физической неоднородностей, являющихся причиной неоднородности механических свойств по длине и сечению поковок. Из этих соображений полые поковки ответственного назначения изготавливаются, как правило, по схеме один слиток – одна поковка.

Для решения данной проблемы к освоению предлагаются кузнечные слитки, отливаемые в имеющиеся на заводах изложницы. Для длинномерных полых гладких и ступенчатых деталей предлагается использовать двоянные слитки, отливаемые в составную из двух полуформ изложницу с прямой и обратной конусностью, соответственно в верхней и нижней частях [1; 2; 5]. В качестве полуформ могут использоваться существующие на предприятии изложницы, соосно устанавливаемые друг на друга и сопрягаемые со стороны максимальных внутренних диаметров.

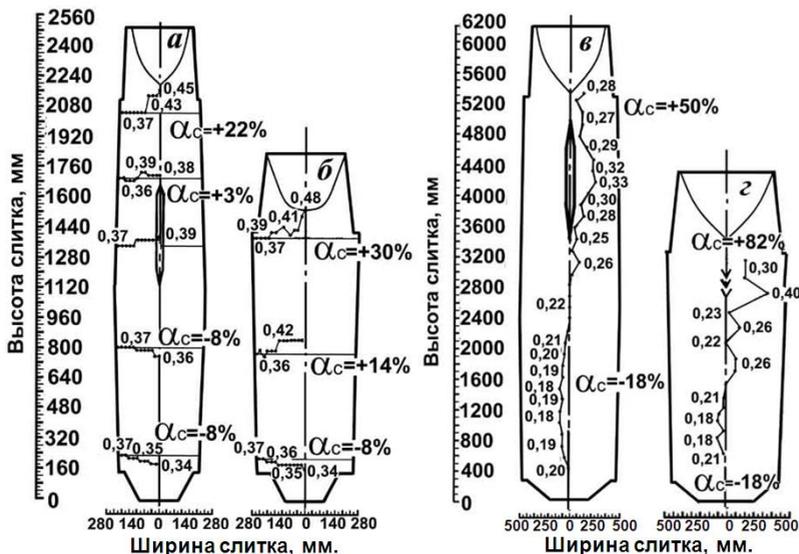
В данной статье авторы приводят результаты исследования химической неоднородности металла удлиненных двоянных слитков и получаемых из них полых поковок.

Для проведения данных исследований были отлиты удлиненные двоянные слитки. После разливки и затвердевания из слитков были изготовлены продольные осевые темплеты. На образцах, вырезанных с различных горизонтов слитка отбирались пробы для химического анализа. Химический анализ образцов проводился спектральным методом, на приборе ARC-Met 930 погрешность измерений соответствовала ГОСТ 18895–97.

На рисунке 1 представлены фактические значения химической неоднородности в удлиненных двоянных слитках массой 2,99 т и 51 т, и обычных прибыльных слитках – массой 2,88 т и 50 т.

В удлиненном слитке массой 2,99 т суммарная ликвация углерода составляет 30 %, а в обычном прибыльном слитке массой 2,88 т – 38 % соответственно.

В слитках большей массы 50 и 51 т химическая неоднородность удлиненного слитка ( $\Sigma c=68\%$ ) заметно меньше, чем обычного слитка ( $\Sigma c=100\%$ ). Суммарная ликвация углерода в удлиненном слитке в 1,5 раза меньше, чем в обычном.

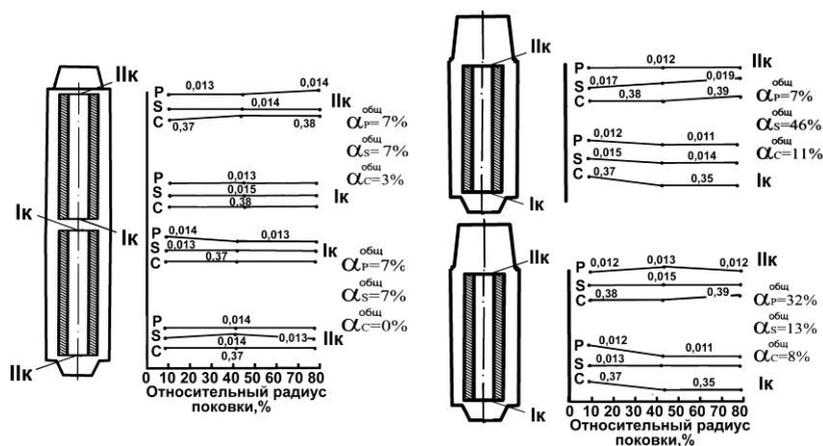


**Рисунок 1. Химическая неоднородность удлиненных сдвоенных и сравнительных прибыльных слитков обычной геометрии.**  
 а – слиток 2,99 т сталь марки 38ХНЗМФА; б – слиток 2,88 т сталь 38ХНЗМФА; в – слиток 50 т сталь 20; г – слиток 51 т сталь 20

Высокая химическая однородность сдвоенных слитков обусловлена тем, что из-за большего развития площади охлаждающей поверхности в сдвоенных слитках значительное развитие получает горизонтальная составляющая затвердевания, которая вследствие высокого температурного градиента имеет высокую скорость продвижения, что подавляет ликвационные процессы и приводит к скоплению примесей вблизи усадочной раковины. Более равномерное распределение примесей по высоте и сечению удлиненных сдвоенных слитков и протяженная усадочная раковина, сосредоточенная в осевой части слитка способствуют применению этих слитков для получения полых поковок.

С учетом выявленных особенностей строения и механизма затвердевания удлиненных сдвоенных слитков, на ПО «Баррикады» была проведена опытная отливка слитков новой геометрии (сдвоенные прибыльные двухконусные с прямой и обратной конусностью соответственно в верхней и нижней части) массой 42,26 т (H/D~4) с последующим изготовлением из них 2-х заготовок с выходом годного 66 %. Ранее эти изделия изготавливались из слитков массой 24,2 т (H/D~2) с выходом годного металла в поковку 58 %. Химическая неоднородность заготовок оценивалась по сечению проб отобранных с первого Iк (донная часть) и второго IIк (верхняя часть слитка) конца поковок (рисунок 2).

Химическая неоднородность заготовок, полученных из сдвоенных слитков выше, чем в сравнительных. Ликвация по углероду снизилась в 4 раза, по сере и фосфору, в среднем, в 3 раза (рисунок 2).



**Рисунок 2. Химическая неоднородность заготовок из удлиненного сдвоенного прибыльного и обычного слитков**

Из представленных результатов видно, что поковки, изготовленные из опытных сдвоенных и сравнительных слитков обычной геометрии, имеют более однородный химический состав. Заготовки из удлиненного сдвоенного прибыльного слитка характеризуются более равномерным содержанием углерода по высоте, что упрощает режим окончательной термической обработки и исключает необходимость проведения дифференцированного отпуска крупногабаритных изделий, изготавливаемых из слитков большой массы.

### **Заключение**

Увеличение Н/D до 4,0 приводит к уменьшению химической неоднородности слитков, как малой массы 1,7 т, так и большой массы 50 т. В удлиненных сдвоенных слитках развитие химической неоднородности меньше в 1,3–3 раза, чем в обычном прибыльном слитке (Н/D~2,0).

Использование удлиненных сдвоенных прибыльных слитков для производства полых поковок позволило снизить химическую неоднородность в изделиях в 4 раза. Использование сдвоенного слитка массой 42,26 т., для получения трубных длинномерных заготовок позволило повысить выхода годного металла в поковку на 8 %.

### **Список литературы:**

1. Жульев С.И. Оптимизация процессов производства кузнечных слитков для поковок ответственного назначения с использованием САПР-технологий : дис. ... докт. техн. наук. – В., 1991. – 372 с.
2. Руцкий Д.В. Ликвация в крупных кованных изделиях / Д.В. Руцкий, С.И. Жульев, К.Е. Титов // Проблемы черной металлургии и материаловедения. – 2008. – № 2. – С. 21–27.
3. Федоров Д.Н. Исследование усадочных дефектов в удлиненных сдвоенных бесприбыльных слитках и их использование для производства крупных полых поковок : дис. ... канд. техн. наук. – В., 2005. – 166 с.
4. By Sang-Hun OH A Study on the Fabrication of a Large Hollow Ingot by CAE / By Sang-Hun OH, Jung Namkung, Seog-Ou, Cho, Dong-Hee Lee // 18th International Forgemasters Market and Technical Proceedings, Pittsburgh, PA. – 2011, USA. – P.179 – 182.
5. Nazaratn V.V., Analysis of technologies used to make hollow ingots and prospects for their improvement / V.V. Nazaratn, O.A. Kobelev, M.V. Efimov, A.A. Selyutin, P.M. Yavtushenko // Metallurgist. – 2013. Vol. 56, Nos. 9–10.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ НАСТРОЙКИ  
ИЗГИБНО-РАСТЯЖНОГО ОКАЛИНОЛОМАТЕЛЯ  
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СКОРОСТНОГО РЕЖИМА  
НЕПРЕРЫВНО-ТРАВИЛЬНОГО АГРЕГАТА,  
СОВМЕЩЕННОГО С ПРОКАТНЫМ СТАНОМ**

***Румянцев Михаил Игоревич***

*канд. тех. наук, профессор,  
кафедра технологий обработки материалов  
ФГБОУ ВПО МГТУ «им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Зелинов Иван Дмитриевич***

*магистрант 1 курса, кафедра технологий обработки материалов  
ФГБОУ ВПО МГТУ «им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [60w51a02g50@mail.ru](mailto:60w51a02g50@mail.ru)*

***Новицкий Игорь Олегович***

*магистрант 1 курса, кафедра технологий обработки материалов  
ФГБОУ ВПО МГТУ «им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [igor\\_novitckii@mail.ru](mailto:igor_novitckii@mail.ru)*

***Зелинова Юлия Александровна***

*магистрант 1 курса, кафедра технологии машиностроения  
ФГБОУ ВПО МГТУ «им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [juliachekanova@mail.ru](mailto:juliachekanova@mail.ru)*

**IMPROVING MODEL FOR SETTINGS THE SCALE  
BREAKER IN AUTOMATICAL COMPUTER-ASSISTANT  
ENGINEERING OF WORKING PATTERN OF SPEED  
N CONTINUOUS PICKLING LINE COMBINED  
WITH THE ROLLING MILL**

**Mikhail Rumyantsev**

*candidate of Science, Professor Department of Material processing  
Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
Russia, Magnitogorsk*

**Ivan Zelinov**

*1st year undergraduates, Department of Material processing  
Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
Russia, Magnitogorsk*

**Igor Novitsky**

*1st year undergraduates, Department of Material processing  
Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
Russia, Magnitogorsk*

**Julia Zelinova**

*1st year undergraduate, Department of Mechanics  
Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
Russia, Magnitogorsk*

**АННОТАЦИЯ**

Известная ранее модель определения времени стравливания окалины в промышленном растворе соляной кислоты уточнена за счет учета снижения массы окалины в результате обработки горячекатаной полосы в изгибно-растяжном окалиноломателе (ИРО). Получены уравнения регрессии для выбора режима работы ИРО, обеспечивающего разрушение слоя окалины.

**ABSTRACT**

Specified previously known model for determining the time scale stripping in industrial hydrochloric acid by taking into account the weight reduction of scale as a result of the processing the hot rolled strip in the stretch-bending scale breaker. Regression equations for working patter of scale breaker ensuring the destruction of the scale layer are received.

**Ключевые слова:** автоматизированное проектирование; холодная прокатка; непрерывный травильный агрегат, совмещенный со станом холодной прокатки; режим холодной прокатки; окалиноломатель.

**Keywords:** automatical engineering; cold roll; pickling line tandem cold mill; working patten of cold roll; the scale breaker.

Задача разработки режима прокатки имеет важное значение при создании и совершенствовании технологий, а также при оценивания возможностей оборудования для выпуска новых видов листового проката. Важность подобной задачи возрастает применительно к технологическим агрегатам, в которых собственно прокатка совмещается с другими процессами обработки металла. Одним из подобных примеров является агрегат, в котором объединены непрерывный агрегат турбулентного травления в соляной кислоте (PL) и непрерывный пятиклетевой стан холодной прокати 2000 (TCM 2000). Совмещенный агрегат (PLTCM 2000) предназначен для получения холоднокатаных полос из марок стали различных типов (LC, HSLA, IF-HSS, BH, DP, CP, TRIP) толщиной 0,28–3,0 и шириной 850–1850 мм в рулонах массой до 35 т. Исходной заготовкой являются очищенные от окалины горячекатаные полосы толщиной 1,2–6,0 мм. Скорость полосы в травильных ваннах может достигать 4,7 м/с, а максимальная скорость прокатки 25 м/с. [1].

Совмещение TCM и PL определяет необходимость решения ряда задач по согласованию режимов работы НТА и непрерывного стана. Среди них – выбор таких режимов травления горячекатаного подката и собственно процесса прокатки, которые обеспечат выполнение производственной программы агрегата при условии предотвращения дефектов холоднокатаных полос. С наименьшими издержками указанные задачи могут быть решены путем сочетания анализа фактических режимов работы совмещенного агрегата с применением автоматизированного проектирования для поиска решений по их улучшению в случае необходимости [2–3].

Скорость установившегося процесса прокатки в последней клетки  $v_{уст}^{(к)}$  стана, совмещенного с травильным агрегатом, обуславливается толщиной подката  $H$  и прокатанной полосы  $h_k$ , а также скоростью  $v_{тр}$  движения полос подката через травильные ванны

$$v_{уст}^{(к)} = v_{тр}(H_0/h_k). \quad (1)$$

Величина  $v_{\text{тр}}$  определяется необходимостью качественного удаления окалины в травильном модуле. Для уточнения модели согласованного скоростного режима травления и прокатки исследовали влияние температуры раствора  $t_{\text{тр}}$ , концентрации кислоты  $[HCl]$  и соли  $[FeCl_2]$  на время стравливания окалины  $\tau_{pt}$  [1]. Образцы толщиной 2,0–3,6 мм отбирали от полос из стали марок 08пс, 08ГСЮТ, DC01, 006/IF, H220P и HX340LAD. Для каждой толщины и марки стали производили 9 опытов, варьируя параметры раствора в следующих пределах:  $[HCl]=44-184$  г/л,  $[FeCl_2]=45-230$  г/л и  $t_{\text{тр}}=40-80$  °С. Всего было произведено 81 наблюдение, которые охватили диапазон температур конца прокатки  $t_{\text{кп}}=840-890$  °С и смотки  $t_{\text{см}}=530-730$  °С, и позволили получить следующие аппроксимации:

$$\tau_{pt} = 2,1 \cdot 10^8 \cdot [HCl]^{-2,069} [FeCl_2]^{1,437} t_{\text{тр}}^{-3,757} (m_{sc})^{0,727}, \text{ с} \quad (2)$$

$(R^2=0,822; F_p=40,634; F_{95}=6,35)$

$$m_{sc} = 70,438 - 114,533(C^*)^2 + 3299,271(LA^*)^2 + 123,434 \left(\frac{t_{\text{см}}}{100}\right)^2 - 128,853 \left(\frac{t_{\text{кп}}}{100}\right)^2; \quad (3)$$

$(R^2=0,775; F_p=46,3356; F_{95}=6,35)$

где:  $m_{sc}$  – масса окалины, г/м<sup>2</sup>;

$R^2$  – показатель достоверности аппроксимации;

$F_p$  и  $F_{95}$  – расчетное и табличное (при доверительной вероятности 95%) числа Фишера;

$C^* = C + Mn/6 + Si/3$  – углеродный эквивалент, %;

$LA^* = Ti + Mo + V + Nb$  – суммарное содержание микролегирующих элементов, %.

Выражение (3) отображает зависимость массы окалины от химсостава стали и температурного режима горячей прокатки. Однако в линии агрегата PLTSM 2000, перед поступлением в ванны с травильным раствором, полоса подвергается пластической деформации изгибом и растяжением в окалиноломателе (ИРО) и при этом некоторое количество окалины ( $\Delta S_{sc}$ , %) отслаивается, что приводит к уменьшению массы окалины от  $m_{sc}$  до  $m'_{sc}$

$$m'_{sc} = \left[ 0,05 \cdot \left( 1 - \frac{\Delta S_{sc}}{100} \right) + 0,95 \right] \cdot \left[ 290 \cdot \left( 1 - \frac{\Delta S_{sc}}{100} \right) + 5937,5 \right] \cdot \frac{m_{sc}}{6230,5} \quad (4)$$

Таким образом, расчет продолжительности стравливания окалины по формуле (2) необходимо выполнять с использованием величины  $m'_{sc}$ , определяемой по зависимости (4).

Известно [4], что уменьшение массы окалины связано с величиной удлинения полосы  $\varepsilon$  в ИРО. На основании результатов физического моделирования, выполненного А.П. Будановым, была получена следующая зависимость:

$$\Delta S_{sc} = 225,2 + 16,923\varepsilon - 9,227 \frac{D_p}{H} + 0,0952 \left( \frac{D_p}{H} \right)^2, \quad (5)$$

где ...

При этом максимальная величина  $\Delta S_{sc}$  наблюдается при удлинении

$$\varepsilon = 2,758 \ln \left( \frac{D_p}{H} \right) - 7,658, \%, \quad (6)$$

которому соответствует перекрытие роликов

$$\Delta_p = 8,882H \left( 0,068 \frac{D_p}{H} - 1 \right), \text{ мм} \quad (7)$$

Результаты наблюдений за реальным процессом агрегата PLTCM 2000 показали, что рациональное удлинение полосы и рациональная величина перекрытия роликов зависят не только от толщины полосы и диаметра роликов ИРО, но, так же, и от ширины полосы и предела текучести металла. С помощью программы STATISTICA, на основании практических данных построили следующие зависимости:

рациональное удлинение полосы

$$\begin{aligned} \varepsilon = & 1,585 - 0,000434 \frac{B}{H} + 0,000179 \left( \frac{D_p}{H} \right)^2 - 0,000974 \sigma_T \\ & - 0,000006 \frac{B D_p}{H^2} - 0,0000005 \frac{B \sigma_T}{H} \\ & + 0,000011 \frac{D_p \sigma_T}{H} \end{aligned} \quad (8)$$

( $R^2=0,983$ ;  $F_p=3706,4128$ ;  $F_{95}=2,12$ )

рациональная величина перекрытия изгибающих роликов

$$\frac{\Delta_p}{H} = -3,86414 + 0,63911 \frac{D_p}{H} - 0,0055 \frac{B}{H} - 3,13754 \varepsilon^2 \quad (9)$$

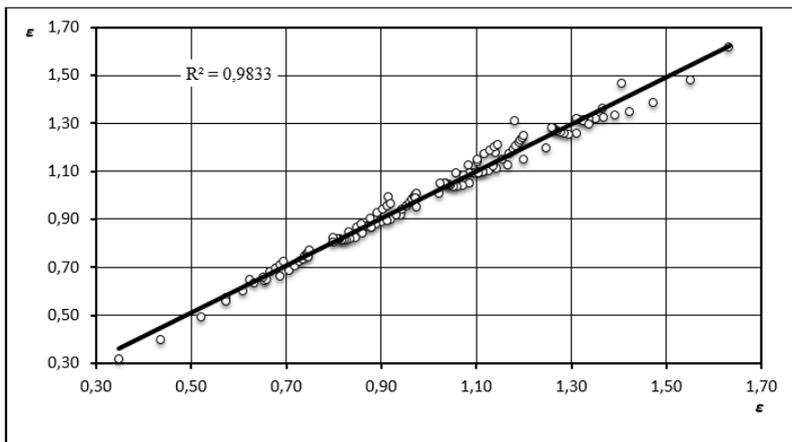
$(R^2=0,991; F_p=13916,2010; F_{95}=2,63)$

рациональный уровень натяжения после участка ИРО

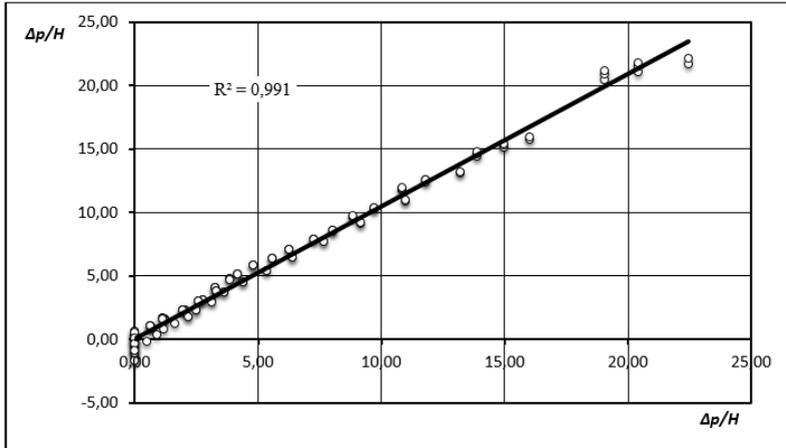
$$Kq = 0,000135 \left(\frac{D}{H}\right)^2 - 0,0006 \left(\frac{\Delta_p}{H}\right)^2 - 0,096\varepsilon + 0,093\varepsilon^2, \text{ МПа.} \quad (10)$$

$(R^2=0,928; F_p=1628,4486; F_{95}=2,63)$

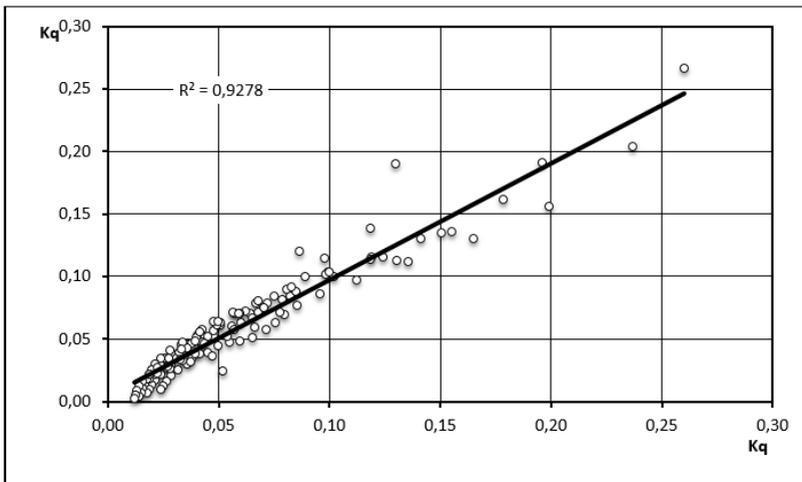
Соответствие рассчитанного рационального удлинения от реального показано на рисунке 1, соответствие рассчитанного рационального относительного перекрытия  $\Delta_p/H$  от реального показано на рисунке 2, а соответствие рассчитанного уровня натяжения  $Kq$  от реального — на рисунке 3. С доверительной вероятностью 95% все 3 зависимости статистически надежны. Полученные результаты можно применить к ИРО с различным диаметром роликов, так как вместо абсолютных значений  $\Delta_p$ ,  $B$  и  $D_p$  использованы их отношения к толщине обрабатываемой полосы ( $\Delta_p/H$ ,  $B/H$  и  $D_p/H$ ).



**Рисунок 1. Соответствие рассчитанного рационального и реального удлинения полосы**



**Рисунок 2. Соответствие рассчитанного рационального относительного и прогнозируемого перекрытия роликов ИРМ**



**Рисунок 3. Соответствие рассчитанного и реального уровня натяжения**

Для практического использования уравнения (8 - 10) были упрощены приведением подобных членов:

$$\varepsilon = 1,585 - H \cdot 10^{-5} \cdot \left( 43,4B - 17,9 \frac{D_p^2}{H} + 97,4\sigma_T H + \right. \\ \left. + 0,6 \frac{B D_p}{H} + \frac{B \sigma_T}{20} - 1,1 D_p \sigma_T \right), \% \quad (11)$$

$$\Delta_p = 0,64 D_p - 0,0055 B - 3,86 H (0,812 \varepsilon^2 + 1), \text{ мм} \quad (12)$$

$$q = \frac{\sigma_T}{H^2} (0,000135 D_p^2 - 0,0006 \Delta_p^2) + 0,96 \varepsilon \sigma_T (0,966 \varepsilon - 1), \text{ МПа.} \quad (13)$$

Таким образом, известная ранее модель определения времени травливания окалины в промышленном растворе соляной кислоты [5] уточнена за счет учета снижения массы окалины в результате обработки горячекатаной полосы в изгибно-растяжном окалиноломателе. Получены уравнения регрессии (8–10) и эквивалентные им зависимости (11–13), которые могут быть использованы для выбора первого приближения режима работы ИРО, обеспечивающего как максимальное разрушение слоя окалины, так и достаточную плоскостность горячекатаного подката. В сочетании с формулами (2) и (4) указанные зависимости составляют основу математической модели для выбора скоростного режима непрерывно-травильного агрегата, совмещенного с прокатным станом.

### Список литературы:

1. Анализ особенностей режимов работы травильно-прокатного агрегата 2000. / Румянцев М.И., Насонов В.В., Егоров В.Н. и др. // Труды IX конгресса прокатчиков. – Том II. – 2013. – С. 141–146.
2. Развитие теории и технологии инновационных процессов прокатного производства / Салганик В.М., Чикишев Д.Н., Денисов С.В., Полецков П.П., Румянцев М.И., Куницын Г.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2014. – № 1 (45). – С. 48–51.

3. Румянцев М.И. Опыт развития и применения автоматизированного проектирования режимов горячей и холодной прокатки листовой стали разнообразного назначения на станах различных типов. // Труды IX конгресса прокатчиков. – Том II. – 2013. – С. 43–54.
4. Салганик В.М., Румянцев М.И. Технология производства листовой стали: Учебное пособие. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО “МГТУ им. Г.И. Носова”, 2013. – 320 с.
5. Rumyantsev M.I. Generalized algorithm aided design modes of rolling and its application for developing technology of PLTCM 2000 // CIS Iron and Steel Review. – 2014 (9). P.p. 40–44.

## СЕКЦИЯ 7.

### АЭРОКОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

#### АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОЗДУШНОГО СТАРТА КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

**Корнеев Владимир Митрофанович**

канд. техн. наук, доцент Ульяновского высшего  
авиационного училища гражданской авиации (институт),  
РФ, г. Ульяновск  
E-mail: [vm51@mail.ru](mailto:vm51@mail.ru)

**Деев Василий Алексеевич**

курсант Ульяновского высшего авиационного училища  
гражданской авиации (институт),  
РФ, г. Ульяновск  
E-mail: [vdeev94@mail.ru](mailto:vdeev94@mail.ru)

**Федоренко Роман Владимирович**

курсант Ульяновского высшего авиационного училища  
гражданской авиации (институт),  
РФ, г. Ульяновск  
E-mail: [freshka.tm@gmail.com](mailto:freshka.tm@gmail.com)

#### ANALYSIS OF AIR LAUNCH SPACE OBJECTS

**Vladimir Korneev**

candidate of Science, assistant professor  
of Ulyanovsk higher civil aviation school,  
Russia, Ulyanovsk

**Vasily Deev**

cadet of Ulyanovsk higher civil aviation school,  
Russia, Ulyanovsk

**Roman Fedorenko**

cadet of Ulyanovsk higher civil aviation school,  
Russia, Ulyanovsk

## АННОТАЦИЯ

В данной работе проведен анализ нескольких перспективных видов запуска космических объектов, рассмотрены их особенности, выявлены их преимущества и недостатки. На основе полученных данных предложена альтернативная система воздушного запуска космических объектов. Ее использование облегчит доступ человечества в космос.

## ABSTRACT

This paper analyzes several promising launch of space objects, their features, their advantages and disadvantages. On the basis of the data proposed an alternative system of Air launch space objects. Its use will facilitate access of man kind in outer space.

**Ключевые слова:** Воздушный старт; ракета-носитель; самолет-носитель.

**Keywords:** Air launch; carrier rocket; mother ship (carrier aircraft).

В середине прошлого столетия был осуществлен запуск первого искусственного спутника Земли наземную орбиту, с чего началось интенсивное покорение космоса. Но ввиду очень высокой дороговизны разработок проектов, связанных с запусками космических аппаратов, позволить себе это могли только ведущие мировые державы.

Но время не стоит на месте, возникают новые потребности, связанные с активным использованием космоса, появляются как государственные, так и частные компании, проявляющие интерес к дешевым космическим запускам, что ставит перед собой задачу снижения стоимости доставки космических объектов в космос.

Анализ показывает, что космическая деятельность станет рентабельной, т. е. самодостаточной, при снижении удельной стоимости выведения полезного груза в космос до значений менее 3000 \$/кг. У современных одноразовых средств выведения этот параметр значительно превышает 10000 \$/кг. И серьезно снизить ее на одноразовых носителях принципиально невозможно.

Удельная стоимость транспортных операций с использованием «Союза» на маршруте «Земля-орбита-Земля» лежит в диапазоне 63000...80000 \$/кг! Для сравнения – для «дорогого» Space Shuttle этот показатель «всего» 26000 \$/кг.

Идея старта космического аппарата с воздушного самолета-носителя регулярно предлагается как способ радикального облегчения доступа человечества в космос.

Воздушный старт используется для запуска аппаратов по суборбитальной траектории, либо для вывода спутников на околоземную орбиту в системах, состоящих из самолёта-носителя и ракеты-носителя (РН) или крылатых авиационно-космических систем (АКС).

Для начала постараемся проанализировать чем выгоден и какие недостатки имеются у воздушного старта космических объектов.

Воздушный старт имеет несколько преимуществ перед запуском РН с земли. Во-первых, при данном виде запуска возникает экономия характеристической скорости, которая делится на три составляющие: экономия за счет изменения потенциальной энергии РН, экономия из-за уменьшения потерь от гравитационных, аэродинамических сил и сил противодействия на срезе сопла реактивного двигателя и экономия в связи с полётом самолёта-носителя на определённой скорости [4]. Во-вторых, существует возможность старта с меньшей широты, что позволяет уменьшить массу ракеты, а следовательно увеличить полезную нагрузку РН, и создания необходимого наклона орбиты. В-третьих, для взлета и посадки самолета-носителя подходят любые сертифицированные аэродромы, способные принять соответствующие самолеты-носители.

На данный момент внедряется и рассматривается несколько перспективных проектов воздушного старта космических объектов. Их можно разделить на две группы по способам воздушного старта. В данной работе проведен анализ существующих проектов десантирования РН через грузовой люк и запуск РН (ракетоплана) с внешней подвески.

Для начала немного истории. В проекте «Воздушный старт» и его зарубежных аналогах, где в качестве самолетов-носителей используются транспортные самолеты C5-A и C-17 применяется десантирование через грузовой люк. Запуск РН с внешней подвески предлагается в проектах «Пегасус» и «Бурлак-Диана». Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, анализ которых поможет нам выявить проблемы воздушного старта и найти наилучшее решение.

Интересными для анализа проблемы являются попытки воздушного старта с транспортных самолетов C-5A и C-17.

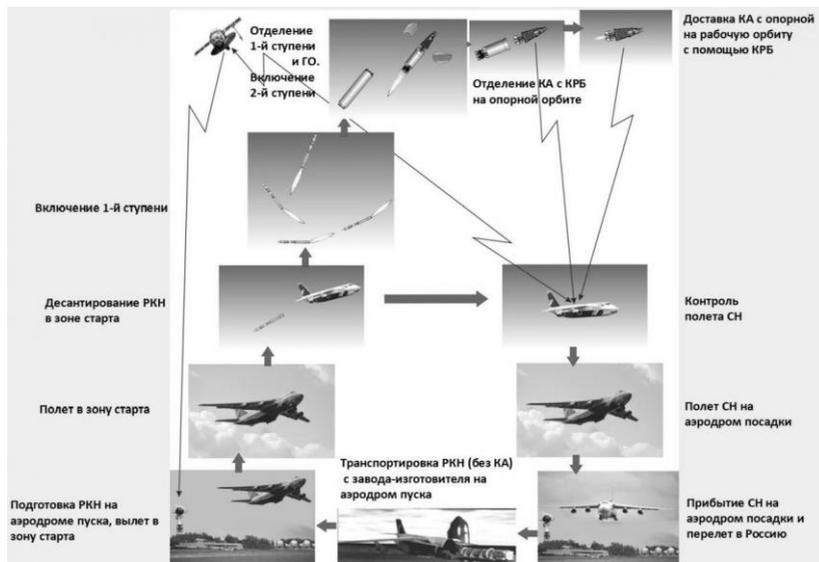
В 1974 году был проведен первый запуск баллистической ракеты «Минитмен-1». Ракета размещалась на сбрасываемой платформе внутри грузовой кабины, и была обращена носовой частью в сторону хвостового люка. Десантирование проводилось через грузовой люк с высоты полета самолета около 6 км, затем ракета отделилась от платформы и стабилизировалась с помощью трех парашютов.

При этом ракета до момента запуска двигателей снизилась до высоты 3,6 км.

В 2005 году был осуществлен сброс двухступенчатой РН с военно-транспортного самолета С-17. Принципиальным отличием этого запуска стало то, что во время пуска ракета извлекалась комбинированным действием силы тяжести за счет угла тангажа самолета и парашюта и выводилась в положение, близкое к вертикальному, с малыми угловыми движениями, затем включился двигатель и система управления стабилизировала положение РН. Она падала примерно 230 м, двигаясь с горизонтальной скоростью около 350 км/ч. После включения ЖРД она пересекла высоту сброса через 15 сек.

Перспективной выглядит идея воздушного старта с самолета-носителя Ан-124-100ВС, принадлежащая отечественным разработчикам, использованная в проекте «Воздушный старт».

Из-за значительных энергетических затрат на поворот плоскости орбиты до экваториальной отечественные РН, стартующие с высокоширотных космодромов, объективно проигрывают в конкурентной борьбе.



**Рисунок 1. Схема функционирования системы «Воздушный старт»**

В данном проекте, также как и при пуске с самолетов С-5А и С-17, РН размещается в грузовом люке самолета Ан-124-100ВС. Десантирование осуществляется при выполнении маневра «Горка» на высоте 10–11 км. Сброс РН массой 100 т проводится при угле кабрирования около 20° с помощью специального пускового контейнера с использованием газогенератора и под действием силы тяжести. После десантирования происходит разгон РН и набор высоты до расчетных значений.

При реализации проекта «Воздушный старт» предусматривается создание аэродромов-космопортов в приэкваториальных широтах для достижения максимальной экономической эффективности запусков [2].

Из достоинств данного проекта можно выделить только некоторые преимущества воздушного запуска: выбор наклона орбиты, запуск с меньшей широты, уменьшение материальных затрат и времени на разработку новой техники, большая грузоподъемность Ан-124-100ВС и снижение аэродинамических и гравитационных потерь.

Однако, несмотря на все вышеперечисленные достоинства системы запуска ракеты методом десантирования через задний грузовой люк самолета-носителя, можно отметить следующие вполне очевидные недостатки данных проектов:

- Потеря эффективной высоты запуска РН. Поскольку требуется определенное время с момента отделения РН от самолета-носителя до ее стабилизации и включения реактивного двигателя, а РН в этот момент падает, то происходит потеря эффективной высоты старта ракеты;
- Потеря эффективной скорости. Так как РН выбрасывается из самолета-носителя в сторону противоположную полету, скорость РН будет меньше, чем скорость самолета-носителя;
- Трудности стабилизации РН после отделения от самолета-носителя. В частности, в проекте «Воздушный старт» РН выбрасывается с самолета Ан-124-100ВС с помощью порохового заряда и не используется стабилизирующая система из парашютов, поэтому, при минимальных отклонениях (по перегрузке, углу тангажа, объему порохового заряда) от расчетных, есть вероятность вращения РН вокруг поперечной оси.

Более рентабельным оказывается запуск ракеты-носителя или ракетоплана с внешней подвески самолета-носителя.

Прежде всего рассмотрим авиационно-космический комплекс «Пегасус», который в настоящее время находится в практической эксплуатации.

В данном проекте запуск производится с помощью самолета-носителя L-1011 фирмы Lockheed Corporation, специально для этого оборудованного. Ракета размещается на внешней подвеске снизу под фюзеляжем. Отделение РН от самолета происходит на высоте 12 км. Масса носителя – 18500 кг. Масса полезного груза, выводимого на низкую околоземную орбиту носителем «Пегасус» – до 443 кг. С 1990 по 2013 годы произведено 42 запуска носителя «Пегасус» с выведением на орбиту искусственных спутников, из них неудачными были 3 запуска [6].

Концепция отечественной системы «Бурлак» аналогична реализованной в проекте "Пегасус".

Для запуска двухступенчатой ракеты-носителя предлагается переоборудованный бомбардировщик Ту-160СК.

После использования первая ступень ракеты-носителя спускается на парашюте и пригодна для повторного использования, вторая – сгорает в атмосфере.

Более перспективной конечно является замена двухступенчатой РН на ракетоплан (крылатый космический самолет).

Масса этого ракетоплана составит 32 т, длина – 22 м. "Бурлак" стартует уже за пределами самых плотных слоев атмосферы – с высоты 9–13 км с достаточно высокой начальной скоростью, которая составляет порядка 6 % от первой космической скорости. Эти условия обеспечивают вывод на орбиты высотой 200–1000 км грузов массой 600–800 кг (полярные орбиты) или 840–1100 кг (экваториальные орбиты) [3].

Применение комплекса Ту-160СК обеспечит:

- формирование любой плоскости околоземной орбиты спутника;
- пуск из любой точки земли, в том числе с экватора;
- независимость пуска от времени суток и погодных условий;
- повышение безопасности запуска, так как запуски могут проводиться вдали от населенных пунктов;
- возможность запуска коммерческого спутника с территории государства-заказчика.

Технически использование самолета-носителя Ту-160СК в качестве 1-й ступени для запуска ракетопланов «Бурлак» дает возможность:

- уменьшить начальную массу ракетоплана;

- исключить вертикальный участок траектории с обеспечением начальной скорости ракетоплана  $M=0,8-1,7$  на высотах 9–13 км;
- устранить необходимость содержания и обслуживания дорогостоящих стартовых комплексов.

Из недостатков системы запуска, примененной в проектах «Бурлак» и «Пегасус», можно отметить следующее: ограничения по диаметру РН, определяемые располагаемыми размерами между нижней поверхностью самолета и взлетной полосой, что приводит к уменьшению полезной нагрузки выводимой на орбиту, а также необходимость создания на РН аэродинамических поверхностей для осуществления маневра набора высоты после горизонтального отделения от самолета-носителя.

Рассмотрев и проанализировав выше описанные проекты можно сделать следующие выводы: применение способа десантирования через задний грузовой люк неэффективно ввиду потери высоты запуска РН и эффективной скорости, поэтому более выгодным будет запускать РН по направлению полета самолета-носителя. Использование внешней подвески для запуска РН с нижней части фюзеляжа ограничивает размеры ракеты, что приводит к уменьшению полезной нагрузки, выводимой на орбиту.

Очевидно, что, чем больше скорость и высота полёта самолёта-носителя, тем меньшая масса РН требуется для вывода фиксированной полезной нагрузки на орбиту. Наиболее эффективным в весовом отношении является старт с гиперзвукового самолёта-носителя, при  $M \geq 5$  [4].

В СССР крайне привлекательным был проект «Спираль».

Система из гиперзвукового самолёта-разгонника и орбитального самолёта должна была стартовать с взлетно-посадочной полосы, набирать высоту до 30 км и скорость до 6М (6700 км/ч). Затем орбитальный самолёт вместе с разгонной ступенью на топливной паре фтор/водород отсоединялся и разгонялся самостоятельно до выхода на орбиту. Проект был начат в 1964 году и официально закрыт в 1969.

Наибольшая выгода будет если использовать гиперзвуковой разгонщик и поднять ракету до 30 км (далее всё что с крыльями летать не может в принципе).

Существенного повышения эффективности проекта «Спираль» планировалось достичь разработкой многоразового ускорителя с ПВРД со сверхзвуковым горением, что позволяло в перспективе создать полностью многоразовый комплекс [5].

Но ввиду высокой сложности реализации подобных проектов, требующих больших людских, материальных и временных ресурсов,

можно предложить вариант запуска РН с эстакады, установленной на верхней части фюзеляжа существующих самолетов.

Можно предложить использование в качестве самолета-носителя модификации основных транспортных самолетов: Ил-76МД-90А, Ан-124-100, ВМ-Т «Атлант», Ту-160. Каждый из них способен нести РН или ракетоплан массой до 60 и более. Что позволит вывести на низкую околоземную орбиту от 400 кг до 4 т груза в зависимости от конструкции РН и используемого самолета-носителя. Поскольку последнее десятилетие наблюдается тенденция к переходу от тяжелых спутников массой несколько тонн к аппаратам микро- (10–100 кг) и наноклассов (1–10 кг). Предпочтение стоит отдать самолету ОКБ им. С.В. Ильюшина.

В качестве РН мы предлагаем использовать возвращаемую двухступенчатую крылатую РН. Первая и вторая ступени выполняются крылатыми для возвращения на аэродром запуска и их повторного использования. К тому же концы крыла второй ступени ракеты проектируются отклоняемыми до положения, близкого к вертикальному, для лучшей устойчивости при спуске с орбиты на землю.

Первая ступень РН должна иметь два прямооточных воздушно-реактивных двигателя (ПВРД), расположенных на консолях крыла во избежании влияния реактивной струи на вертикальное оперение самолета-носителя, а вторая – жидкостно-реактивный двигатель (ЖРД).

Применение ПВРД в качестве двигателя первой ступени ракеты дает возможность не нести с собой окислитель, а брать его из атмосферы, что заметно увеличивает массу полезной нагрузки. Так же выбор ПВРД обусловлен относительной простотой конструкции, а следовательно дешевой двигателем [1].

РН устанавливается на эстакаде с возрастающим углом атаки для более интенсивного разделения и расхождения РН и самолета, чтобы не задеть киль самолета-носителя. После отделения РН от самолета-носителя, самолет возвращается на базу, и дальнейший разгон выполняет первая ступень РН, после достижения максимальной высоты полета в пределах плотных слоев атмосферы она должна спускаться на аэродром посадки по-самолетному, используя аэродинамический маневр. После отделения первой ступени в работу включается ЖРД второй ступени и доставка груза на орбиту осуществляется с ее помощью. При достижении расчетной высоты и скорости выполняется отсоединение груза от второй ступени РН

и возвращение ее на землю. Снижение и посадка осуществляется так же – по-самолетному.

Использование воздушного старта и двухступенчатой крылатой ракеты-носителя, каждая из ступеней которой возвращается для повторного использования, существенно снижают стоимость одного килограмма груза выводимого на орбиту.

### Список литературы:

1. Акимов В.М., Бакулев В.И., Курзинер Р.И. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей : учеб.для вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – С. 15–53.
2. Бальмонт Б.В., Карпов А.С., Иванов Р.К. Российский аэрокосмический проект «Воздушный старт» // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2012. – № 9. – С. 3–15.
3. Ково К. Россия – проекты новых носителей и договор с DASA // Ежедельник авиации и космической технологии. – 1995. – лето. – С. 11–12.
4. Куренков В.И. Оценка весовой эффективности ракет-носителей при стартах с дирижабля и самолетов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2009. – С. 65–71.
5. Лукашевич В.П., Афанасьев И.Б. Космические крылья – М.: Лента странствий, 2009. – 496 с.
6. Isakowitz S.J. International Reference Guide to Space Launch Systems / S.J. Isakowitz, J.B. Hopkins, J.P. Hopkins // AIAA. – 2004. 4th edition. – P. 290.

## СЕКЦИЯ 8.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### СИМВОЛИКА АРХИТЕКТУРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ САКРАЛЬНОГО ЯДРА ДУХОВНЫХ УЧЕБНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Жовква Ольга Ивановна*

*канд. арх., доцент кафедры Киевского национального  
университета строительства и архитектуры,*

*Украина, г. Киев*

*E-mail: [glavarch@ukr.net](mailto:glavarch@ukr.net)*

#### SYMBOLS OF ARCHITECTURAL FORM-BUILDING OF SPIRITUAL TRAINING COMPLEX SACRAL NUCLEUS

*Olga Zhovkva*

*PhD in architecture, docent of chair*

*Kiev National University of Building and Architecture,*

*Ukraine, Kiev*

#### АННОТАЦИЯ

В статье на основе обобщения научно-практического опыта проектирования и строительства духовных учебных заведений предложен перечень основных функциональных блоков духовных учебных комплексов, как нового типа духовных учебных заведений. Определяются особенности формирования архитектуры сакрального ядра духовных учебных комплексов, проанализирована его функционально-планировочная структура в контексте религиозных канонів.

Рассматривается вопрос символического значения архитектурных форм сакрального блока, как неотъемлемой части, христианских, мусульманских и иудейских духовных учебных комплексов.

#### ABSTRACT

The list of basic functional blocks of spiritual training complexes as new type of spiritual educational institutions is proposed in the article

on the ground of generalization of scientific and practical experience of spiritual educational institutions' design and construction. The special features of formation of sacral nucleus architecture of spiritual training complex are defined by the article and its functional and planning structure in the meaning of religious canons is analyzed.

The issue of symbolic meaning of sacral block architectural forms as integral part of Christian, Muslim and Judaic spiritual training complex is examined here.

**Ключевые слова:** символика; символизм формообразования; духовные учебные заведения; функционально-планировочная организация; объемно-пространственная композиция.

**Keywords:** symbols; form-building symbolism; spiritual educational institutions; functional and planning organization; three-dimensional compositions.

**Введение.** Формирование духовных учебных комплексов (городков) представляет одно из перспективных направлений развития сети духовных учебных заведений. При разработке концепции формирования духовных учебных комплексов целесообразно вспомнить опыт средневековых университетов. Города-университеты Оксфорд, Кембридж - примеры современных скооперированных учебных образований, куда входят несколько учебных заведений.

Поэтом параллельно с модернизацией, реконструкцией и расширением материальной базы функционирующих духовных учебных заведений, необходимо сделать попытку организации работы учебных городков – комплексов, которые будут формировать духовные учебные заведения разного уровня. Однако, для того, чтобы обеспечить оптимальные условия организации учебного процесса в данных комплексах, необходимо провести ряд исследований по обоснованию их функционального зонирования с учетом специфики учебного процесса, а также обоснованию набора функций и структуры зданий.

В духовных учебных комплексах определяются дифференцированные центры притяжения, функцией которых является учебный процесс, духовное развитие (молитва), проживание воспитанников, содержательный досуг (миссионерская, издательская деятельность, спорт, общение, творческая работа), медицинское и бытовое обслуживание, административная деятельность.

Неповторимость и своеобразие в архитектуру духовных учебных комплексов, безусловно, привносит сакральное ядро (блок),

являющийся неотъемлемой частью комплекса любой конфессии. Формообразование при проектировании учебных, жилых, просветительских, спортивных блоков духовных учебных комплексов не подпадает под каноническую регламентацию, в то время как проектирование сакрального блока должно происходить с учетом конфессиональных особенностей и религиозных канонов.

Архитектура, как и каждый вид искусства, имеет свойственный только ей профессиональный язык – язык архитектурных форм. Именно поэтому значение архитектурных форм храма легче осознать, рассматривая его через призму сакральной идеи. Храм считается символом космоса, и вся его архитектура собственной символичностью воплощает идею связи земного и небесного. Смысловая нагрузка храма нашла свое отображение в символичном значении его отдельных форм и деталей-символов, оформлении интерьеров и экстерьеров. Таким образом, изучение символики формообразования и смысловой нагрузки элементов храма представляет значительный научный интерес.

**Анализ последних источников.** Исследование базируется на трудах как зарубежных, так и отечественных (украинских) ученых разных отраслей знаний: научных трудах по религии П. Флоренского [18]; книгах по искусству и культуре И. Гете, В. Кандинского [7; 12]; научных работах, посвященных изучению архитектуры учебных и сакральных сооружений: П. Алешина, Н. Будур, Т. Булычевой, К. Возняк, И. Каракис, П. Солобая, Л. Юшук [1; 4; 5; 6; 13; 17; 20]; научных работах по истории, краеведению и истории архитектуры О. Бойко, Г. Длужневской, М. Зиминой, П. Паламарчука [3; 8; 9; 16]; пособиях по проектированию: «Православные храмы: в 3т. Пособие по проектированию и строительству»; «Культовые здания и сооружения различных конфессий. Пособие по проектированию» [16; 14].

Более глубоко понять сакрально-символическую сущность православного храма и сакрального искусства даёт возможность труд священника П. Флоренского «Избранные труды по искусству». В работе «Иконостас» Флоренский уделил немало внимания каноническому толкованию устройства православного Храма и его алтарной части. Согласно Флоренскому: «... алтарь означает человеческую душу, а сам Храм – тело» [18, с. 96].

В книге Н. Будур «Православный храм» изложена история возникновения храма и значения его архитектуры, рассмотрен вопрос внутреннего и внешнего устройства, символики, убранства храма, а также православных традиций и канонов в Православной Церкви [4, с. 10–48].

В диссертационной работе К. Возняк «Архитектура современной православной приходской церкви на примере Санкт-Петербурга» исследована архитектура новой православной приходской церкви, а также символика и функциональные особенности приходского храма; выявлены основные тенденции развития архитектуры церквей на основе российского и современного мирового опыта; разработана типология приходских церквей, предложена структура и возможные композиционные решения приходского храмового комплекса; возможные объемно-пространственные решения. Автором проведен очень актуальный на сегодняшний день поиск аспектов формообразования современного православного приходского храма [6, с. 18–23].

Российским Архитектурно-художественным центром «Арххрам» разработано пособие в трех томах по проектированию храма. В первом томе «Идея и образ» собраны материалы и статьи о христианском храмостроительстве, а также основные тенденции его развития. В данном сборнике рассмотрены вопросы храмостроительства с церковной и научной точки зрения. Второй том «Православные храмы и комплексы» является пособием по проектированию и строительству храмов. В третьем томе «Примеры архитектурно – строительных решений» приведены графические материалы российского храмостроительства XI–XX ст., а также современные проекты храмов и комплексов [16].

Нормативной литературой по проектированию культовых сооружений, в которой определенным образом высветлены вопросы проектирования духовных образовательных и вспомогательных помещений, можно назвать Пособие по проектированию «Культовые здания и сооружения различных конфессий», изданное в Украине [14, с. 61–64]. В пособии изложены основные градостроительные, планировочные, объемно-пространственные, строительные, канонические требования и практические рекомендации по вопросам проектирования культовых зданий и сооружений различных конфессий.

Вопрос символического значения цвета и его влияние на человека интересовал И. Гете. Поэт сделал немалый вклад в различные науки, такие как ботаника, биология, анатомия, однако главным делом своей жизни он считал созданное им учение о цвете и его влияние на человека, которое он изложил в работе «К учению о цвете» [7, с. 60–98]. Данная работа интересна тем, что в сакральной архитектуре различных конфессий цвет, со своим символическим значением, занимает важное место.

Изучению архитектуры учебных заведений посвящены работы: П. Алешина «Архитектура школьных зданий», И. Каракис «Интерьеры

школ и дошкольных учреждений». Большой интерес для данного исследования представляет научная работа Солобая П.А. «Типологические основы формирования архитектуры высших учебных комплексов». В ней определены методологические и научные принципы формирования функциональной структуры, архитектурной среды высших учебных заведений. Автором обобщен отечественный опыт проектирования и реконструкции высших учебных заведений Украины, а также России и ряда зарубежных стран [17, с. 134–147].

Данные работы демонстрируют степень недостаточной изученности вопроса формирования архитектуры духовных учебных комплексов, а также символического значения архитектурных форм сакральных объектов, как неотъемлемой составляющей данных учебных комплексов.

**Методика.** В ходе исследования использовались следующие методы: метод натурального обследования духовных учебных заведений Украины, ближнего и далекого зарубежья; метод анкетного опроса; метод сравнительного анализа исторического и современного опыта проектирования, а также зарубежного и отечественного опыта проектирования духовных учебных заведений и храмовых комплексов; графоаналитический метод.

При помощи метода натурального обследования изучено современное состояние и опыт проектирования и строительства христианских, иудейских и мусульманских духовных учебных заведений на территории регионов Украины, а также на территории ближнего зарубежья (Россия, Беларусь, Узбекистан) и дальнего зарубежья (Польша, Италия, Турция).

Обзор современного состояния проектирования и эксплуатации духовных учебных заведений Украины дал возможность выявить как недостатки, так и позитивные качества архитектурных решений функционирующих духовных учебных заведений.

При помощи данного метода определена необходимость поиска современных архитектурных решений ДУК с учетом канонів и религиозных традиций.

Метод анкетного опроса заключался в проведении бесед и опроса среди руководства духовных учебных заведений. Сегодня необходимо дать ответ на вопросы: «Каким будет духовное образование в ближайшее время, в каком направлении необходимо модернизировать функционирующие заведения?», а также формировать функционально-планировочную структуру ДУК.

Духовенству также было предложено ответить на вопросы относительно желательного функционального состава духовных

учебных комплексов, как современного вида духовного учебного заведения, их пространственной организации архитектурного образа. Результаты опроса легли в основу предложений относительно функционально-планировочного состава, а также дальнейших путей развития архитектуры духовных учебных комплексов с учетом канонов и требований Церкви.

При помощи метода сравнительного анализа проводилось изучение и сравнительный анализ архитектуры исторических и современных культовых сооружений, символического значения их форм.

**Основной материал исследования.** Обобщенная функциональная структура духовных учебных комплексов должна состоять из следующих основных групп помещений (зон): входной; группы учебных помещений и помещений прикладного труда (творческие мастерские); сакральной зоны; группы вспомогательных сакральных помещений; группы просветительских и досуговых помещений; административной, хозяйственной и жилищно-отельной группы помещений.

Данные группы, в свою очередь, необходимо объединять в следующие функциональные блоки: учебный, сакральный, досуговый, трапезный, административно-хозяйственный, жилищно-странноприимный, миссионерский, спортивный.

Сакральный блок духовных учебных комплексов состоит из группы сакральных помещений (здание культового сооружения) и группы вспомогательных сакральных помещений (крещальни, паламарки, ризницы). В общей композиции духовного учебного комплекса сакральный блок, как правило, должен быть отдельным зданием, однако при наличии ограниченности земельных ресурсов он может быть пристройкой к объему учебных, трапезных или жилых блоков, или быть встроенным в объем блока, по принципу домово́й церкви.

Сакральное ядро является неотъемлемой частью духовного учебного заведения любой конфессии. Формообразование при проектировании учебных, жилых, просветительских, спортивных блоков духовных учебных заведений не подвержено канонической регламентацией, в то время как проектирование сакрального ядра должно происходить с учетом конфессиональных закономерностей и устоявшихся канонов.

Неповторимость и своеобразие в архитектуру духовных учебных комплексов разных конфессий вносит именно сакральный блок. В его функционально-планировочной организации просматривается

немало черт, общих для христианских, мусульманских и иудейских конфессий.

Образцом православного храмостроения считается Византийский крестовокупольный храм, имеющий форму куба, увенчанного полусферическим куполом. Православные храмы византийской традиции, как правило, крестово-купольные, в основу планировочной схемы заложен квадрат или равноконечный крест.

Купол в культовой архитектуре, не только православной, символизирует небо, сам храм, преимущественно кубичной формы – землю.

Так, сакральное ядро православного духовного учебного комплекса (зал, неф) формируют следующие три части: алтарь, место для молитвы (непосредственно храм) и притвор. Алтарь в православии является священным местом; средняя часть считается местом пребывания верующих; притвор – это сфера земного бытия.

Алтарь отгораживается от молитвенного зала иконостасом, возле которого находится солея, с которой провозглашается Евангелие. С двух сторон солеи устраиваются клирасы – места, где находятся чтецы и певчие церковного хора [14, с. 52].

Храм считается символом космоса, а вся его архитектура своей символичностью воплощает религиозную идею связи земного и небесного.

Смысловая нагрузка храма нашла свое отражение в символическом значении отдельных его форм и деталей, в его конструкциях, традиционных строительных материалах, в решении интерьерных росписей.

Средняя часть храма по византийским канонам презентует все земное пространство. Над четырьмя стенами главной части храма возвышается свод, как правило, в виде купола-полусферы, подобно тому, как над четырьмя сторонами света возвышается небо. Именно поэтому купол над средней частью храма считается моделью неба над землей. Наилучшим образом это можно прочувствовать пребывая в центральной части византийского собора Айя София в Стамбуле. Данный величественный купол, шириной 31 метр, поддерживается четырьмя колоннами, а множественные окна у основы, пропуская свет, создают удивительную иллюзию бескрайнего неба над головой.

Маковка храма, как про это уже не раз писалось исследователями, – знак пламени, огня и, следовательно, огненных небесных Сил. Полусферический купол же символизирует не пламя, а равномерный свет.

Существенную роль в символическом значении завершения храма имеет количество глав. Одна глава символизирует единство Бога; две – соответствуют двум ипостасям Богочеловека; три – символ святой Троицы; четыре – означают Четырех Евангелистов; пять глав – Иисуса Христа и четырех Евангелистов; семь – символизируют семь таинств Церкви и семь Вселенских Соборов; девять – являются символом Пресвятой Богородицы; тринадцать глав знаменуют Иисуса Христа и двенадцать Апостолов [16, с. 21].

Не меньшее значение имеет символическая нагрузка форм входного портала и паперти со ступенями, ведущими к храму. Ступени символизируют духовный путь к Храму; паперть – символ очищения, которое получает человек, пройдя в храм через портал.

Католический храм, как сакральное ядро католического духовного учебного комплекса, в целом имеет же устройство, что и православное культовое сооружение. Организация его внутреннего пространства подчиняется продольной оси и базируется на образе старозаветного храма-скинии, который также делился на три части. Выделяется центральная часть храма (неф); алтарная часть или пресвитерий – место, где хранятся святыне Дары; и непосредственно притвор (нартекс). Алтарь католического храма также всегда ориентируется на восток.

Церковные символы, как правило, сгруппированы в двух главных частях католического храма – пресвитерии и нефе. Третий пространственный объем – нартекс в западной христианской традиции возникает как знак светской власти. Нартекс, который соответствует старозаветному двору, размещается в передней части храма. В нем находится главный вход в храм и вспомогательные помещения.

Неф составляет основу продольной части католического культового сооружения. Пространство нефа делится на правое и левое крыло, где в молитвенном пространстве находятся лавки для прихожан. От центрального входа к алтарю через весь неф оставляют проход.

Святому-святых в католическом храме соответствует пресвитерий, который находится в апсиде. Таким образом, по аналогии с православным храмом, в апсиде размещена алтарная часть католического храма. В апсиде находятся лавки для клира, а перед ними – главный алтарь и кафедра (аналой). На престоле находится дарохранительница, над ним – изображение святого, которому посвящен храм [20, с. 10, 11].

Культовые сооружения Западного обряда представляют собой базилики и в плане преимущественно имеют форму латинского креста,

реже – греческого. Иногда встречаются католические храмы зального типа – псевдобазилики. В основу постройки планировочных и пространственных структур католических храмов также заложены религиозные значения про его отдельные части. Значение символов раскрывается в таинствах Церкви. Так, купол над средней частью храма в Церкви Западного обряда также считается моделью неба над землей (основным объемом храма).

Молитвенные здания протестантов свободны от пышного убранства, образов, символов, икон и скульптурных композиций. Для протестантов нет необходимости в таком декоре, поскольку в данной вере нет иконопочитания в том виде, в котором он присутствует в католических или православных храмах. Церковью может служить любое сооружение, взятое в аренду на равных со светскими учреждениями условиях, которое имеет зальную планировочную структуру. Протестантские молитвенные дома тоже, как правило, имеют тричастную структуру: входную зону (аналог нартекса, притвора), непосредственно молитвенный зал (неф) и сакральную зону (алтарь, пресвитерий) с местом для проповеди. Следует подчеркнуть, что современная Протестантская Церковь не придаёт особого значения символизму в формообразовании культовых сооружений.

Мечеть (сакральное ядро мусульманского духовного учебного комплекса) трактуется мусульманами, как образ райского сада на земле. Планировочная структура мечети также имеет тричастную структуру – это святилище, молитвенный зал и двор. Неотъемлемый элемент мечети – это минарет (на арабском минара – маяк), аналог православной звонницы и купол. В восточных городах минареты, как и шпили готических храмов в европейских городах, были и иногда остаются главным ориентирами в городской застройке. Мечеть, а именно ее святилище и михраб (ниша в стене) всегда ориентируется на Мекку (восточное направление).

Необходимость в собрании в одном месте достаточно большого количества верующих на общую молитву в пятницу обусловила простую кубическую форму дворовой пятничной мечети, перекрытой центральным полусферическим куполом. Мусульманская традиция свидетельствует о том, что архитектурную композицию дворовой мечети (арабский стиль) основал сам пророк Мухаммед. Поэтому мечеть не просто сакральное сооружение для молитвы, она, конечно же, метафизична. В целом, сегодня различают такие типы мечетей: дворовой, многоколонный, центрально-купольный, многозальный (многокупольный), однозальный. Первые мечети, построенные в крупных завоеванных городах, имели покрытие, опирающееся

на колонны. При строительстве мечетей арабскими зодчими часто использовалась базиликальная традиция крестово-купольных сооружений, в связи с чем, мечети имеют форму куба с куполом [19, с. 71–77].

Строительство первых мечетей базировалось на византийских архитектурных традициях. Константинопольская Айя София создала некий шаблон для турецких мечетей и стала образцом для подражания.

Некоторые мечети имели характерный для византийских церквей крестообразный план (например, мечеть султана Хасана в Каире).

Купол Айя Софии в свое время действительно становится организующей силой не только для византийцев, но и для турок-османов. Без византийских куполов, конечно же, не существовало бы куполов османских. Истоки центрально-купольной системы османов берут свое начало от купола Айя Софии. Архитекторы Сирии, Египта и Турции использовали в качестве покрытия над молитвенным залом преимущественно купола, однако встречаются и мечети со скатным покрытием (например, Ханская мечеть в Бахчисарае). Таким образом, как видим, купол способен перейти конфессиональные и временные границы. Сегодня он также исполняет организующую градостроительную функцию, являясь отличительной чертой культовых сооружений различных конфессий, отсюда можно сделать вывод, что купол – это один из самых главных элементов культовых сооружений.

Каждая мечеть обращена стеной Киблы в сторону священной Каабы, которая имеет форму куба. Кубическую форму имеет сердцевина Храма, поскольку куб – это идеальное место для молитвы.

Современные мечети различных стран мира базируются на архитектурном объеме – куб. Например, конкурсный проект мечети Расима Бадрана, состоящей из кубов – модулей, одинаковой величины [19, с. 65–67].

Квадрат и круг, безусловно, являются самыми распространенными геометрическими формами в культовой архитектуре ведущих религий.

По аналогии с православием, прямоугольная основа мечети символизирует землю, а сферический купол – небо.

В основу внутреннего устройства иудейских культовых сооружений также заложена конструкция храма – скинии (огражденное прямоугольное пространство, в середине которого расположен жертвенник для жертвоприношения животных, святилище в котором находится Святая Святых с Ковчегом Завета и скрижалями с десятью заповедями). Именно поэтому синагога, как правило, имеет прямоугольную кубическую форму. В той части, где в христианском храме находится Святилище, в синагоге устанавливают шкаф – Арон –

Кадеш для хранения свитков. Синагоги на земельных участках размещают так, что стена с Арон-Кадешем всегда направлена в сторону Иерусалима (для еврейских синагог это означает ориентацию на восток, как и для христианских храмов).

**Таблица 1.**

**Символика архитектурного формообразования храмов христианских, мусульманских и иудейских конфессий**

		
Собор, Санкт-Петербург	Церковь, Киев	Синагога, Познань
		
Молитвенный дом, Ялта	Модель Храма	Собор, Ватикан
		
Дом Бога, Хьюстон	Мечеть, Евпатория	Мечеть, Стамбул

Украинские синагоги традиционно имели центрический план, размером, приблизительно, 16×20 м, а в Австро-Венгрии, например, широко распространенным был тип ротондальной синагоги круглой в плане, что символизирует вечность. В XIX ст. в объемно-пространственной композиции синагоги появляется купол, символизируя единство земного храма (квадратный молитвенный зал)

с небесной сферой (подкупольное пространство). Купол возводится над главным архитектурным объемом синагоги, воплощая, аналогично Христианской и мусульманской доктрине, идею земного храма [3, с. 8, 10, 13].

Вход в синагогу, как правило, украшается декоративной лепкой. Его необходимо организовывать через двое дверей, в связи с чем в еврейских культовых сооружениях предусматривается вестибюль, как правило, вдоль всего молитвенного зала (аналог православного притвора, католического нартекса и мусульманского двора перед мечетью), проходя который человек оставляет мысли и хлопоты материального мира, настраивается на молитву.

Рядом с вестибюлем может находиться школа для детей (в некоторых случаях ешива), комнаты раввина и членов правления, жильё для работников и т. д.

Планировочная композиция синагоги подчинена доминантной оси: вход – Быма – Арон-кодеш.

В планировочной структуре населенного пункта синагога, как правило, размещается на наивысшем месте, данное свойство характерно и для культовых сооружений указанных выше конфессий. Именно поэтому сакральное ядро в архитектурно-пространственной композиции духовного учебного комплекса должно занимать доминантную роль.

**Заключение.** Таким образом, рассмотренные выше сакральные сооружения (блоки) христианских, мусульманских и иудейских конфессий, как неотъемлемая часть духовных учебных комплексов, вне сомнения имеют свои особенности, но в то же время и много общих черт.

Архитектурный мотив купола, который «ребрами» опирается на прямоугольную основу, с которой он соединяется разными способами, широко распространен в культовой архитектуре различных конфессий.

Таким образом, можно констатировать наличие определенного сходства объемно-пространственной и функционально-планировочной структуры, а также символики храмов указанных конфессий. Православные, католические, протестантские, мусульманские и иудейские храмы формируют следующие три части: сакральная зона (алтарь, пресвитерий, Арон-Кадеш, Мыхраб), непосредственно место для молитвы (основной кубический объем сооружения), притвор (нартекс, вестибюль). Данные элементы часто имеют общее символическое значение у ведущих религий мира.

**Список литературы:**

1. Алешин П.Ф., Маринченко А.И., Колесников В.В. Архитектура школьных зданий. – К.: Изд-во Академии Арх. УССР, 1952. – 99 с.
2. Бейзер Михаэль Наше наследство: Синагоги СНГ в прошлом и настоящем / Бейзер Михаэль. – М.: Мосты культуры ; Jerusalem : Gesharim, 2002. – 175 с.
3. Бойко О.Г. Архитектура каменных синагог Правобережной Украины XVI–XX ст.: Автор. дис. канд. арх. – Львов, 2010. – 20 с.
4. Будур Н. Православный храм. – М.: РОССА, 2009. – 271 с.
5. Булычева Т.В. Архитектура православных духовных центров на территории Украины: Автореф. дис. канд. арх. – Киев, 1994. – 16 с.
6. Возняк Е.Р. Архитектура современной православной приходской церкви: на примере Санкт-Петербурга: Автореф. дис. канд. арх. – СПб., 1996. – 28 с.
7. Гете И.В. К учению о цвете (хроматика). В: Психология цвета. Сб.Пер. с англ. – М.: «Рефл-бук», К.: «Ваклер» 1996, с. 281–349.
8. Длужневская Г.В. Мусульманский мир Российской империи: Альбом. – СПб.: изд-во Лики России, 2010. – 304 с.
9. Зими́на М.С., Лихачева О.О. Храмы Петербурга. – СПб.: КОРОНА принт, 2006. – 368 с.
10. Иванова О.Ю. Монастыри России. – Смоленск: Русич, 2010. – 352 с.
11. Иконников А.В. Основы архитектурной композиции. – М.: Искусство, 1971. – 224 с.
12. Кандинский В.: О духовном в искусстве. В: Психология цвета. Сб.Пер. с англ. – М.: «Рефл-бук», К.: «Ваклер» 1996, с. 181–220.
13. Каракис И.И. Интерьеры школ и дошкольных учреждений. – К.: Будівельник, 1974. – 96 с.
14. Культовые здания и сооружения различных конфессий: Пособие по проектированию /Под ред. В.В. Куцевича. – К.: „КиевЗНИИЭП”, 2002. – 117 с.
15. Паламарчук П.Г. Сорок сороков: Краткая иллюстрированная история всех московских храмов: В 4 т. – М.: , 2004.
16. Православные храмы: В 3 т. Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99). – М., 2003. – Т. 2: Православные храмы и комплексы. – 222 с.
17. Солобай П.А. Типологические основы формирования архитектуры высших учебных комплексов: Автореф. дис. д-ра арх. – Киев, 2012. – 36 с.
18. Флоренский П.А. Избранные труды по искусству. – М.: Мысль, 1996. –с. 224.
19. Шукуров Ш.М. Архитектура современной мечети. Истоки. – М.: Прогресс – Традиция, 2014. – 232 с.
20. Юшук Л.А. Архитектура зданий Римско-католической и Евангелическо-лютеранской церквей в Сибири и на Дальнем Востоке: 1792–1917 гг.: Автореф. дис. канд. арх. – Новосибирск, 2000. – 25 с.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ДЕФОРМАЦИЙ В БЕТОНЕ И АРМАТУРЕ И УСЛОВИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НАКЛОННОГО СЕЧЕНИЯ

*Мухамедшакирова Шара Абзаловна*

*канд. техн. наук, ассоц. проф., КазГАСА, г. Алматы,  
Республика Казахстан, г. Алматы*

*Кызылбаев Нурлан Куттыбаевич*

*магистр технич. наук, ассистент.проф., РК, КазГАСА,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [kz261177@mail.ru](mailto:kz261177@mail.ru)*

## STRAIN RELATIONSHIP IN THE CONCRETE AND REINFORCEMENT AND DEFORMATION CONDITIONS OBLIQUE SECTION

*Shara Muhamedshakirova*

*Ph.D., associate professor, KazGASA,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

*Nurlan Kyzylbaev*

*master of Technical Sciences, assistant professor, KazGASA,  
Republic of Kazakhstan, Almaty*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается развитие деформаций крайнего волокна бетона и деформации продольной арматуры в пределах наклонного сечения; зависимость несущей способности изделия от относительного расстояния груза от опоры  $a/h_0$ , опасного наклонного сечения при наименьшей несущей способности  $C_0$ .

### ABSTRACT

The article describes the development of strains of extreme fiber concrete and longitudinal reinforcement within the oblique section, dependence of bearing ability from  $c_0$ ;  $a/h_0$  is considered.

**Ключевые слова:** деформация; напряжение; продольная арматура; наклонные сечения; продольные силы; поперечные силы; состояние.

**Keywords:** deformation; stress; longitudinal reinforcement; inclined section; longitudinal forces; transverse force; condition.

Влияние прочности бетона на несущую способность наклонных сечений значительна. Для анализа, исследования выполненного А.С. Залесовым и О.Ф. Ильиным, были взяты наиболее характерные в этом отношении опыты [1,4 и др.] на балках без поперечной арматуры, загруженных двумя симметрично расположенными сосредоточенными грузами, охватывающие практически весь диапазон классов бетона от В15 до В95. Анализ показал, что опытная несущая способность возрастает непропорционально прочности бетона на сжатие, как это следует из расчетной зависимости, принятой ранее в нормах, в значительно меньшей степени, причем это особенно проявляется для бетонов высоких классов. В результате для бетонов низких и средних классов опытная несущая способность оказывается близкой к расчетной, а для высоких классов значительно ниже. Рассматривая влияние различных прочностных характеристик бетона, было установлено, что несущая способность элемента по наклонному сечению изменяется, примерно, в той же степени, что и прочность бетона на растяжение  $R_{bt}$ , которая возрастает значительно слабее, чем прочность бетона на сжатие  $R_b$ . Исходя из этого зависимость для предельной поперечной силы  $Q$  можно выразить в виде

$$Q=(kR_{bt}bh_0^2) / c \quad (1)$$

Для уточнения значения коэффициента  $k$  была проведена О.Ф. Ильиным обработка экспериментальных данных по 530 опытным образцам множества авторов. При этом рассматривались только балки без поперечной арматуры, загруженные по классической схеме двумя сосредоточенными грузами. Анализ дал среднее значение коэффициента  $k$  близкое к 2. В результате расчетная зависимость получила следующий вид

$$Q=(2R_{bt}bh_0^2) / c \quad (2)$$

В результате для элементов с хомутами поперечная сила, воспринимаемая наклонным сечением, определяется по формуле

$$Q=(2R_{bt}bh_0^2) / c + q_{s0} c \quad (3)$$

длина  $c_0$  наиболее опасного наклонного сечения, имеющего наименьшую несущую способность, определяется по формуле

$$c_0 = \sqrt{(2R_{bt}bh_0^2)} / \sqrt{q_{s0}} \quad (4)$$

а наименьшая поперечная сила, воспринимаемая в наиболее опасном наклонном сечении, определяется по формуле

$$Q = 2\sqrt{(2R_{bt}bh_0^2 q_{s0})} \quad (5)$$

Результаты широкого сравнения опытных и расчетных значений несущей способности элементов с поперечной арматурой на 100 образцах авторов [1; 2; 3 и др.] показали, что в определенных случаях имеется значительное отклонение расчетных значений от опытных. Было установлено, что если при малых и средних значениях относительного расстояния груза от опоры  $a/h_0$  опытная несущая способность в большинстве случаев выше расчетной, то при больших значениях  $a/h_0$ , напротив, расчетные значения существенно превышают опытные. Элементы, разрушающиеся по наклонному сечению при больших значениях  $a/h_0$ , имеют сравнительно небольшое количество поперечной арматуры и в результате расчетное значение  $c_0$  наиболее невыгоднейшего наклонного сечения получается чрезмерно высоким по сравнению с реальной длиной трещины, что приводит к преувеличению расчетного усилия в хомутах на длине наклонного сечения. Поэтому было принято решение ограничить расчетную длину  $c_0$  горизонтальной проекции наклонного сечения, на которой учитываются хомуты, максимально возможной величиной  $2h_0$ , выразив это по предложению А.А. Гвоздева в виде ограничения количества хомутов некоторой минимальной величиной  $q_{s0, \min}$ .

Значение  $q_{s0, \min}$  определяется из формулы (4), принимая  $c_0 = 2h_0$

$$q_{s0, \min} = R_{bt}b/2 \quad (6)$$

При хомутах, когда  $q_{s0} \geq q_{s0, \min}$ , значение  $c_0$  получается меньше или равно  $2h_0$  и несущая способность может определяться по принятым расчетным зависимостям. При слабых хомутах, когда  $q_{s0} < q_{s0, \min}$ ,  $c_0 > 2h_0$ , несущая способность определяется как для элемента, у которого  $R_{bt}b/2 = q_{s0}$  и следовательно,  $c_0 = 2h_0$ , т. е. в расчетные зависимости вводится уменьшенная величина  $(R_{bt}b)1$ , равная  $2q_{s0}$ . В результате получается снижение расчетной несущей способности, что согласуется с данными опытов. При этом, очевидно, несущая способность должна приниматься не менее величин,

определяемой без учета поперечной арматуры. Наибольшие трудности возникают при установлении высоты зоны бетона  $x$  над наклонной трещиной и напряжений в продольной арматуре. Авторами [5; 6; 7] предлагалось использовать различные условия деформирования для наклонного сечения: в виде плоского поворота наклонного сечения вокруг вершины наклонной трещины; в виде плоского поворота нормального сечения, проходящего через начало и конец плоской трещины. В пределах наклонного сечения деформации крайнего волокна бетона и продольной арматуры развиваются неравномерно, поэтому поворот сечений определяется по суммарным деформациям крайнего сжатого волокна бетона и продольной арматуры в пределах длины проекции наклонной трещины  $s$ . Величина суммарной деформации  $\varepsilon_b$  укорочения бетона на верхней грани элемента может быть найдена двумя путями. В качестве первого варианта предлагается суммирование деформаций по длине  $s$ , определяемых по величине напряжений  $\sigma_b$  в верхнем блоке, используя расчетную диаграмму « $\sigma$ - $\varepsilon$ » для бетона. Напряжения в верхнем блоке вычисляются как для внецентренно сжатого элемента силой  $N_b$ , направленный к опоре [1]. По второму варианту величина  $\varepsilon_b$  определяется по предельным деформациям бетона на сжатие  $\varepsilon_{b,и}$  на некоторой ограниченной длине  $l_b$ , где концентрируются максимальные деформации на верхней грани [6]. Величина суммарной деформации  $\varepsilon_s$  в продольной растянутой арматуре может быть найдена по средним деформациям в арматуре  $\varepsilon_{sm}$  на длине  $s$  [7]. Принимая, что деформации в продольной арматуре на длине  $s$  не изменяются, искомые деформации выражаются через напряжение  $\sigma_s$  в продольной арматуре в месте пересечения ею наклонной трещины. При этом некоторыми авторами рекомендуется учитывать податливость стержней на участке от конца трещин до опоры [5; 6; 7]. При схеме деформирования в виде плоского поворота наклонного сечения относительно верхней грани элемента. Величина деформации удлинения на уровне центра тяжести сжатой зоны в направлении, перпендикулярном наклонной равнодействующей сжимающих усилий в бетоне над наклонной трещиной, принималась равной предельным деформациям удлинения бетона  $\varepsilon_{bu}$ . Угол наклона равнодействующей определялся по соотношению продольной и поперечной составляющих усилий в бетоне, которые в свою очередь находились по внешнему моменту  $M$  и по поперечному  $Q$  за вычетом соответствующих усилий хомутов. Следует отметить, что использование рассмотренных условий деформирования для определения высоты сжатой зоны и напряжений в арматуре имеет существенные недостатки в силу условности схем деформирования по наклонному сечению и недостаточной определенности входящих в нее параметров.

### **Вывод:**

На основе экспериментальных исследований работа железобетонных конструкций по наклонному сечению зависит от использованных материалов. Установка хомутов и их количество повышает несущую способность конструкций. Реальная диаграмма деформирования материалов соответствует прогнозированию механизма разрушения. При совместном действии  $Q$  и  $M$  разрушение происходит в ряде случаев раньше, чем позволяют спрогнозировать существующие методики расчета. Нагельные усилия в бетоне влияют отрицательно на условия работы бетона в растянутой зоне. Построение теории деформирования железобетонных конструкций по наклонному сечению требует дальнейших исследований с учетом длительных процессов работы конструкций, факторов совместной работы различных материалов, влияния формы сечения изгибаемых элементов на эффективность армирования.

### **Список литературы:**

1. Залесов А.С. Новый метод расчета прочности железобетонных элементов по наклонным сечениям. – В кн.: Расчет и конструирование железобетонных конструкций. М., 1977. – 382 стр.
2. Зайцев А.П., Чуприн В.Д. Особенности напряженного состояния в стержневом железобетонном элементе вблизи сосредоточенной нагрузки, приложенной по площадке. – В кн.: Исследование стержневых и плитных статически неопределимых железобетонных конструкций. М., 1979. – 374 стр.
3. Зорич А.С. К вопросу о несущей способности обычных и предварительно напряженных железобетонных элементов при поперечном изгибе. – В кн.: Строительные конструкции. Харьков, 1959. – 412 стр.
4. Ильин О.Ф. Образование наклонных трещин. – В кн.: Исследования по бетону и железобетонным конструкциям. М., Стройиздат, 1974. – 324 стр.
5. Маилян Р.Л., Шилов А.В. Нормативные и расчетные сопротивления керамзитобетона // Совершенствование расчета, проектирования и изготовления строительных конструкций: Сб. науч. тр. Ростов-на-Дону, 1995 г. – 214 стр.
6. Холмянский М.М. Скалывание изгибаемых элементов без поперечной арматуры. – В кн.: Заводская технология сборного железобетона. М., Стройиздат, 1966. – 326 стр.
7. Юшин А.В. Нелинейный анализ двухпролетных железобетонных балок, усиленных композитными материалами по наклонному сечению [Текст] // Доклады 70-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников и аспирантов университета: в 3 ч.; СПбГАСУ. – СПб., 2014. – Ч. 1. – 246 стр.

## СЕКЦИЯ 9.

### СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

#### ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕМЯН РАПСА И ЛЬНА ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ

**Шаймерденова Перизат Рашитовна**

научный сотрудник,  
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
переработки сельскохозяйственной продукции»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [niizpp\\_pprs@mail.ru](mailto:niizpp_pprs@mail.ru)

**Чаканова Жанар Мейрхановна**

заведующая лабораторией,  
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
переработки сельскохозяйственной продукции»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [niizpp\\_pprs@mail.ru](mailto:niizpp_pprs@mail.ru)

**Абдрахманов Хамза Абдуллович**

старший научный сотрудник  
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
переработки сельскохозяйственной продукции»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [niizpp\\_pprs@mail.ru](mailto:niizpp_pprs@mail.ru)

**Султанова Мадина Жумахановна**

научный сотрудник,  
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
переработки сельскохозяйственной продукции»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [niizpp\\_pprs@mail.ru](mailto:niizpp_pprs@mail.ru)

**Боровский Александр Юрьевич**

*младший научный сотрудник,  
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
переработки сельскохозяйственной продукции»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [niizpp\\_pprs@mail.ru](mailto:niizpp_pprs@mail.ru)*

**Семибаламут Александр Викторович**

*канд. техн. наук,  
ТОО «Казахский научно-исследовательский институт  
переработки сельскохозяйственной продукции»,  
Республика Казахстан, г. Астана  
E-mail: [niizpp\\_pprs@mail.ru](mailto:niizpp_pprs@mail.ru)*

## **DEPENDENCE OF QUALITY INDICATORS OF THE COLZA AND FLAX FROM THE APPLIED WAYS OF CLEANING**

**Perizat Shaimerdenova**

*researcher, LLP " Kazakh Scientific Research Institute  
of agricultural products processing",  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Zhanar Chekanova**

*head of laboratory of LLP " Kazakh Scientific Research Institute  
of agricultural products processing",  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Hamza Abdrakhmanov**

*senior researcher LLP " Kazakh Scientific Research Institute  
of agricultural products processing",  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Madina Sultanova**

*researcher, LLP " Kazakh Scientific Research Institute  
of agricultural products processing",  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Alexander Borovsky**

*junior research fellow LLP " Kazakh Scientific Research Institute  
of agricultural products processing",  
Republic of Kazakhstan, Astana*

**Alexander Semibalamut**

*Ph. D., LLP " Kazakh Scientific Research Institute  
of agricultural products processing",  
Republic of Kazakhstan, Astana*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены основные методы очистки масличных семян от примесей, сравнение параметров эффективности и производительности, основные проблемы технологии послеуборочной обработки. Дана реальная оценка применяемых методов очистки, раскрыты проблемы пневмосепарирования как метода предварительной очистки и пути решения их.

## ABSTRACT

This article describes the main methods of cleaning of oil seeds from impurities, the comparison of the parameters of efficiency and productivity, the main problems of post-harvest technologies. Given a realistic assessment of methods for treatment, disclosed the problems of pneumoseparation as pre-treatment and ways of solving them.

**Ключевые слова:** рапс; лен; пневмосепаратор; очистка; примесь.

**Keywords:** colza; flax; pneumoseparator; cleaning; impurity.

Обеспечение сохранности качественных и количественных параметров выращенного урожая, предназначенного как для технологических, так и для посевных целей, во многом зависит от состава технологических операций послеуборочной обработки, механизации процессов, наличия и состояния технологического оборудования.

Семена масличных культур, поступающие на предприятия, представляют собой, как правило, смесь, состоящую из семян основной культуры и различных примесей – сорных, масличных и металлических. Уровень засоренности в значительной степени влияет, как на возможность безопасно сохранить семенное сырье, так и на технологические и качественные параметры получаемой из него продукции. В связи с этим, очистка семян от примесей

является одной из важнейших технологических операций послуборочной обработки маслосемян.

В настоящее время основными методами очистки масличных семян от примесей являются следующие:

- очистка семян от примесей, основанная на разделении смеси семян и сора по величине и форме составляющих ее компонентов. Такая очистка производится путем просеивания засоренных семян через сито с различной величиной и формой отверстий;
- очистка семян, основанная на различии аэродинамических свойств семян основной культуры и примесей. Для такой очистки используются машины, работа которых основана на принципе сепарации семенной массы в воздушном потоке. В практике, для более тщательной очистки, применяется комбинирование обоих методов очистки.

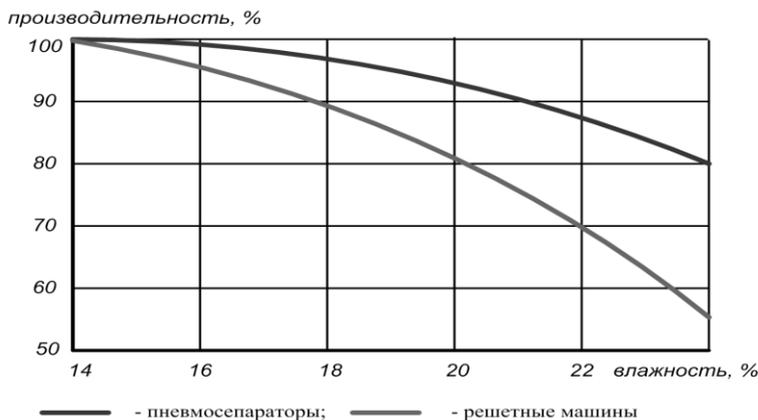
Предприятия, специализированные на послуборочной обработке семян масличных культур, применяют для этих операций воздушно-решетные сепараторы зерна БСХ-100, ОЗФ-50, центробежные сепараторы БЦС-50, пневмосепараторы ПСМ, САД, Алмаз, ПОВЗ. Хозяйства с малым и средним объемом производства используют зерноочистительные линии для первичной и вторичной очистки ЗАВ-20; ЗАВ-40, включающие решетные машины ЗВС-10; ЗВС-20 и триера ЗАВ-10 [1, стр. 108].

Анализ применения воздушно-решетных сепараторов показывает, что они эффективны при очистке зернового вороха влажностью до 16 %. В условиях, когда средняя влажность зернового вороха превышает 20 %, решетные машины малоэффективны, в особенности виброцентробежные.

Пневмосепараторы просты и надежны по конструкции, способны эффективно работать на влажном (до 30%) и засоренном свыше 10% зерновом ворохе, к тому же, воздушный поток является наиболее безопасным рабочим органом с точки зрения травмирования зерна. Однако применение пневмосепараторов связано с более высокими энергозатратами на процесс очистки. Так, в сравнении с решетными и воздушно-решетными зерноочистительными машинами, удельная энергоемкость пневмосепараторов выше на 20–40 %, что приводит к росту себестоимости очистки зерна.

Исследования показывают, что при требуемом качестве очистки производительность пневмосепараторов, с увеличением влажности исходного зернового вороха от 14 до 24 %, снижается на 20 %, решетных зерноочистительных машин – на 45 % (рисунок 1).

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт переработки сельскохозяйственной продукции» в настоящее время проводит исследования по теме «Обеспечение сохранности зернобобовых и масличных культур на основе совершенствования технологии послеуборочной обработки и хранения».



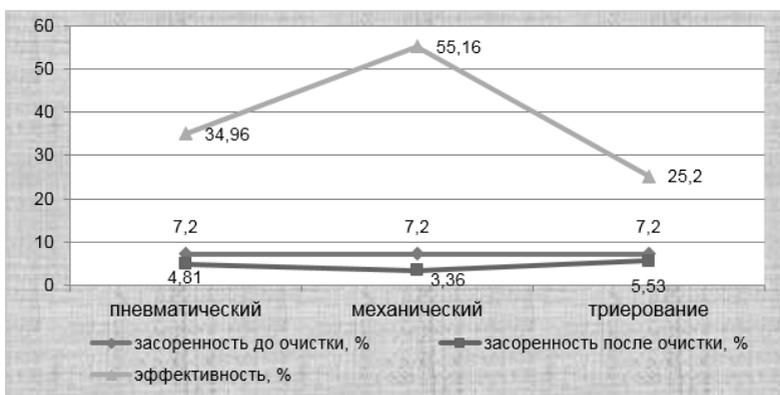
**Рисунок 1. Влияние влажности зернового вороха на фактическую производительность зерноочистительных машин**

Работа направлена, в основном, на разработку технологий и созданию технических средств, обеспечивающих высокое качество предварительной и первичной очистки вороха масличных и технических культур при минимальных затратах энергии. В условиях производственной базы и непосредственно на предприятиях проведены экспериментальные исследования для определения зависимости качественных показателей очистки семян рапса и льна от применяемых способов очистки (пневматический, механический, триерование). Результаты показывают, что при очистке рапса лучшее выделение примесей обеспечивает решетная очистка – 55,16 %, очистка в пневмоканале позволяет выделить – 34,96 % примесей (рис. 2).

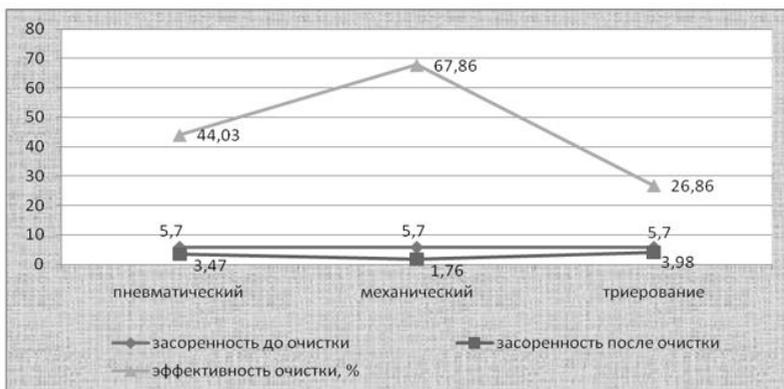
Результаты исследований очистки семян льна показывают, что наибольшая полнота выделения примесей обеспечивается также при решетной очистке и достигает 67,86 % (рис. 3).

Более высокая эффективность пневмосепарации при очистке рапса по сравнению со льном связана с тем, что скорость витания рапса выше, чем у льна, а это позволяет увеличить скорость воздушного потока до 4 м/с.

Низкая эффективность пневмосепарации семян льна объясняется тем, что скорость воздушного потока в пневмоканале ограничена значением 2,6–2,8 м/с, во избежание выноса в отходы основной культуры (скорость витания льна 3,5 м/с). В результате значительное количество примесей со скоростью витания выше 3,0 м/с остается в очищенном ворохе.



**Рисунок 2. Эффективность очистки семян рапса в зависимости от способов очистки и засоренности исходного вороха**



**Рисунок 3. Эффективность очистки семян льна в зависимости от способов очистки и засоренности исходного вороха**

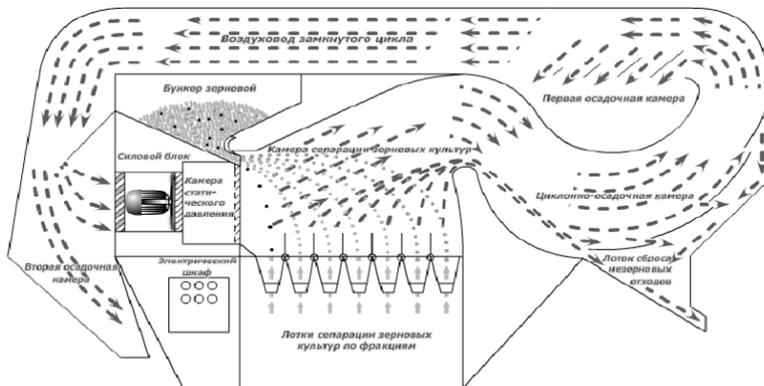
Высокая эффективность решетной очистки бесспорна, однако, при высокой влажности (14...45 %) и засоренности (3...25 %) вороха, поступающего с полей наиболее эффективным является применение технологии предварительной очистки пневмосепарированием и последующей основной очистки воздушно-решетными машинами.

Решение проблемы своевременной и эффективной предварительной очистки пневмосепарированием при минимальных энергозатратах является актуальной задачей для северного региона Казахстана с резко-континентальным климатом и сложными погодными условиями в период уборки. Постоянное совершенствование конструкций пневмосепараторов, наблюдаемое в настоящее время, существенного повышения качества сепарации зернового вороха от сорных примесей и сортирования семян, а так же заметного снижения энергозатрат на процесс пневмосепарации не дает. Это, в основном, является причиной того, что исследования процесса пневмосепарации сыпучих материалов в большей степени направлены на повышение качества разделения материалов на фракции, в то же время недостаточно внимания уделяется вопросам малоэнергоемких способов образования воздушного потока и влияния параметров генераторов для создания направленных воздушных потоков на энергетические показатели.

Повышение эффективности выполнения технологического процесса послеуборочной обработки зерна пневмосепараторами, снижение энергозатрат на процесс, совершенствование процесса сепарации зернового вороха сельскохозяйственных культур в воздушном потоке, использование малоэнергоемких способов образования воздушного потока, обоснование оптимальных параметров генератора воздушных потоков – часть задач, которые ставит перед собой ТОО «Казахский научно-исследовательский институт переработки сельскохозяйственной продукции».

В настоящее время проведено обоснование конструктивно-технологической схемы пневмосепаратора с осевым вентилятором и замкнутым циклом движения воздуха, энергозатраты при использовании которой ниже на 12–30 % в сравнении с существующими аналогами.

По результатам проведенной работы планируется создание экспериментального пневмосепаратора, конструктивно-технологическая схема которого представлена ниже (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Схема пневмосепаратора с осевым вентилятором и нагнетанием воздушного потока в рабочий канал (при замкнутом цикле движения воздуха)**

#### Список литературы:

1. Система машин и оборудования послеуборочной обработки, хранения и переработки зерна на 2006–2010 гг. А.А. Оспанов. – Астана: НИИЗПП, 2006. – 329 с.

## СЕКЦИЯ 10.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

#### СИНТЕЗ 3-ГИДРОКСИ-2-ОКСОИЛИДЕН-1,5-ДИГИДРО- 2Н-ПИРРОЛОВ ИЗ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АЗОМЕТИНОВ

**Козьминых Владислав Олегович**

*д-р хим. наук, профессор,  
зав. кафедрой химии Пермского государственного  
гуманитарно-педагогического университета,  
РФ, г. Пермь  
E-mail: [kvoncstu@yahoo.com](mailto:kvoncstu@yahoo.com)*

**Муковоз Пётр Петрович**

*канд. хим. наук, преподаватель  
Оренбургского филиала Московского технологического института,  
РФ, г. Оренбург  
E-mail: [mpp27@mail.ru](mailto:mpp27@mail.ru)*

#### SYNTHESIS OF 3-HYDROXY-2-OXOYLIDENE-1,5- DIHYDRO-2H-PYRROLES FROM 1,3,4,6- TETRACARBONYL COMPOUNDS AND AZOMETHINES

**Vladislav Kozminykh**

*doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Chemical Section  
of the Perm State Humanitarian Pedagogical University,  
Russia, Perm*

**Peter Mukovoz**

*candidate of Chemical Sciences, Teacher  
of the Orenburg Division of Moscow Technological Institute,  
Russia, Orenburg*

## АННОТАЦИЯ

Описана технология препаративного синтеза 3-гидрокси-2-оксоилиден-1,5-дигидро-2*H*-пирролов, образующихся в результате взаимодействия 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с азометинами или их синтетическими эквивалентами – ариламинами и альдегидами или кетонами. Обсуждаются особенности строения полученных соединений.

## ABSTRACT

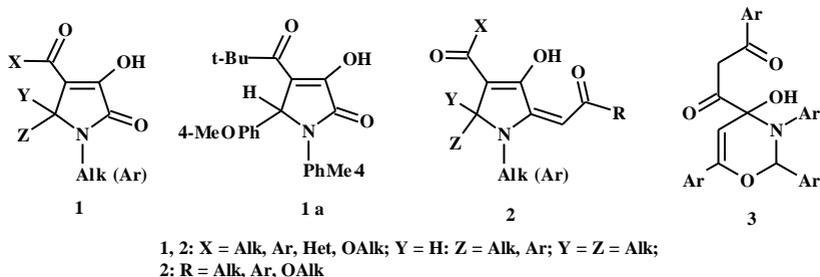
The technology for preparative synthesis of 3-hydroxy-2-oxoylidene-1,5-dihydro-2*H*-pyrroles, which are formed on result of the reaction of 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds with azomethines or their synthetic equivalents, namely aryl amines and aldehydes or ketones, is described. The structure features of prepared compounds are discussed.

**Ключевые слова:** 3-гидрокси-2-оксоилиден-1,5-дигидро-2*H*-пирролы; технология; синтез; 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения; азометины.

**Keywords:** 3-hydroxy-2-oxoylidene-1,5-dihydro-2*H*-pyrroles; technology; synthesis; 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds; azomethines.

Препаративные особенности и технологические условия синтеза широкого ряда биологически активных 3-гидрокси-1,5-дигидро-2*H*-пиррол-2-онов (**1**) (рис. 1) разработаны достаточно подробно (см., например, статьи [2; 3; 11]). Оксоилиденпроизводные соединений (**1**) по лактамному карбонилу – пирролины (**2**) – до наших исследований [3; 4; 7–9] не были известны. Отметим, что мы сообщали ранее о результатах изучения взаимодействия 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений (ТКС) и родственных оксо-систем с аминами, азометинами (илиденаминами, основаниями Шиффа), а также некоторыми азинами в синтезе разнообразных азотсодержащих гетероциклов и оксоенаминов [3; 4].

Целью настоящей работы является анализ данных о взаимодействии ТКС с основаниями Шиффа и их синтетическими предшественниками – ариламинами и альдегидами или кетонами, а также обсуждение строения продуктов этих реакций – 2-оксоилидензамещённых 3-гидрокси-1,5-дигидро-2*H*-пирролов (**2**: общий вид – см. рис. 1).

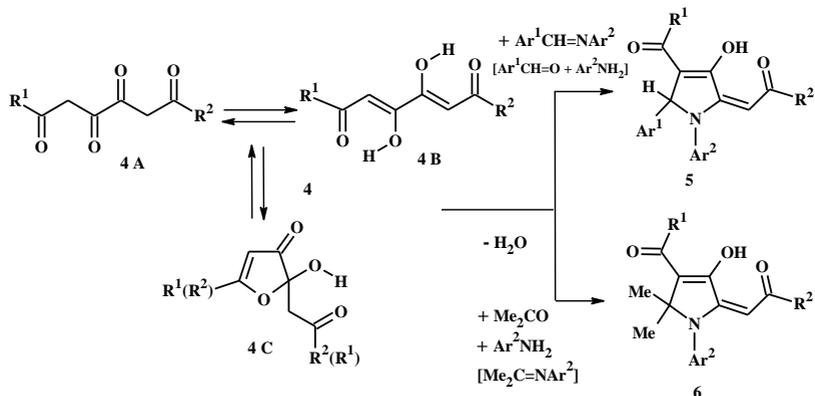


**Рисунок 1. Структурное разнообразие 3-гидрокси-1,5-дигидро-2H-пирролов (1), (2) и альтернативные 4-гидрокси-3,4-дигидро-2H-1,3-оксазин-4-оны (3)**

Вопреки сообщениям о выделении 4-гидрокси-3,4-дигидро-2H-1,3-оксазин-4-онов (3) (рис. 1) при действии оснований Шиффа на 1,6-диарил-1,3,4,6-гексантетраоны (4:  $R^1 = R^2 = Ar$ ) (критическое обсуждение структурных данных приведено в работах [3; 4]), нами в результате этой реакции получены иные продукты – производные пиррола (5:  $R^1 = R^2 = Ar$ ) [3; 4; 7–9].

Так, гетероциклизация ТКС (4: таутомеры 4A, 4B и 4C;  $R^1 = R^2 = Alk$ ;  $R^1 = Ar$ ,  $R^2 = OAlk$ ; сведения об их синтезе и строении – см. работы [1; 5; 10]) при действии арилиденариламинов или смеси ароматических альдегидов и аминов приводит к образованию 2-оксоиленпроизводных (ненасыщенных кетонов или эфиров) 4-ацил-3-гидрокси-1,5-диарил-1,5-дигидро-2H-пирролов (5:  $R^1 = R^2 = Alk$ ;  $R^1 = Ar$ ,  $R^2 = OAlk$ ) [3; 4; 8] (рис. 2; табл. 1 – приведены представители каждого ряда структур).

В результате трёхкомпонентной реакции ТКС (4:  $R^1 = Alk$ ,  $R^2 = OAlk$ ;  $R^1 = OAlk$ ,  $R^2 = Alk$ ;  $R^1 = R^2 = OAlk$ ; сведения об их синтезе – см. работы [6; 10]), имеющих по крайней мере одну терминальную сложноэфирную группу, с ацетоном и ариламинами получены соответствующие 2-оксоиленпроизводные 1-арил-3-гидрокси-5,5-диметил-1,5-дигидро-2H-пирролов (6:  $R^1 = Alk$ ,  $R^2 = OAlk$ ;  $R^1 = OAlk$ ,  $R^2 = Alk$ ;  $R^1 = R^2 = OAlk$ ) [3; 4; 7; 9] (рис. 2, табл. 1).

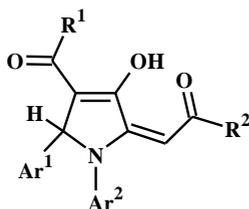


**Рисунок 2. Взаимодействие 1,6-дизамещённых 1,3,4,6-тетракетонов с азометинами как технологичный метод препаративного синтеза 2-оксилидензамещённых 3-гидрокси-1,5-дигидро-2H-пирролов**

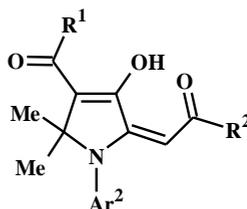
Строение пирролов (5) и (6) установлено на основании данных ИК, ЯМР <sup>1</sup>H спектроскопии, масс-спектрометрии и рентгеноструктурного анализа (РСА) [7–9]. Сравнительные спектральные характеристики некоторых из полученных соединений (5) и (6) представлены в табл. 2. В качестве объекта сопоставления спектральных данных по маркерным сигналам выбран известный аналог – 3-гидрокси-5-*n*-метоксифенил-4-пivalоил-1-*n*-толил-2,5-дигидро-1H-пиррол-2-он (1a) [2]. Данные спектров изученных соединений удовлетворительно согласуются между собой и соответствуют установленным структурам. Результаты РСА окончательно подтверждают строение соединений (5), (6) в кристаллическом состоянии. В растворах дейтерированных растворителей – хлороформе (CDCl<sub>3</sub>) и диметилсульфоксиде (DMCO-*d*<sub>6</sub>) – синтезированные пирролы имеют структуру, аналогичную твердофазной.

Таблица 1.

Матрица данных по некоторым представителям двух групп  
2-оксолиденпроизводных пиррола (5) и (6)



5



6

Соединение	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	Ar <sup>1</sup>	Ar <sup>2</sup>	Т. пл., °С, (растворитель, [лит.] *)	Выход, %
5a	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	4-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	167–170 (метанол) [8]	69
5b	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	OCH <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	244–246 (метанол) **	23
6a	CH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	–	4-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	135–137 (ацетон) [9]	10
6b	OCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	–	4-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	230–231 (ацетон) [9]	13
6c	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	–	4-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub>	150–152 (ацетон) [7]	52

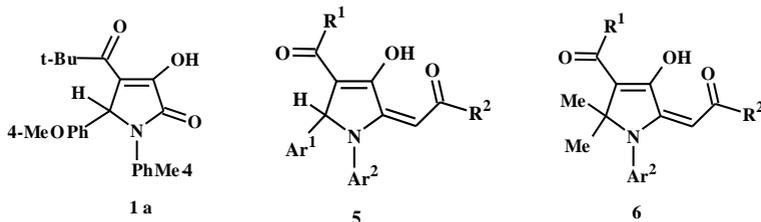
Примечания.

\* Приведены: температура плавления (в °С), растворитель для кристаллизации, ссылка на литературу.

\*\* Не опубликованные ранее данные.

Таблица 2.

Сравнительные спектральные характеристики производных пиррола (5), (6) и модельного 2-пирролона (1а)



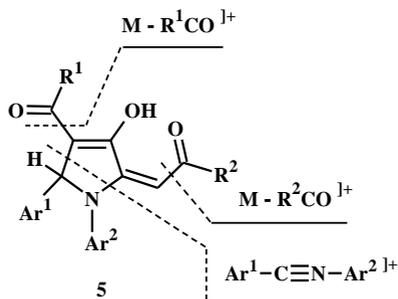
Соединение	Характеристические сигналы в спектрах	
	ИК, $\nu$ , $\text{см}^{-1}$ (кристаллы)	ЯМР $^1\text{H}$ , $\delta$ , м.д. ( $\text{CDCl}_3$ , $\text{DMCO}-d_6$ )
<b>1a</b>	3118 (OH), 1683 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1632 ( $\text{COBu}-t$ )	$\text{CDCl}_3$ : 5,87 с ( $\text{C}^5\text{H}$ ); $\text{DMCO}-d_6$ : 5,98 с ( $\text{C}^5\text{H}$ )
<b>5a</b>	2925 (OH), 1639 ( $\text{COMe}$ )	$\text{CDCl}_3$ : 5,16 с ( $>\text{C}^2=\text{CH}$ ), 5,80 с ( $\text{C}^5\text{H}$ ), 17,69 с ( $\text{C}^3\text{-OH}$ ); $\text{DMCO}-d_6$ : 5,23 с ( $>\text{C}^2=\text{CH}$ ), 6,13 с ( $\text{C}^5\text{H}$ ), 18,13 с ( $\text{C}^3\text{-OH}$ )
<b>5b</b>	3430 (OH), 1696 ( $\text{COOMe}$ ), 1664 ( $\text{COPh}$ )	$\text{CDCl}_3$ : 5,99 с ( $>\text{C}^2=\text{CH}$ ), 6,21 с ( $\text{C}^5\text{H}$ ), 8,16 с ( $\text{C}^3\text{-OH}$ )
<b>6a</b>	2625 (OH), 1823 ( $\text{COOMe}$ ), 1638 ( $\text{COMe}$ )	$\text{CDCl}_3$ : 4,30 с ( $>\text{C}^2=\text{CH}$ ), 15,10 с ( $\text{C}^3\text{-OH}$ )
<b>6b</b>	2690 (OH), 1678 ( $\text{COOMe}$ ), 1637 ( $\text{COMe}$ )	$\text{CDCl}_3$ : 4,67 с ( $>\text{C}^2=\text{CH}$ ), 17,62 с ( $\text{C}^3\text{-OH}$ )
<b>6c</b>	2950 (OH), 1694 ( $\text{COOMe}$ )	$\text{CDCl}_3$ : 4,30 с ( $>\text{C}^2=\text{CH}$ ), 14,99 с ( $\text{C}^3\text{-OH}$ )

В ИК спектрах пирролинов (5), (6) кроме полос поглощения карбонильных звеньев присутствуют уширенные низкочастотные полосы валентных колебаний гидроксильных групп  $\nu$  3100–2530  $\text{см}^{-1}$ , а также поглощение  $\text{C}=\text{C}$  связей 1603–1509  $\text{см}^{-1}$  и деформационные колебания групп  $\text{CH}$  ароматических колец около 800  $\text{см}^{-1}$  [7–9]. Отметим, что поглощение сложноэфирных карбонильных групп некоторых пирролинов (6), например соединения (6а) (табл. 2), наблюдается в необычно высокочастотной области 1799–1824  $\text{см}^{-1}$ , что свидетельствует об отсутствии как внутримолекулярных, так и межмолекулярных связей группы  $\text{C}=\text{O}$ . Для сравнения укажем, что поглощение карбонильных групп ацильного звена пирролинов (5) и (6) ( $\text{R}^{(2)} = \text{Alk}, \text{Ar}$ ) наблюдается в низкочастотной области – около

1639–1645 см<sup>-1</sup>, что свидетельствует о наличии внутри- или межмолекулярных контактов с участием ацильных групп.

В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H пирролинов (5), (6) кроме сигналов протонов алкильных групп и арильных колец присутствуют характеристические синглеты метинового протона оксолиденового звена в широком диапазоне δ 4,27–6,13 м.д. и гидроксильной группы кольчатого енола 14,90–18,13 м.д. [7–9] (табл. 2).

Масс-фрагментация пирролинов (5) под действием электронного удара осуществляется в трёх основных направлениях – с последовательным отщеплением ацильных ионов R<sup>1</sup>(2)C≡O<sup>1+</sup> и разрывом связи C<sup>1</sup>-C<sup>5</sup> с элиминированием арилиминиевого иона (рис. 3). Так, в масс-спектре соединения (5b) присутствуют сигналы следующих ионов (для каждого пика приведены значения массового числа m/z и в скобках – интенсивность в процентах по отношению к максимальному пику, указаны отчётливые сигналы с интенсивностью не менее 3 %): 411 (9) M<sup>1+</sup>, 380 (17) M – OMe<sup>1+</sup>, 379 (5) M – OMe – H<sup>1+</sup>, 306 (10) M – PhC≡O<sup>1+</sup>, 274 (100) M – PhC≡O – OMe<sup>1+</sup>, 246 (4) M – PhC≡O – CO – OMe<sup>1+</sup>, 222 (4) Ph-C(NHPh)=CH-C≡O<sup>1+</sup>, 181 (3) PhCH=NPh<sup>1+</sup>, 180 (15) PhC≡NPh<sup>1+</sup>, 105 (13) PhC≡O<sup>1+</sup>, 77 (20) Ph<sup>1+</sup>, 73 (5) CH<sub>2</sub>COOMe<sup>1+</sup>.



**Рисунок 3. Схема основных направлений масс-фрагментации илиденпирролинов (5) под действием электронного удара**

В масс-спектрах высокого разрешения для соединений (5), (6) отмечены характеристические сигналы протонированных и катионированных молекул [M+H]<sup>+</sup> и [M+Na]<sup>+</sup>, а также кластерных ионов [2M+Na]<sup>+</sup> [8; 9].

Таким образом, нами обобщены данные по технологически значимым реакциям 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с азоме-

тинами и их синтетическими эквивалентами – ариламинами и ароматическими альдегидами или кетонами. Отмечены особенности строения продуктов реакций – 2-оксолидензамещённых 3-гидрокси-1,5-дигидро-2Н-пирролов.

### Список литературы:

1. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонов с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 3) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – Оренбург, 2007. – Вып. 5 (69). – С. 138–148.
2. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Зыкова С.С., Колла В.Э., Шуклина Н.С., Одегова Т.Ф. Синтез и фармакологическая активность 3-гидрокси-1,5-диарил-4-пивалоил-2,5-дигидро-2-пирролонов // Химико-фармацевтический журнал. – 2002. – Т. 36. – № 4. – С. 23–26.
3. Козьминых В.О., Муковоз П.П. Новые представления о взаимодействии 1,3,4,6-тетракарбонильных систем с азометинами, краткий обзор реакций с аминами и азинами // Приволжский научный вестник. Научно-практический журнал. – Ижевск: изд-во "Издательский Центр Научного Просвещения", май 2015. – № 5-1 (45). – С. 33–43.
4. Козьминых В.О., Муковоз П.П. Трёхкомпонентные реакции 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с ариламинами и кетонами или ароматическими альдегидами // Естественные и математические науки в современном мире. Сборник статей по материалам XXXVII международной заочной науч.-практ. конф., Новосибирск, 7 декабря 2015 г. – Новосибирск: изд-во "СибАК", 2015 (в печати).
5. Козьминых Е.Н., Гончаров В.И., Оборин Д.Б., Козьминых В.О. Простой метод синтеза эфиров 2-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидрофуран-2-илуксусной кислоты // Химия гетероциклических соединений. – 2007. – № 5 (479). – С. 782–784.
6. Муковоз П.П., Дворская О.Н., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения эфиров 3,4-дигидрокси-1,6-гександиовой кислоты // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – Иваново: ИГХТУ, 2011. – Т. 54. – № 5. – С. 96–100.
7. Муковоз П.П., Козьминых В.О., Андреева В.А., Ельцов О.С., Слепухин П.А., Козьминых Е.Н. Способ получения и строение эфиров (5E)-4-гидрокси-5-(2-алкокси-2-оксоэтилиден)-2,2-диметил-1-(4-метилфенил)-2,5-дигидро-1Н-пиррол-3-карбонных кислот // Журнал органической химии. – 2015. – Т. 51. – № 6. – С. 877–879.
8. Муковоз П.П., Козьминых В.О., Козьминых Е.Н., Горбунова А.В., Слепухин П.А., Ганебных И.Н., Ельцов О.С. Особенности взаимодействия 1,3,4,6-тетракетонов с п-толуидином и бензальдегидом // Журнал органической химии. – 2016 (в печати).

9. Муковоз П.П., Слепухин П.А., Козьминых В.О., Андреева В.А., Ельцов О.С., Ганебных И.Н., Козьминых Е.Н. Особенности реакции эфиров 3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-алкадиеновых кислот с ацетоном и п-толуидином // Журнал общей химии. – 2015. – Т. 85. – № 12. – С. 1983–1988.
10. Муковоз П.П., Тарасова В.А., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения метиловых эфиров 3,4,6-триоксоалкановых кислот // Журнал органической химии. – 2014. – Т. 50. – № 11. – С. 1698–1700.
11. Перевалов С.Г., Бургарт Я.В., Салоутин В.И., Чупахин О.Н. (Гет)ароилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные "строительные блоки" для органического синтеза // Успехи химии. – 2001. – Т. 70. – № 11. – С. 1039–1058.

## СЕКЦИЯ 11.

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

#### ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОВОЩНЫХ ЦУКАТОВ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ В МОЛОЧНЫЕ ЙОГУРТЫ

*Гуз Елена Александровна*

*ассистент, ДВФУ,  
РФ, о. Русский, г. Владивосток  
E-mail: [mandarinkalena@yandex.ru](mailto:mandarinkalena@yandex.ru)*

*Левочкина Людмила Владимировна*

*канд. техн. наук, доцент, ДВФУ,  
РФ, о. Русский, г. Владивосток  
E-mail: [yovslev@yandex.ru](mailto:yovslev@yandex.ru)*

#### RATIONALE FOR THE USE OF VEGETABLE CANDIED AN INGREDIENT IN DAIRY YOGURT

*Elena Guz*

*assistant, Far Eastern Federal University,  
Russia, Russkiy island, Vladivostok*

*Lyudmila Liovochkina*

*Ph.D., associate professor, Far Eastern Federal University,  
Russia, Russkiy island, Vladivostok*

*Работа поддержана Российским научным фондом в рамках  
Соглашения № 14-50-00034 между Российским научным фондом  
и ДВФУ о предоставлении гранта на реализацию в 2014–2018 годах  
комплексной научной программы «Технологии мониторинга  
и рационального использования морских биологических ресурсов»*

по направлению № 3 «Разработка инновационных лекарственных препаратов и функциональных пищевых продуктов» на 2015 год.

### АННОТАЦИЯ

Обосновано использование овощных цукатов в технологии молочных йогуртов. Научно доказано, что добавление цукатов улучшает органолептические и структурно-механические свойства не питьевых йогуртов. Добавление овощных цукатов придает молочной основе йогурта естественный оранжевый цвет, что исключает добавление искусственных красителей.

### ABSTRACT

The usage of candied vegetables in the milk yogurt technology has been substantiated. It is scientifically proven that the addition of candied vegetables improves the organoleptic and structural and mechanical properties of not drinking yoghurt. Adding of candied vegetables gives a milk-based yogurt natural orange color, which excludes the addition of artificial colorings.

**Ключевые слова:** йогурт; овощное сырье; цукаты; морковь; тыква.

**Keywords:** yogurt; raw vegetables; candied vegetables; carrots; pumpkin.

Йогурты считаются самыми популярными носителями пищевых пробиотических микроорганизмов, которые оказывают положительное действие на функционирование всех систем организма. Поэтому, потребители намного чаще обращают свое внимание на йогурты, содержащие пробиотические культуры [7, с. 2261].

Йогурт – ферментированный молочный продукт, который широко употребляется в качестве питательного продукта, благодаря его органолептическим свойствам [9, с. 158]. Йогурт готовится путем брожения коровьего молока, с использованием сквашивающих культур *Lactobacillus delbruiikii* подвида *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и термофильных стрептококков, при условии соблюдения специальных температурных и временных параметров [10, с. 49]. Роль этих двух бактерий очень велика, так как именно они способны контролировать кислотность сквашивающей среды и образование ароматических соединений. Пробиотические бактерии способны выживать в кислой среде, в частности – в желудочно-кишечном тракте. Таким образом, йогурты, содержащие живые бактерии, благотворно влияют на функции кишечника и укрепляют здоровье. В частности, обеспечивают правильный баланс и работу кишечной

флоры, укрепляют кишечный барьер, а, следовательно, и иммунную систему человека [11, с. 2].

При увеличении кислотности казеиновые мицеллы денатурируют, в результате образуется коагулированный гель. Летучие соединения, которые вносят вклад в конечный аромат йогурта, разделяются на четыре группы: энергонезависимые карбоновые кислоты (молочная или пировиноградная), летучие карбоновые кислоты (масляная или уксусная), карбонильные соединения (ацетальдегид или диацетил), diketоны (2,3-бутандион и 2,3-пентандион) и прочие органические соединения (аминокислоты или продукты, образованные термической деструкцией) [9, с. 159].

Овощное сырье богато комплексом макро- и микроэлементов, клетчаткой, благотворно влияющих на очищающие функции организма человека, а также снижающих риск сердечно сосудистых заболеваний [12, с. 507]. Исследования, проведенные американскими учеными доказали, что низкое потребление овощей детьми во всех возрастах влечет за собой необратимые последствия в функционировании всех систем организма [8, с. 112]. Чтобы увеличить потребление овощей населением любого возраста, целесообразно вводить их в различные продукты питания, например, йогурты. Из всего многообразия овощей в нашей работе были выбраны морковь и тыква, как источники большого количества микронутриентов и пищевых волокон. Благодаря своей плотной структуре эти овощи можно использовать для приготовления цукатов, с последующим введением в молочные йогурты.

Для приготовления овощных цукатов брали морковь [3, с. 3] и тыкву [4, с. 4], соответствующие требованиям нормативной документации. Овощные цукаты готовили по схеме, которая состояла из следующих операций: подготовка сырья, удаление несъедобных частей, нарезка овощей кубиками 2х2 см или прямоугольной формы, варка в сахарном сиропе для достаточного насыщения сахаром овощных кусочков до содержания сухих веществ 75–85 % по массе, отделение от сиропа и сушку до остаточной влажности 15–25 %.

Йогурт молочный готовили в соответствии с нормативной документацией [6, с. 5]. Молоко кипятили, остужали, процеживали, добавляли закваску молочнокислых микроорганизмов, перемешивали и сквашивали в течение 5–7 часов в зависимости от активности закваски.

Органолептическую оценку йогуртов с овощным пюре проводили среди студентов, обучающихся по пищевым направлениям в Школе Биомедицины Дальневосточного Федерального Универ-

ситета. Йогурт с добавлением цукатов из моркови, приготовленный из коровьего молока с применением культур термофильного стрептококка *Streptococcus thermophilus* и болгарской палочки *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* был запакован в непрозрачные пластиковые стаканчики желтого цвета. Йогурт с добавлением овощных цукатов из тыквы, приготовленный из коровьего молока с применением культур термофильного стрептококка *Streptococcus thermophilus* и болгарской палочки *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* был запакован в оранжевые стаканчики. Студентам предлагалось попробовать содержимое обоих стаканчиков и заполнить необходимые формы дегустационного анализа, содержащие шкалу органолептической оценки, в соответствии с которой 1 – неудовлетворительная оценка, 5 – отличная оценка. Оценивались такие критерии, как вкус, цвет, аромат, консистенция, мягкость структуры.

Реологические характеристики йогуртов определяли с помощью программируемого вискозиметра Брукфильда DV-II+PRO, путем погружения шпинделя в середину образца тиксотропной жидкости, при этом уровень жидкости должен был достигнуть канавки на валу шпинделя. Дискообразный шпиндель погружали медленно и под наклоном, чтобы избежать образования пузырьков воздуха под нижней плоскостью диска. При этом избегали приложения к оси боковой нагрузки. Перед измерением проверяли глубину погружения шпинделя и горизонтальность вискозиметра. Для измерения высокой вязкости использовали маленькие шпиндели и изменяющуюся скорость, чтобы проверить силу образовавшегося кисломолочного сгустка. Данные вязкости, напряжения сдвига, а также скорости сдвига снимали с монитора вискозиметра. Ждали некоторое время для стабилизации показаний вязкости. Время ожидания зависело от скорости, на которой работает вискозиметр, и характеристик жидкости [2, с. 19]/

Для определения сухих веществ и начальной влажности был использован воздушный способ сушки в печи. Брали 20 г опытных образцов тыквы и экспериментального образца йогурта и высушивали в сушильном шкафу (WFO-600ND, ТокуоRи-Kakai, Япония) при температуре 105 °С в течение 24 часов. Содержание влаги определяли из соотношения изменений веса исследуемого образца до и после сушки, используя следующие уравнения (1, 2):

$$MR = \frac{Mt - Me}{Mo - Me} \quad (1)$$

$$Me = \frac{Mo \times Mf - Mm}{Mo + Mf - 2Mm} \quad (2),$$

где: М – содержание влаги в точке в любое время сушки;

Me, Mo, Mп, и Mf – равновесие, первоначальное, среднее и финальное содержание влаги, соответственно [13, с. 2].

Физико-химические показатели приготовленных овощных цукатов отвечали следующим параметрам (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Физико-химические показатели приготовленных овощных цукатов**

Наименование показателя	Цукаты из моркови	Цукаты из тыквы
Массовая доля сухих веществ, %	81,25	79,75
Влажность, %	18,75	21,25

После приготовления цукатов их измельчали до требуемого размера, чтобы ввести их в молочные йогурты. Исследования подбора размера цукатов в молочные йогурты представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Органолептическая оценка йогуртов в зависимости от массы и формы цукатов**

Наименование показателя	Крупка (с использованием крупной терки), 0,07 гр.	Мелкая соломка, 0,03 гр.	Мелкий кубик, 0,11 гр.	Крупная соломка, 0,15 гр.	Крупный кубик, 0,25 гр.
Консистенция	5	5	5	4	4
Вкус	4	5	4	3	3
Внешний вид	5	5	4	4	3
Цвет	4	5	4	3	3

В результате органолептической оценки йогуртов с различной формой нарезки цукатов можно сделать вывод, что наилучшими органолептическими показателями обладали йогурты, в которых цукаты были нарезаны в форме мелкой соломки, именно эта форма нарезки больше всего подходила для сочетания с молочным йогуртом, масса каждого кусочка не превышала 0,03 гр.

Главной задачей было произвести йогурты с таким количеством цукатов, чтобы йогурты отвечали всем показателям действующей нормативной документации [5, с. 26]. Рациональное количество овощных цукатов подбирали в соответствии с органолептическими, физико-химическими и реологическими характеристиками. Содер-

жание цукатов меняли от 5 до 30 % по отношению к массе йогурта (табл. 3).

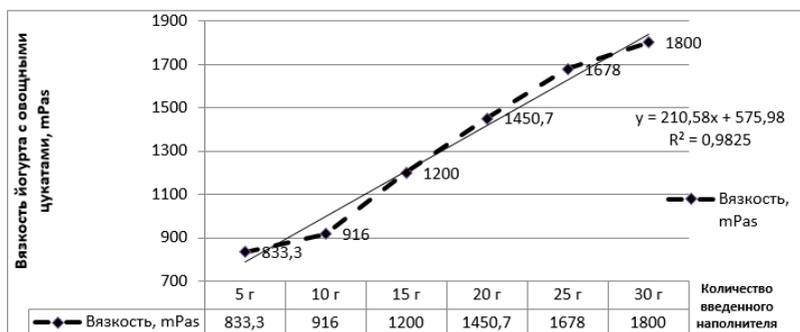
**Таблица 3.**

**Влияние содержания наполнителя на органолептические показатели йогурта**

Наименование показателя	% содержания цукатов					
	5	10	15	20	25	30
Консистенция	5	5	5	4	3	3
Вкус	4	4	5	4	4	3
Внешний вид	5	5	5	5	4	3
Цвет	4	5	5	5	4	3
Запах	5	5	5	5	5	4

Как показывают исследования, наилучшими органолептическими свойствами обладают йогурты с содержанием овощных цукатов 15 %. При таком количестве цукатов йогурт имел приятный кисломолочный ровный вкус с включением добавки. Консистенция нежная, в меру вязкая, цвет слегка оранжевый, что обуславливается цветом введенного наполнителя и не требует последующего введения дополнительных пищевых красителей.

Исследование реологических свойств йогуртов с разным содержанием овощных цукатов показали, что при увеличении добавки, вязкость йогурта увеличивается, в результате чего происходит потеря потребительских свойств (рис. 1).



**Рисунок 1. Влияние количество вводимых цукатов на вязкость йогурта**

Увеличение вязкости йогурта связано с тем, что с введением овощных цукатов в йогурты происходит дополнительное образование тиксотропно-объемных связей, что способствует структурированию системы и чем большее количество добавки вводится, тем структура йогурта становится более объемной и разветвленной. Также, морковь и тыква содержат пищевые волокна, которые являются структурообразователями [1], которые повышают вязкость продукта. Все это в совокупности приводит к увеличению вязкости йогуртов с цукатами прямо пропорционально их содержанию в продукте.

Важным критерием в определении срока хранения йогуртов являются микробиологические показатели. Готовые йогурты с овощными цукатами были исследованы на изменение КОЕ микроорганизмов в процессе хранения. Изменение количества молочнокислых бактерий в процессе хранения находилось в пределах, рекомендуемых нормативной документацией [5, с. 37] йогуртов представлены в таблице 4.

**Таблица 4.**

**Микробиологические показатели йогуртов в процессе хранения**

Микробиологические показатели	Период хранения, ч											
	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Йогурт молочный с добавлением овощных цукатов												
БГКП	Отс.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КМАФАМ, КОЕ, не менее	9x10 <sup>6</sup>	9x10 <sup>6</sup>	9x10 <sup>6</sup>	9x10 <sup>8</sup>								

Как показывают исследования, содержание молочнокислых микроорганизмов находится в пределах установленных нормативной документацией. Бактерии группы кишечная палочка отсутствуют на протяжении всего срока хранения йогуртов с овощными цукатами.

В результате проведенных исследований было выявлено, что выбранные нами овощи, хорошо подходят для использования их в качестве наполнителя в молочные йогурты. Крупные цукаты хорошо сочетаются с не питьевой формой йогурта, а мелкие формы сочетаются с питьевой формой молочного йогурта.

**Список литературы:**

1. Большой справочник калорийности // Программный центр, г. Киров, [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://pbprog.ru/databases/foodmeals/6/> (дата обращения: 23.12.15).
2. Инструкция по эксплуатации Программируемого вискозиметра Брукфильда DV-II+PRO. Руководство № М/03-65.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 32284-2013 – Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия. Переоформление ГОСТ Р (ГОСТ Р 51782-2001). Прямое применение МС с дополнением -EQV (ЕЭК ООН FFV-10:2002, ДИРЕКТИВА 76/211/ЕС).
4. Международный стандарт ГОСТ 7975-2013 Тыква продовольственная свежая. Технические условия.
5. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции (ТР ТС 033/2013).
6. Технологическая инструкция по производству йогурта к СТО ДВФУ 02067942-001-2015 Стандарт организации «Йогурт с овощными добавками «BIO VEGGIES».
7. Cruz A.G. Probiotic yogurts manufactured with increased glucose oxidase levels: postacidification, proteolytic patterns, survival of probiotic microorganisms, production of organic acid and aroma compounds / A.G. Cruz, W.F. Castro, A.J.F. Faria, P.C.B. Lollo, J. Amaya-Farfan, M.Q. Freitas, et al. // *Journal Dairy Science* – 2012. – № 95. – P. 2261–2269.
8. Elsbernd S.L. Serving vegetables first: A strategy to increase vegetable consumption in elementary school cafeterias / S.L. Elsbernd, M.M. Reicks, T.L. Mann, J.P. Redden, E. Mykerezzi, Z.M. Vickers // *Appetite*. – 2015. – № 96. – P. 111–115.
9. Innocente N. Effect of indigenous *Lactobacillus rhamnosus* isolated from bovine milk on microbiological characteristics and aromatic profile of traditional yogurt / Innocente N, M. Biasutti, R. Frisina, B. Romina, C. Giuseppe, L. Lucilla // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – № 66. – P. 158–164.
10. Marshall V.M. Starter cultures for milk fermentation and their characteristics / V.M. Marshall // *International Journal Dairy Technology*. – 1993. – № 46. – P. 49–56.
11. Saad N. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field / N. Saad, C. Delattre, M. Urdaci, J.M. Schmitter, P. Bressolier // *LWT-Food Science and Technology* – 2013. – № 50. – P. 1–16.
12. Slavin J.L. Health benefits of fruits and vegetables / J.L. Slavin, Lloyd B // *Advances in Nutrition: An International Review Journal* – 2012. – № 3 (4). – P. 506–516.
13. Xiaofeng N. Drying characteristics and quality of red ginseng using far-infrared rays / N. Xiaofeng and all // *Journal of Ginseng Research* – 2015. – P. 1–5.

## СЕКЦИЯ 12.

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

#### ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОСТАТОЧНОСТИ ЛАБОРАТОРНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Статин Сергей Сергеевич*

*помощник ведущего инженера научно-исследовательского  
испытательного отдела Государственного летно-испытательного  
центра Минобороны России им. В.П. Чкалова  
РФ, г. Ахтубинск  
E-mail: [mr.stat@mail.ru](mailto:mr.stat@mail.ru)*

*Гетманцев Алексей Юрьевич*

*канд. техн. наук, заместитель начальника научно-исследовательского  
испытательного отдела Государственного летно-испытательного  
центра Минобороны России им. В.П. Чкалова  
РФ, г. Ахтубинск  
E-mail: [tomamens@mail.ru](mailto:tomamens@mail.ru)*

## THE APPROACH TO ASSESSING THE ADEQUACY OF LABORATORY MEASURING COMPLEX WHEN TESTING OF THE ELECTRONIC SYSTEMS AIRCRAFT SYSTEMS

*Sergey Statin*

*assistant chief engineer of research testing department of the State Flight  
Test Center Russian Ministry of Defense named after .V.P. Chkalov  
Russia, Akhtubinsk*

*Alexey Getmantsev*

*candidate of technical Science, Deputy Head of research testing department  
of the State Flight Test Center Russian Ministry of Defense  
named after .V.P. Chkalov  
Russia, Akhtubinsk*

### АННОТАЦИЯ

Работа посвящена выработке первоначального подхода по оценке достаточности средств лабораторно-измерительного комплекса при проведении наземных и летных испытаний авиационных комплексов. Определены основные критерии оценки.

Библиографий – 2.

### ABSTRACT

The work is dedicated to the development of the initial approach to assessing the sufficiency of the laboratory measurement system during ground and flight tests of aircraft systems. The main evaluation criteria.

Bibliographies–2.

**Ключевые слова:** лабораторно-измерительный комплекс; качество проведения испытаний; качественные и количественные характеристики.

**Keywords:** laboratory measurement system; quality testing; qualitative and quantitative characteristics.

Лабораторно-измерительный комплекс (далее – ЛИК) предназначен для обеспечения наземных и летных испытаний всей номенклатуры существующих и перспективных авиационных комплексов, создаваемых в рамках Государственной программы вооружения Российской Федерации [1; 2].

Лабораторно-измерительный комплекс включает в себя аэродромный комплекс, трассовый измерительный комплекс и лабораторный комплекс.

Аэродромный комплекс предназначен для обеспечения требуемого количества полетов при проведении летных испытаний и требуемого количества наземных работ при проведении наземных испытаний авиационных комплексов.

Трассовый измерительный комплекс предназначен для проведения траекторных, радиотелеметрических и бортовых измерений при проведении летно-испытательных экспериментов, сбора и передачи измерительной информации в информационно-вычислительный центр (в том числе в реальном масштабе времени), управления летными экспериментами, обеспечения безопасности, а также боевой подготовки строевых частей.

Лабораторный комплекс предназначен для проведения наземных испытаний авиационных и ракетных двигателей, систем бортового и наземного авиационного и радиоэлектронного оборудования, авиационного и специального вооружения, систем обеспечения жизнедеятельности летательных аппаратов, средств обеспечения полетов, разрабатываемых в рамках создания перспективных авиационных комплексов, и оценки в полном объеме их соответствия требованиям тактико-технических заданий, общих технических требований, государственных стандартов, сокращения сроков и объемов летных испытаний авиационной техники, повышения безопасности летных экспериментов.

В данной статье для оценки достаточности средств лабораторно-измерительного комплекса применяется метод анализа характеристик существующего ЛИК для получения количественных и качественных характеристик его оценки.

Необходимость оценки достаточности средств лабораторно-измерительного комплекса определена требованиями руководящих документов по испытаниям авиационных комплексов и имеет своей целью получение количественной оценки качества проведения испытаний радиоэлектронных систем авиационных комплексов.

Перечень характеристик, по которым оценивается достаточность средств ЛИК, должен быть достаточен для обеспечения всестороннего понятия о полноте применяемых средств лабораторно-измерительного комплекса.

В связи с вышеизложенным, лабораторно-измерительный комплекс целесообразно оценивать по следующим характеристикам:

- технологические возможности ЛИК испытательной организации;

- технологические возможности ЛИК других испытательных организаций, привлекаемых к испытаниям;
- нереализуемость технологических возможностей ЛИК испытательной организации;
- коэффициент увеличения продолжительности испытаний;
- обобщенный коэффициент увеличения погрешности всех измерений;
- средний износ средств ЛИК испытательной организации.

Технологические возможности ЛИК испытательной организации рассчитываются по формуле:

$$P_1 = \frac{m_1}{N} \cdot 100\% \quad (1)$$

где:  $m_1$  – количество наземных работ, летных экспериментов, реализуемых существующим ЛИК испытательной организации;

$N$  – общее количество наземных работ, летных экспериментов.

Технологические возможности ЛИК других испытательных организаций, привлекаемых к испытаниям, рассчитываются по формуле:

$$P_2 = \frac{m_2}{N} \cdot 100\% \quad (2)$$

где  $m_2$  – количество наземных работ, летных экспериментов, реализуемых ЛИК других испытательных организаций, привлекаемых к испытаниям;

Нереализуемость технологических возможностей ЛИК испытательной организации рассчитывается по формуле:

$$P_3 = 100 - (P_1 + P_2) \quad (3)$$

Коэффициент увеличения продолжительности испытаний рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{t_{\text{отк}} + t_{\text{орг}}}{t_{\text{порг}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где:  $t_{\text{отк}}$  – увеличение продолжительности испытаний в связи с отказами элементов ЛИК испытательной организации;

$t_{\text{орг}}$  – увеличение продолжительности испытаний в связи с ограничениями по обработке информации, канальности измерений,

скорости передачи данных, по боевому применению авиационных средств поражения, возможностей аэродромного комплекса;

$t_{\text{прогр}}$  – продолжительность испытаний в соответствии с программой испытаний.

Обобщенный коэффициент увеличения погрешности всех измерений рассчитывается по формуле:

$$\Delta\delta = \frac{\sum_{i=1}^m (\delta_{\text{ап}} - \delta_{\text{зад}})_i}{m} \quad (5)$$

где:  $\delta_{\text{ап}}$  – погрешность измерения аппаратуры (в %);

$\delta_{\text{зад}}$  – погрешность, заданная в тактико-техническом задании (в %);

$m$  – общее количество измерений.

Средний износ средств ЛИК испытательной организации рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (6)$$

где:  $S_i$  – износ  $i$ -ого элемента ЛИК испытательной организации (в %);

$n$  – общее количество задействованных при испытаниях элементов ЛИК испытательной организации.

На основании полученных результатов делается вывод о достаточности, текущем состоянии и перечне средств, необходимых для дооснащения ЛИК испытательной организации.

### Список литературы:

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения/ Под редакцией А.М. Московского – М.: Изд. дом «Граница», 2005. – 520 с.
2. Буренок В.М., Найденов В.Г. Методы повышения эффективности применения средств и систем обеспечения испытаний вооружения, военной и специальной техники. – М.: Изд. дом «Граница», 2005. – 274 с.

## **ПРИВОД ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ВЫВЕСКИ СИСТЕМЫ ОБЕЗВЕШИВАНИЯ**

**Ча Григорий Олегович**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
конструктор, Конструкторско-технологический Институт  
Научного Приборостроения СО РАН,  
РФ, г. Новосибирск  
E-mail: [Grigoriy\\_olegovich@mail.ru](mailto:Grigoriy_olegovich@mail.ru)*

**Скоков Дмитрий Владимирович**

*начальник конструкторского отдела,  
Конструкторско-технологический Институт Научного  
Приборостроения СО РАН,  
РФ, г. Новосибирск*

**Скиба Вадим Юрьевич**

*канд. техн. наук, доцент,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

**Глейм Виктор Робертович**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

**Левчук Алексей Юрьевич**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

**Плотников Кирилл Павлович**

*магистрант,  
Новосибирский Государственный Технический Университет,  
РФ, г. Новосибирск*

## WEIGHT POINT'S VERTICAL MOVEMENT DRIVE OF ZERO GRAVITY SYSTEM

**Grigoriy Cha**

*undergraduate, Novosibirsk State Technical University,  
designer, Technological Design Institute  
of Scientific Instrument Engineering,  
Russia, Novosibirsk*

**Dmitry Skokov**

*head of Design Department,  
Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering,  
Russia, Novosibirsk*

**Vadim Skeebea**

*candidate of Science, assistant professor,  
Novosibirsk State Technical University,  
Russia, Novosibirsk*

**Victor Gleym**

*undergraduate, Novosibirsk State Technical University,  
Russia, Novosibirsk*

**Aleksey Levchuk**

*undergraduate, Novosibirsk State Technical University,  
Russia, Novosibirsk*

**Kirill Plotnikov**

*undergraduate, Novosibirsk State Technical University,  
Russia, Novosibirsk*

### АННОТАЦИЯ

Для созданий условий имитации отсутствия силы тяжести (обезвешивания) при раскрытии механических устройств батарей солнечных (далее – МУ БС), необходим привод вертикального перемещения точки вывески системы обезвешивания автоматизированной активной (далее – СОА).

В 2014 году в КТИ НИИ СО РАН разработан привод вертикального перемещения точки вывески системы обезвешивания

в составе СОА. В настоящее СОА изготавливается в опытном производстве КТИ ИП СО РАН.

Принцип действия привода заключается в перемещении точки вывески по сигналу управляющей программы.

### ABSTRACT

For creating the conditions to simulate the zero gravity during the disclosure of the mechanical devices of solar panels weighting point's vertical movement drive for an active automated zero gravity system is required.

In 2014 Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering (TDI SIE) Siberian Branch RAS developed the weighting point's vertical movement drive for an active automated zero gravity system as part of this automated system. At the present time automated system of zero gravity is produced in the pilot plant of TDI SIE.

The operating principle of the drive is to move the weighting point by the signal of the control program.

**Ключевые слова:** приборостроение; привод; система обезвешивания.

**Keywords:** instrumentation; the zero gravity system; drive

### Введение

В отрасли космического приборостроения для проведения испытаний работы подвижных конструкций систем космических аппаратов используют специальные устройства, называемые системами обезвешивания [2; 4–6].

СОА предназначена для создания условий имитации отсутствия силы тяжести (обезвешивания) при раскрытии МУ БС. СОА должна обеспечивать обезвешивание МУ БС в автоматическом режиме с заданной точностью в момент её трансформации (раскрытия из транспортного положения в рабочее), с максимальной компенсацией влияния собственной массы МУ БС на работу её механических узлов и минимизацией влияния на результаты испытаний присоединённой массы СОА для МУ БС.

### Описание конструкции

Способ обезвешивания состоит в том, что крыло МУ БС в транспортном положении закрепляется на имитаторе корпуса космического аппарата, а панели МУ БС подвешиваются на тросы за центры масс конструкции в 12-ти точках вывески. Каждая точка вывески имеет отдельный привод вертикального, продольного и горизонтального перемещения, с которым осуществляется обратная

связь с помощью датчика силы вывески и блока определения рассогласования координат. В ходе раскрытия датчик силы определяет натяжение троса и посылает сигнал в контроллер, установленный в щите автоматики. В случае изменения натяжения троса контроллер управляет серводвигателем для компенсации изменения натяжения. При раскрытии конструкции отклонение троса от вертикали фиксируется блоком определения рассогласования координат (специальными оптическими датчиками), которые, в свою очередь, передают сигнал на серводвигатели и отклонение компенсируется.

Привод вертикального перемещения точки вывески обезвешивания движется поперечно по рельсовым профильным направляющим продольной каретки, которая совершает движение вдоль основания, за счет приводов продольного и поперечного перемещения, состоящими из серводвигателей, редукторов и зубчатых шкивов, обкатывающих зубчатые ремни, натянутые по направлению движения. Продольный и поперечный ход ограничивается концевыми выключателями.

Привод сконструирован таким образом, что при отказе датчиков, ограничивающих вертикальный ход, исключается аварийная ситуация, приводящая к поломке МУ БС и нарушению работоспособности системы.

На рис. 1 изображена кинематическая схема разработанного изделия: трос диаметром 3 мм с точкой вывески укладывается на шпулю диаметром 80 мм в один слой гайкой-укладчиком. Используется передача винт-гайка, шаг резьбы винта равен диаметру троса, поступательным движением гайки-укладчика согласованы с оборотами вала со шпулей посредством цилиндрической зубчатой передачи 60-60. Таким образом, при перемещении точки вывески на 2500 мм от нулевой точки, шпуля совершит 10 оборотов, гайка-укладчик пройдет путь в 30 мм, перекроет луч датчика, произойдет остановка двигателя. В случае отказа датчиков гайка пройдет путь в 31,5 мм и достигнет механического упора.



Принимаем  $n=20$  оборотов.

$$D = \frac{5000}{3,14 \cdot 20} = 79,618 \text{ мм} \quad (3)$$

Принимаем  $D=80$  мм. Тогда минимальная ширина  $m$  шпули:

$$m = n \cdot d + b \quad (4)$$

$$m = 20 \cdot 3 = 60 + b \text{ мм} \quad (5)$$

где:  $d$  – диаметр троса,  
 $b$  – толщина укладчика.

Таким образом, выставляем датчики ограничения вертикального хода на расстоянии  $60+b$  мм, а упоры для гайки-укладчика на расстоянии  $63+b$  мм (во избежание обрыва троса добавляем по 1,5 мм на сторону, что равно половине оборота шпули). На рис. 2 представлена кинематическая схема привода в крайних положениях.

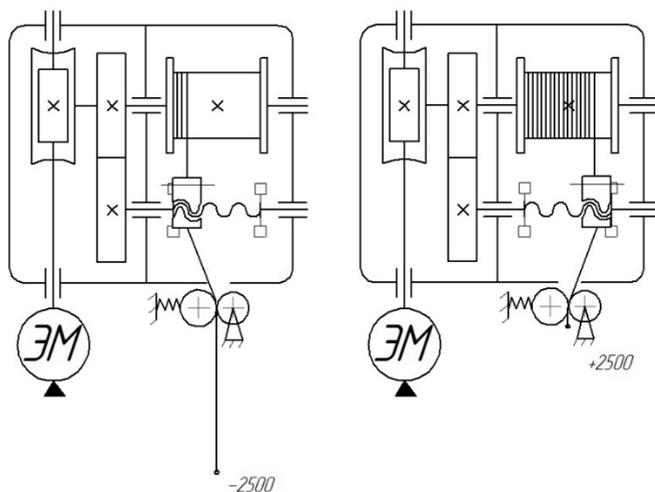


Рисунок 2. Крайние положения точки вывески

### Вывод

Привод вертикального перемещения системы автоматизированной активной является надёжным и был разработан таким образом, что вертикальный ход точки вывески ограничивается не только

оптическими датчиками, но и упорами, что практически исключает механическую поломку как БС, так и элементов привода системы. Червячная передача, обладающая условием самоторможения, позволяет точкам вывески перемещаться только за счет двигателя, что исключает вероятность движения объекта обезвешивания под воздействием сил тяжести или внешней нагрузки при возникновении аварийной ситуации (отключении электричества), однако усложняется конструкция и увеличивается вес привода.

### Список литературы:

1. Иванов М.Н. Детали машин: учебник для высших технических учебных заведений / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – М., 2008. – 408 с.
2. Камалов В.С. Производство космических аппаратов. – М.: Машиностроение – 1982. – 280 с.
3. Курсовое проектирование деталей машин: учебное пособие для машиностроит. спец. техникумов / [авторы: С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. ; ред. С.А. Чернавский]. – М., 1988. – 416 с.
4. Кучина Ю.В., Круглов П.В. 77-48211/625361 Разработка конструкции стенда трёхосного обезвешивания малого космического аппарата для наземной экспериментальной отработки системы ориентации и стабилизации // Инженерный вестник. – 2013. – № 10. – С. 14–14.
5. Скиба В.Ю. Актуальные проблемы в машиностроении: сборник материалов первой международной научно-практической конференции // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. – 2014. – № 11 (66). – С. 83.
6. Экспериментальные исследования элементов космических конструкций / В.Н. Зимин, И.М. Колосков, В.Е. Мешковский, Л.П. Таирова, С.А. Чурилин // Инженерный журнал: наука и инновации, 2013, вып. 3. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/rocket/617.html> (дата обращения 11.10.2014).
7. Экспериментальная отработка космических летальных аппаратов / В.А. Афанасьев, В.С. Барсуков, М.Я. Гофин и др. Под редакцией Н.В. Холодкова. – М.: Изд-во МАИ, 1994. – 412 с.
8. Actual Problems and Decisions in Machine Building / ed. by V.Yu. Skeebea. – Pfaffikon: Trans Tech Publ. – 2015. – 344 p. – (Applied mechanics and materials; vol. 788). - ISBN 978-3-03835-551-9.

## МЕТОДИКА РАСЧЁТА КООРДИНАТ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЗИЦИЙ СТРЕЛКОВ

*Статин Сергей Сергеевич*

*помощник ведущего инженера  
научно-исследовательского испытательного отдела  
Государственного летно-испытательного центра  
Минобороны России им. В.П. Чкалова  
РФ, г. Ахтубинск  
E-mail: [mr.stat@mail.ru](mailto:mr.stat@mail.ru)*

## METHOD OF CALCULATION OF COORDINATES RADIO SYSTEM POSITION DETECTION SHOOTERS

*Sergey Statin*

*assistant chief engineer of research testing department of the State Flight  
Test Center Russian Ministry of Defense im. V.P. Chkalova  
Russia, Akhtubinsk*

### АННОТАЦИЯ

Работа посвящена расчету угловых координат позиций стрелков при проведении испытаний акустической аппаратуры предупреждения об обстреле стрелковым оружием. Дан пример расчета угловых координат.

Библиографий – 3. Рисунков – 5.

### ABSTRACT

The work is dedicated to the calculation of the angular coordinate positions shooters in tests of acoustic warning devices firing small arms. An example of calculating the angular coordinates.

Bibliographies – 3. Figures – 5.

**Ключевые слова:** звуковая разведка; вектор направления; полунатурная модель.

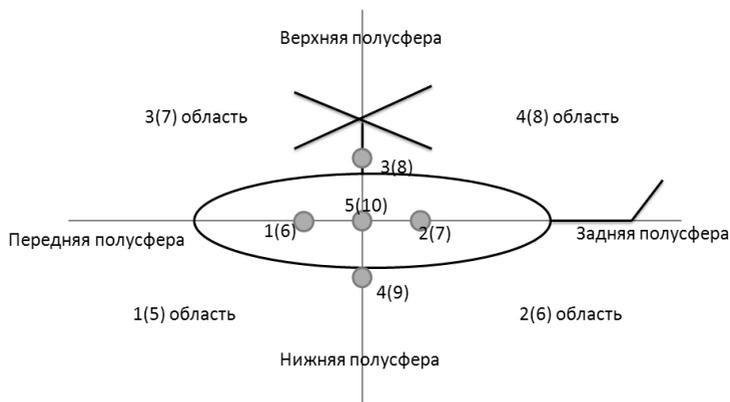
**Keywords:** sound intelligence; direction vector; NIL model.

Для определения местоположения звучащей цели в звуковой разведке используется принцип разности времен [3].

Для определения вектора направления на позицию стрелка в пространстве необходимо три приемника звукового сигнала. Вектор направления строится путем восстановления перпендикуляра к плоскости звуковой волны, определяемой по задержкам прихода сигнала на разные микрофоны (первый – второй и первый – третий).

Расположение микрофонов целесообразно выполнить в точках пространственной решетки на одинаковых расстояниях от центра координат для упрощения расчетов.

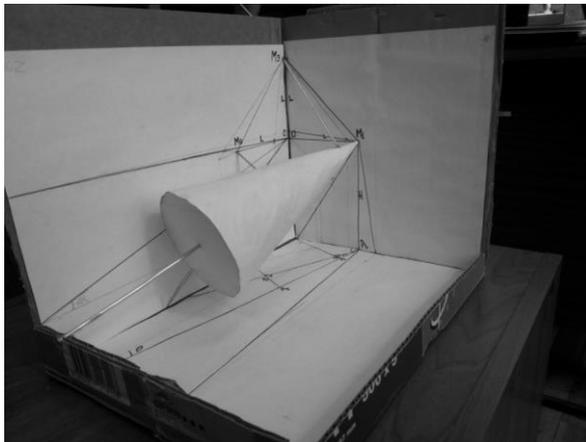
Общее количество микрофонов целесообразно выбрать таким образом, чтобы пространственная решетка из трех микрофонов была ориентирована в определенную часть пространства, разделенную полусферами относительно объекта установки (нижняя – верхняя полусфера, левая – правая полусфера, передняя – задняя полусфера). Таким образом, имеется 8 областей пространства по 3 микрофона в каждой. С учетом того, что каждый микрофон может использоваться в нескольких пространственных решетках и с учетом конструктивных возможностей объекта установки можно сделать вывод, что необходимо 10 микрофонов (рис. 1).



**Рисунок 1. Расположение микрофонов в левой (правой) полусфере**

Исходя из информации об очередности прихода сигнала на микрофоны, можно определить область и далее, по информации о задержках, определить вектор направления.

Для расчета угловых координат позиции стрелка использовалась полунатурная модель эксперимента (рис. 2).



**Рисунок 2. Полунатурная модель эксперимента**

Исходные данные для расчета:

$V_{зв}$  – скорость звука (330 м/с);

$V_{пули}$  – известная величина, характеризуемая типом оружия, определяемого при помощи спектрально-временного анализатора;

$\gamma$  – угол при конусе маха, определяемый по формуле:

$$\gamma = \arctan \frac{V_{зв}}{V_{пули}} \quad (1)$$

$L$  – база микрофонов, выбирается исходя из возможностей процессоров по обработке данных, для получения необходимой тактовой частоты обновления данных;

$\Delta t_1, \Delta t_2$  – задержки прихода сигналов, вычисляются комплексом;

$H$  – высота объекта установки микрофонов, определяется штатным высотомером.

Необходимо определить:  $\alpha$  – угол места,  $\theta$  – азимут,  $D$  – дальность.

На рассматриваемой модели обозначены следующие точки и отрезки:

$M_1, M_2, M_3$  – микрофоны;

$N_1, N_2$  – точки на условной поверхности конуса Маха, определенные пересечением поверхности конуса и перпендикуляра к ней, проведенного из точек  $M_2, M_3$ ;

$O_1, O_2$  – точки на условной траектории движения пули, образованные пересечением ее с продолжением перпендикуляра к поверхности конуса Маха в точках  $N_1$  и  $N_2$ ;

$P_1$  – проекция точки  $M_1$  на плоскость  $XOY$ ;

$P_2$  – проекция точки  $O_2$  на плоскость  $XOY$ ;

$P_3$  – проекция точки  $N_2$  на плоскость  $XOY$ ;

$P_4$  – проекция точки  $O_1$  на плоскость  $XOY$ ;

$P_5$  – проекция точки  $N_1$  на плоскость  $XOY$ ;

$O$  – начало координат;

$M_1M_2, M_1M_3$  – величины, равные  $L \cdot \sqrt{2}$ ;

$M_2N_1$  – расстояние, проходимое акустической волной за время

$\Delta t_1$ ;

$M_3N_2$  – расстояние, проходимое акустической волной за время

$\Delta t_2$ ;

Рассмотрим прямоугольные треугольники  $M_2N_1M_1$  и  $M_3N_2M_1$ .

$$(M_2N_1)^2 + (N_1M_1)^2 = (M_1M_2)^2 \Rightarrow N_1M_1 = \sqrt{2 \cdot L^2 - V_{зв}^2 \cdot \Delta t_1^2} \quad (2)$$

$$(M_3N_2)^2 + (N_2M_1)^2 = (M_1M_3)^2 \Rightarrow N_2M_1 = \sqrt{2 \cdot L^2 - V_{зв}^2 \cdot \Delta t_2^2} \quad (3)$$

Рассмотрим прямоугольные треугольники  $O_1N_1M_1$  и  $O_2N_2M_1$ .

$$O_1M_1 = \frac{N_1M_1}{\cos \gamma} = \frac{\sqrt{2 \cdot L^2 - V_{зв}^2 \cdot \Delta t_1^2}}{\cos\left(\arctan \frac{V_{зв}}{V_{пули}}\right)} \quad (4)$$

$$O_2M_1 = \frac{N_2M_1}{\cos \gamma} = \frac{\sqrt{2 \cdot L^2 - V_{зв}^2 \cdot \Delta t_2^2}}{\cos\left(\arctan \frac{V_{зв}}{V_{пули}}\right)} \quad (5)$$

Угол  $\alpha$  можно определить:

$$\cos \alpha = \frac{P_1P_2}{O_2M_1} \Rightarrow P_1P_2 = O_2M_1 \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

$$\cos \alpha = \frac{P_1P_4}{O_1M_1} \Rightarrow P_1P_4 = O_1M_1 \cdot \cos \alpha \quad (7)$$

Угол  $\gamma$  можно вычислить:

$$\cos \gamma = \frac{P_1P_3}{P_1P_2} \Rightarrow P_1P_3 = P_1P_2 \cdot \cos \gamma = O_2M_1 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma \quad (8)$$

$$\cos \gamma = \frac{P_1 P_5}{P_1 P_4} \Rightarrow P_1 P_5 = P_1 P_4 \cdot \cos \gamma = O_1 M_1 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma \quad (9)$$

Далее определим  $P_3 P_5$  двумя способами:

$$P_3 P_5 = P_1 P_5 - P_1 P_3 = (O_1 M_1 - O_2 M_1) \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma \quad (10)$$

$$P_3 P_5 = L \cdot \cos(\theta + \gamma) \quad (11)$$

Приравняв выражения (10) и (11), получим равенство:

$$\frac{L \cdot \cos(\theta + \gamma)}{\cos \alpha} = \sqrt{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_1^2} + \sqrt{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2} \quad (12)$$

Рассмотрим прямоугольный треугольник  $OP_3 P_1$ :

$$\sin(\theta + \gamma) = \frac{P_1 P_3}{L} = \frac{O_2 M_1 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma}{L} = \frac{\cos \alpha}{L} \cdot \sqrt{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2} \quad (13)$$

Из выражения (13) получим:

$$\frac{L \cdot \sin(\theta + \gamma)}{\cos \alpha} = \sqrt{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2} \quad (14)$$

Поделим выражение (12) на (14) и получим:

$$\cot(\theta + \gamma) = \sqrt{\frac{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_1^2}{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2}} - 1 \quad (15)$$

Из выражения (15) получим  $\theta$ :

$$\theta = \text{arccotg} \left( \sqrt{\frac{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_1^2}{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2}} - 1 \right) - \text{arctg} \frac{V_{3B}}{V_{\text{пули}}} \quad (16)$$

Из выражения (14) найдем  $\alpha$ :

$$\alpha = \arccos \left[ \frac{L}{\sqrt{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2}} \cdot \sin \left( \text{arctg} \left( \sqrt{\frac{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_1^2}{2 \cdot L^2 - V_{3B}^2 \cdot \Delta t_2^2}} - 1 \right) \right) \right] \quad (17)$$

Дальность до позиции стрелка определяется по формуле:

$$D = \frac{H}{\sin \alpha} \quad (18)$$

Определим погрешность измерения угловых координат [2].  
Абсолютная погрешность измерения определяется выражением:

$$\Delta = \sum_{i=1}^N \Delta_i = \Delta_t + \Delta_{\text{кв}} + \Delta_{\text{инстр}} + \Delta_{\text{окр}} + \Delta_{\text{пр}} \quad (19)$$

где:  $N$  – количество погрешностей;

$i$  – номер погрешности;

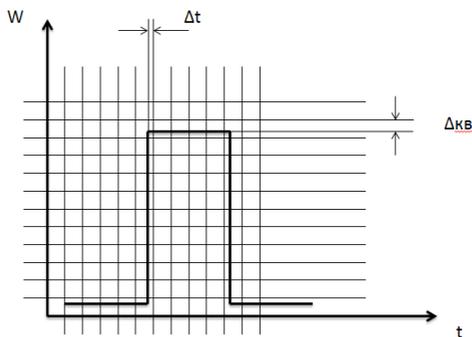
$\Delta_i$  – погрешность;

$\Delta$  – результирующая погрешность.

Абсолютная погрешность измерения включает в себя:

$\Delta_t$  – погрешность измерения задержки сигнала  $\Delta t$ . Определяется тактовой частотой опроса вычислителя (рис. 3);

$\Delta_{\text{кв}}$  – погрешность квантования уровня сигнала. Определяется характеристикой аналогово-цифрового преобразователя (рис. 3);



**Рисунок 3. Погрешности  $\Delta_t$  и  $\Delta_{\text{кв}}$**

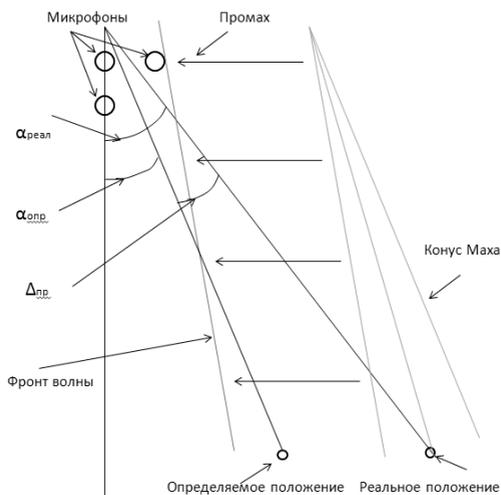
$\Delta_{\text{инстр}}$  – инструментальная погрешность средств измерений. Определена в паспорте на средство измерений;

$\Delta_{\text{окр}}$  – погрешность округления. Определяется необходимой точностью получения результатов;

$\Delta_{\text{пр}}$  – погрешность промаха, определяемая по формуле:

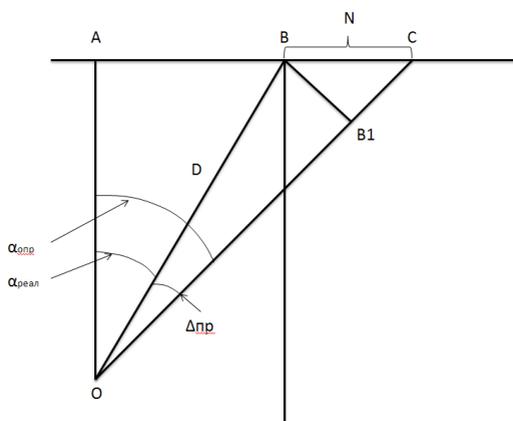
$$\Delta_{\text{пр}} = \alpha_{\text{реал}} - \alpha_{\text{опр}} \quad (20)$$

Данная погрешность имеет место из-за отсутствия информации о промахе, вносящей погрешность в определение направления на позицию стрелка (рис. 4).



**Рисунок 4. Погрешность промаха**

Определение промаха поясняет рис. 5. На рисунке обозначено:  
 $D$  – расстояние от позиции стрелка до объекта;  
 $N$  – промах.



**Рисунок 5. Определение промаха**

Из рис. 5. следует, что при выполнении условия  $N \ll D$ , погрешность промаха будет незначительной и  $BB_1 \approx N$ . Тогда, рассмотрев  $\triangle OBB_1$ , можно вычислить промах по формуле:

$$\Delta_{\text{пр}} = \arcsin\left(\frac{N}{D}\right) \quad (21)$$

В процессе испытаний системы после получения большого числа многократных наблюдений проводится математическая статистическая обработка результатов измерений [1] и определяется СКО.

Необходимое количество наблюдений определяется из условия получения необходимого СКО:

$$\delta_{\text{экспер}} < \delta_{\text{зад}} \quad (22)$$

### Список литературы:

1. Геральд Крамер. Математические методы статистики. Под редакцией академика А.Н. Колмогорова. – 386 с.
2. Метрология и радиоизмерения: Учеб. Для вузов/ В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков и др.; Под ред. В.И. Нефедова. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. Шк., 2006. – 526 с.: ил.
3. Таланов А.В. Звуковая разведка артиллерии. Воениздат. Мин. ВС СССР. Москва. 1948 г. – 400 с.

## СЕКЦИЯ 13.

### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

#### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКОГО ТИРИСТОРНОГО КОМПЕНСАТОРА В РЕЖИМЕ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

***Николаев Александр Аркадьевич***

*канд. техн. наук, зав. каф. автоматизированного электропривода  
и мехатроники, доцент МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [alexniko@inbox.ru](mailto:alexniko@inbox.ru)*

***Анохин Василий Васильевич***

*студент, кафедра электроснабжения промышленных предприятий,  
МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [anohinvasilii@mail.ru](mailto:anohinvasilii@mail.ru)*

***Котышев Владислав Евгеньевич***

*студент, кафедра автоматизированного электропривода  
и мехатроники, МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [slavets151@mail.ru](mailto:slavets151@mail.ru)*

## THE STUDY OF ELECTRIC ARC FURNACES STATIC VAR COMPENSATOR WORKING WITH THE CONSTANT ACTIVE POWER CONTROL MODE

*Aleksandr Nikolaev*

*candidate of Science, Head of the department «Automatic Electric Drive and Mechatronics», assistant professor of the Nosov Magnitogorsk State Technical University  
Russia, Magnitogorsk*

*Vasily Anokhin*

*student, department «Power Supply Systems of Industrial Enterprises»,  
Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
Russia, Magnitogorsk*

*Vladislav Kotyshev*

*student, department «Automatic Electric Drive and Mechatronics»  
Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
Russia, Magnitogorsk*

### АННОТАЦИЯ

В статье приведено описание нового режима управления реактивной мощностью статического тиристорного компенсатора, направленного на поддержание постоянной активной мощности дуговой сталеплавильной печи. Исследование проводилось на имитационной модели электросталеплавильного комплекса, состоящего из дуговой сталеплавильной печи ёмкостью 250 тонн (ДСП-250) и статического тиристорного компенсатора с номинальной мощностью 330 МВАр (СТК-330 МВАр). По результатам эксперимента определены достоинства и недостатки разработанного режима управления СТК, даны общие рекомендации по его применению.

### ABSTRACT

The paper deals with the new reactive power control mode of the static var compensator which maintains a constant active power of the electric arc furnace. The research based on simulation mode of the electric arc furnace (EAF-250) and the static var compensator (SVC-330 Mvar). Advantages and disadvantages of new mode were determined and general recommendations on its application were given.

**Ключевые слова:** статический тиристорный компенсатор; режимы управления тиристорно-реакторной группы; дуговая сталеплавильная печь; электрические характеристики дуговой печи.

**Keywords:** static var compensator; thyristor controlled reactor operation modes; electric arc furnace; electrical characteristics of electric arc furnace.

Мощные и сверхмощные дуговые сталеплавильные печи являются крупными потребителями реактивной мощности с нелинейной характеристикой и резкопеременным характером нагрузки. Работа таких установок нежелательна без применения специальных компенсирующих устройств по двум причинам. Во-первых, ухудшается качество электрической энергии в точке подключения ДСП; во-вторых, напряжение на первичной стороне печного трансформатора значительно снижается из-за протекания реактивной мощности по элементам питающей сети, а, как известно, мощность дуговой печи зависит от квадрата питающего напряжения. Сегодня на подобных сталеплавильных комплексах чаще всего устанавливают статические тиристорные компенсаторы. Они обладают следующими достоинствами:

- плавное регулирование величины генерируемой реактивной мощности;
- способность симметрирования нагрузки за счёт пофазного управления тиристорно-реакторной группой (ТРГ);
- достаточное быстродействие в условиях резких изменений электрических режимов работы ДСП;
- относительно невысокая стоимость по сравнению с другими быстродействующими компенсаторами (например, типа СТАТКОМ).

Современные системы управления СТК позволяют реализовать два режима регулирования ТРГ: обеспечение нулевого потребления реактивной мощности из питающей сети и стабилизация напряжения на номинальном уровне в точке общего подключения с ДСП.

При работе СТК в режиме регулирования по реактивной мощности с уставкой  $Q_{\Sigma} = 0$  МВАр реактивная составляющая тока нагрузки полностью компенсируется, за счёт этого в питающей сети имеют место лишь незначительные потери напряжения из-за протекания активной составляющей токов печи. Если напряжение во внешней сети стабильно, то на шинах распределительного устройства (РУ), к которому подключен печной трансформатор, будет сохраняться напряжение близкое к номинальному, что позволит работать печи на проектных мощностях. В случае постоянно

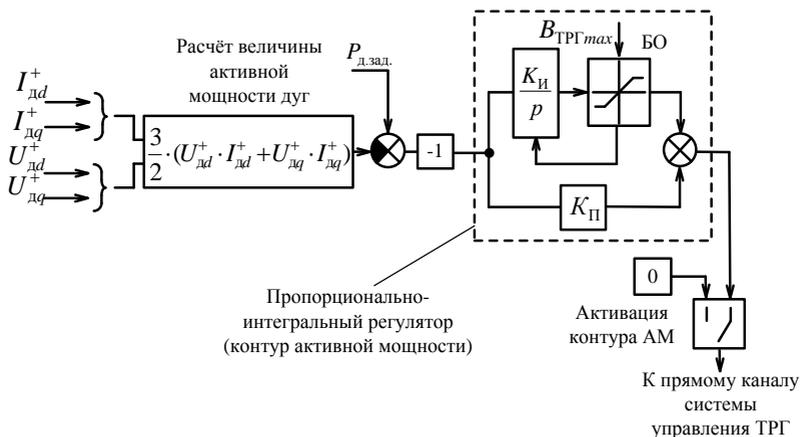
пониженного напряжения в питающей сети целесообразна работа СТК в режиме генерация реактивной мощности в сеть, с целью повышения напряжения на шинах РУ электросталеплавильного комплекса до номинального уровня. Таким образом, работа СТК в данном режиме предполагает задание уставки по реактивной мощности для поддержания номинального напряжения на шинах РУ с целью повышения мощности ДСП до номинальной величины.

Достаточно часто напряжение во внешней сети не является постоянным и изменяется в некоторых пределах. В этой ситуации, СТК, работая в режиме  $Q_s = const$ , не контролирует отклонение напряжения в точке общего подключения с ДСП, поэтому во время работы печи его уровень может сильно отклоняться от номинального значения. Для непосредственного контроля напряжения на шинах РУ систему автоматического управления ТРГ переводят в режим регулирования по напряжению. Компенсатор за счёт автоматического изменения величины суммарной реактивной мощности в сети стабилизирует напряжение в точке общего подключения компенсатора с ДСП. Данным режим регулирования облегчает задачу контроля над напряжением на первичной стороне печного трансформатора, СТК фактически берёт на себя функцию подбора величины уставки по реактивной мощности в каждый момент времени. Оператору остаётся задать уставку на регулирование по напряжению для работы ДСП с требуемой мощностью.

Как можно видеть, описанные режимы работы СТК позволяют влиять на величину мощности, вводимую в рабочее пространство печи, лишь косвенно, оперируя электрическими параметрами сети (реактивной мощностью и напряжением).

Разработанный режим управления СТК предусматривает прямое задание уставки регулирования по активной мощности ДСП в систему автоматического управления ТРГ. Данный режим работы СТК позволяет отказаться от использования устройства РПН (регулирования под нагрузкой) печного трансформатора и системы автоматического управления положением электродов в качестве средств регулирования мощности дуг. При задании уставки по активной мощности в систему управления ТРГ, компенсатор автоматически подстраивает электрические параметры питающей сети (главным образом напряжение) для обеспечения требуемой мощности ДСП. Режим регулирования был реализован на имитационной модели электросталеплавильного комплекса ДСП-250 и СТК-330 МВАр, разработанной в математическом пакете *Matlab* с приложением *Simulink*. Для этого в модель системы автоматического управления

ТРГ был введён дополнительный обратный канал по активной мощности, составленный по аналогии с обратным каналом по реактивной мощности (рис. 1) [5]. Величина активной мощности ДСП определяется по ортогональным составляющим прямой последовательности тока и напряжения дуг [1, 6]. В имитационной модели исследуемого сталеплавильного комплекса СТК был перенесён за реактор печного трансформатора с целью расширения его регулировочной способности [2; 3]. Для нового режима работы СТК были сняты электрические характеристики ДСП при 4-х уставках регулирования от 100 МВт до 160 МВт с шагом 20 МВт (рис. 2). Следует отметить, что графики зависимости  $P_d = f(I_d)$  получены при одной ступени РПН печного трансформатора и неизменной длине дуг. Резерв по мощности, заложенный в СТК-330 МВАр, оказался достаточным для реализации разработанного режима на всём диапазоне рабочих токов ДСП (от  $0,5 \cdot I_{d\text{ном}}$  до  $I_{d\text{ном}}$ ).



**Рисунок 1. Функциональная схема обратного канала по активной мощности системы регулирования тиристорно-реакторной группы**

Существенным недостатком данного режима в исходном виде является отсутствие контроля над коэффициентом реактивной мощности на границе балансового раздела предприятия ( $tg\phi$ ) и уровнем напряжения на шинах РУ электросталеплавильного комплекса. В качестве примера на рис. 3 приведены графики

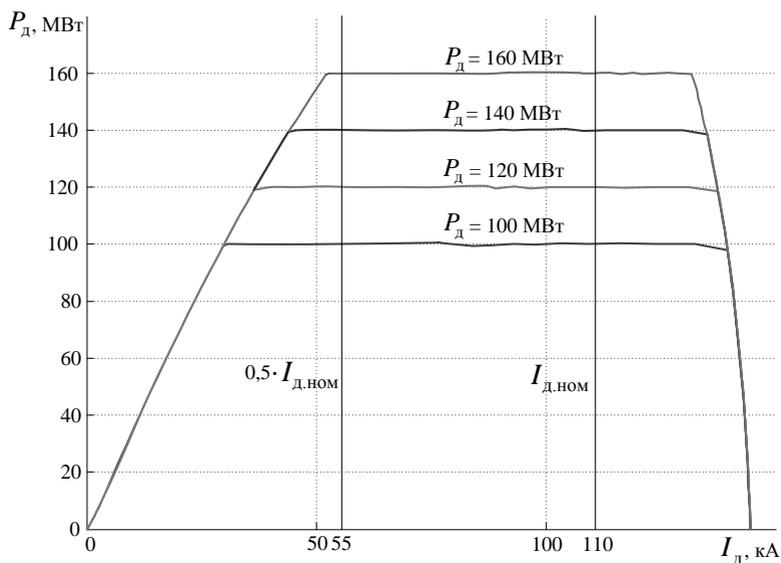
изменения мощности дуг и напряжения на шинах РУ при различных режимах регулирования СТК. График под цифрой 1 (на рис. 3, а и 3, б) получен в режиме стабилизации напряжения за реактором печного трансформатора на номинальном уровне 34,5 кВ (исследуемый комплекс расположен на зарубежном предприятии, где уровень напряжения 34,5 кВ считается номинальным), под цифрой 2 – при работе ТРГ с уставкой 37 кВ. Видно как СТК для поддержания неизменной мощности дуг автоматически занижает напряжение на шинах РУ, чтобы «срезать» часть естественной рабочей характеристики (см. рис. 3 – графики 1, 2) на диапазоне токов дуг, при которых мощность ДСП больше 160 МВт. Под естественной рабочей характеристикой здесь понимается зависимость  $P_d = f(I_d)$ , снятая при классическом режиме регулирования СТК.

Обратная ситуация наблюдается при удлинении дуг и уменьшении их мощности на естественной характеристике. В этом случае СТК начинает повышать напряжение с целью сохранения мощности ДСП. В периоды технологических пауз (остановка печи) напряжение на шинах РУ в имитационной модели возросло практически до 53 кВ, что, естественно, недопустимо. Для того чтобы исключить возникновение данной ситуации предложен комбинированный режим работы СТК. Он заключается в автоматическом изменении режима регулирования ТРГ в зависимости от наличия нагрузки [4]. В периоды плавки ДСП компенсатор будет поддерживать неизменную мощность дуг, во время технологических пауз переходить в режим поддержания номинального напряжения на шинах. Экспериментальным способом было выяснено, что при токе дуг равном 74,5 кА коэффициент реактивной мощности (в режиме СТК  $P_d = 160 \text{ МВт} = const$ ) выходит за нормативное значение, поэтому для наглядного представления работы комбинированного режима ТРГ переход был осуществлён в этот момент. Графики изменения мощности дуг и напряжения для этого случая приведены на рис. 3 под цифрой 4. Однако упрощённый алгоритм по переключению режима регулирования не решает проблемы отклонений напряжения и нормативного  $tg\phi$  за допустимые значения во время плавки ДСП на различных стадиях. Возможна разработка специального алгоритма задания уставок по активной мощности ДСП в систему автоматического управления ТРГ, которые будут равны проектным значениям в зависимости от используемых ступеней РПН печного трансформатора и рабочих кривых.

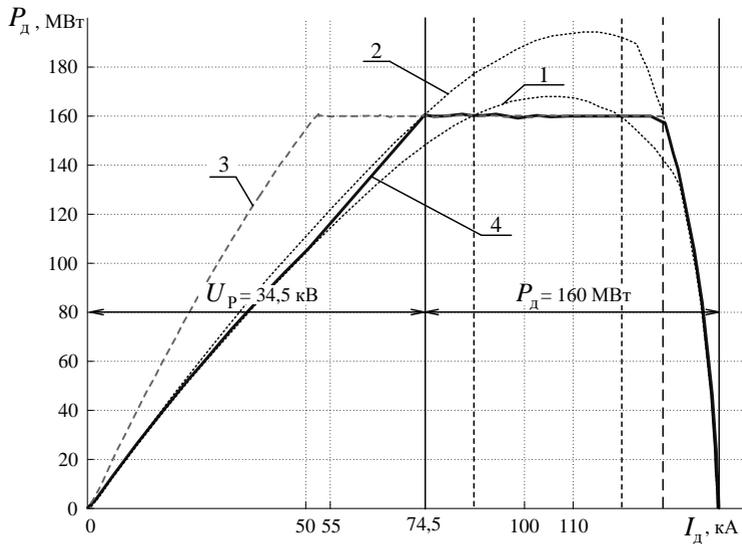
К недостаткам исследуемого режима также относится рост дозы фликера на шинах РУ, т. к. сглаживание скачков мощности дуг происходит за счёт ответного изменения уровня напряжения в точке подключения печного трансформатора.

Обычно для осуществления электрической развязки с более спокойной нагрузкой для питания мощных электросталеплавильных комплексов сооружают отдельное распределительное устройство. Поэтому к показателям качества электрической энергии в системе электроснабжения сталеплавильного комплекса не предъявляют жёстких требований. Однако искажение напряжения на шинах РУ, питающего ДСП, отражается во внешней сети. Сила этого воздействия зависит от мощности системы.

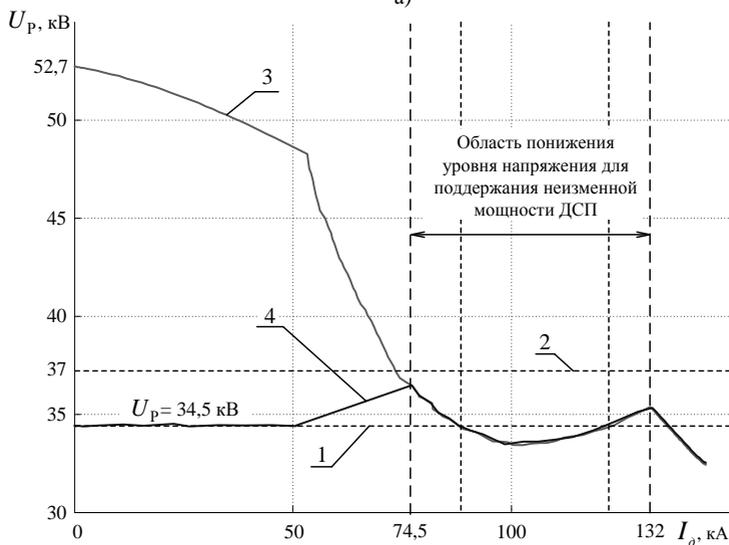
Таким образом, режим поддержания неизменной мощности ДСП является наиболее предпочтительным, если исходить из соображений технологии выплавки стали в дуговых печах.



**Рисунок 2. Электрические характеристики ДСП при работе СТК в режиме поддержания неизменной мощности печи с уставками от 100 до 160 МВт**



а)



б)

**Рисунок 3. Рабочие характеристики (а) и графики зависимости напряжения от тока дуг (б) при работе СТК в режимах: 1 –  $U_{\text{шши}} = 34,5$  кВ; 2 –  $U_{\text{шши}} = 37$  кВ; 3 –  $P_0 = 160$  МВт; 4 – комбинированный режим по напряжению и мощности**

Несмотря на это, разработанный режим управления ТРГ может быть использован только на комплексах, получающих питание от отдельного распределительного устройства из сети с высокой мощностью короткого замыкания, и только после проведения дополнительного исследования влияния работы комплекса «ДСП-СТК» на показатели качества электрической энергии.

### Список литературы:

1. Компенсирующие устройства в системах промышленного электро-снабжения: монография / Г.П. Корнилов, А.С. Карандаев, А.А. Николаев [и др.]. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 235 с.
2. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей: справ. / Я.Б. Данцис, Л.С. Кацевич, Г.М. Жилов [и др.]. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Металлургия, 1987. – 247 с.
3. Разработка усовершенствованной схемы включения и новых алгоритмов управления статического тиристорного компенсатора с целью повышения эффективности работы дуговой сталеплавильной печи ДСП-250 ЗАО «ММК Metalurji» / А.А. Николаев, Г.П. Корнилов, В.В. Анохин [и др.]. – 2015. – Т. 2, – № 1. – С. 170–174.
4. Николаев А.А. Повышение электрической мощности дуговой сталеплавильной печи за счёт компенсирующих устройств / А.А. Николаев, Г.П. Корнилов, В.В. Анохин // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. – 2015. – Т. 2, – № 3. – С. 3–7.
5. Николаев А.А. Повышение эффективности работы статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Магнитогорск, 2009. – 20 с.
6. Hirofumi Akagi. Instantaneous power theory and applications to power conditioning / A. Hirofumi, E. Hirokazu Watanabe, A. Mauricio. – New York (USA): IEEE Press book, 2007. – 389 p.

**Научное издание**

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

Сборник статей по материалам  
LIII международной научно-практической конференции

№ 12 (48)  
Декабрь 2015 г.

Подписано в печать 28.12.15. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 13,25. Тираж 550 экз.

Издательство АНС «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 4.  
E-mail: mail@sibac.info

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