

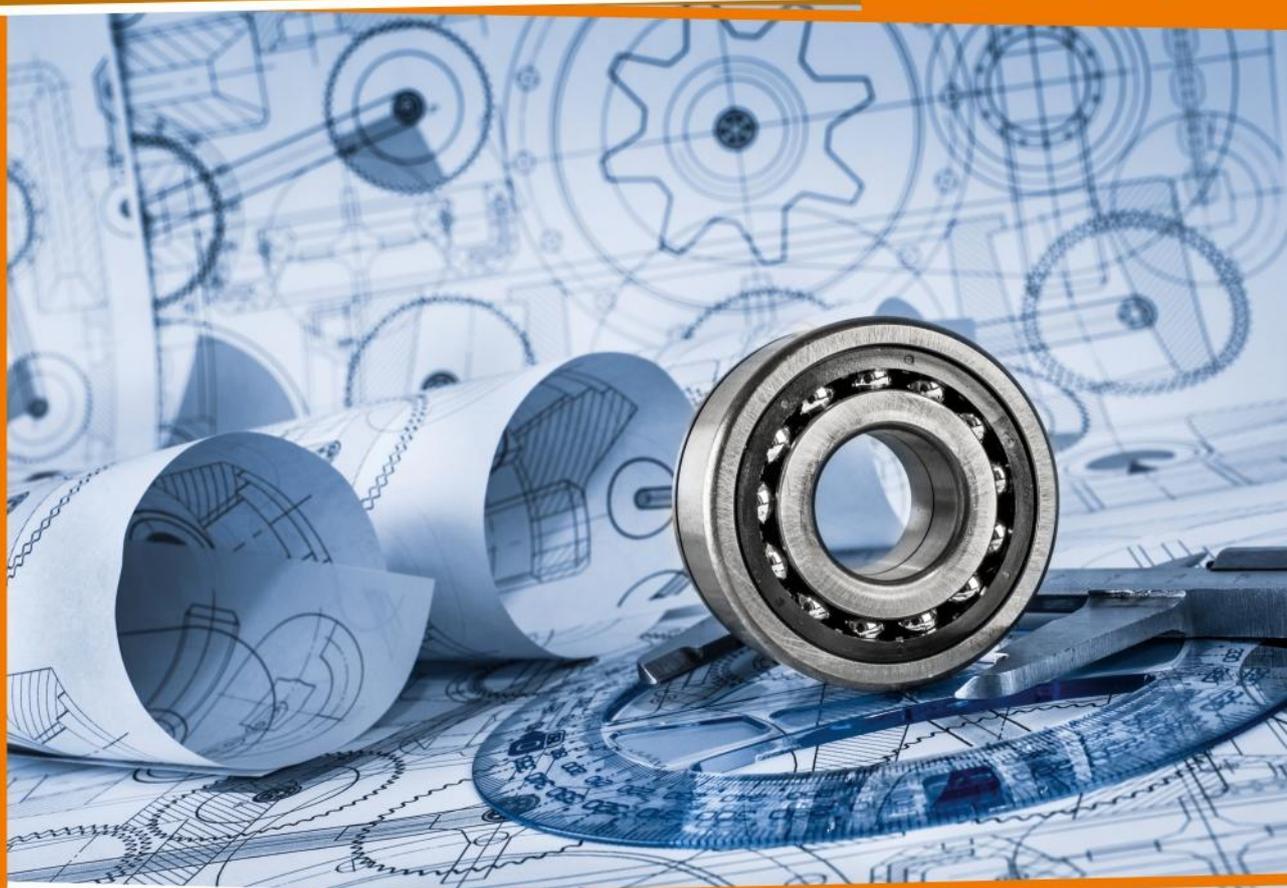


**СибАК**  
www.sibac.info

ISSN 2310-4066

**XIX СТУДЕНЧЕСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**№ 4 (19)**



**НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО  
СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ.  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

г. НОВОСИБИРСК, 2014



# НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Электронный сборник статей по материалам XIX студенческой  
международной заочной научно-практической конференции*

№ 4 (19)  
Апрель 2014 г.

Издается с Октября 2012 года

Новосибирск  
2014

УДК 62  
ББК 30  
Н 34

Председатель редколлегии:

*Дмитриева Наталья Витальевна* — д-р психол. наук, канд. мед. наук, проф., академик Международной академии наук педагогического образования, врач-психотерапевт, член профессиональной психотерапевтической лиги.

Редакционная коллегия:

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

**Н 34 «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»:**  
Электронный сборник статей по материалам XIX студенческой международной научно-практической конференции. — Новосибирск: Изд. «СибАК». — 2014. — № 4 (19)/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.sibac.info/archive/Technic/4\(19\).pdf](http://www.sibac.info/archive/Technic/4(19).pdf).

Электронный сборник статей по материалам XIX студенческой международной научно-практической конференции «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Архитектура, Строительство</b>	<b>8</b>
БЫСТРОВОЗВОДИМОЕ МЕМБРАННО-КАРКАСНОЕ СООРУЖЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	8
Амоян Миша Фрикович Костюхина Мария Владимировна Поляков Юрий Александрович Ким Алексей Юрьевич	
МЕМБРАННО-ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	15
Амоян Миша Фрикович Костюхина Мария Владимировна, Поляков Юрий Александрович Ким Алексей Юрьевич	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МЕМБРАННО-СТЕРЖНЕВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В РОССИИ	23
Амоян Миша Фрикович Костюхина Мария Владимировна Поляков Юрий Александрович Ким Алексей Юрьевич	
ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОЕКТНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА МБУК ЦПКИО «ЛОПАТИНСКИЙ САД» В ГОРОДЕ СМОЛЕНСК	29
Сколышева Анастасия Геннадьевна	
<b>Секция 2. Биотехнологии</b>	<b>35</b>
ШУМОВЫЕ ПРЕДЕЛЫ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БИОСТРУКТУР К ЭМП	35
Ким Александра Валерьевна Короченцев Владимир Иванович	
<b>Секция 3. Информационные технологии</b>	<b>50</b>
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ И ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	50
Карпина Анна Сергеевка Соколов Сергей Сергеевич	

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ	57
Конырбаева Нургуль Нурлыбековна Жадраева Лариса Уштановна	
ЯЗЫКОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МОРФОВ ДЛЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РУССКОЙ РЕЧИ	63
Коробейников Максим Анатольевич Мокроусов Максим Николаевич	
МИКРОПРОЦЕССОРЫ ПК И ИХ РАЗВИТИЕ	69
Романов Валерий Викторович Дейкова Татьяна Васильевна	
ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ	81
Федорченко Инна Александровна Полей Жанна Анатольевна	
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ MPLS	87
Якушев Игорь Юрьевич Марамзин Валерий Валентинович	
<b>Секция 4. Космос, Авиация</b>	<b>92</b>
СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА KLN-90B	92
Обидина Светлана Геннадьевна Писаренко Виктор Николаевич	
СИНТЕЗ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОМ АНСАТ С ПОМОЩЬЮ ИНВЕРСНОЙ МОДЕЛИ	98
Чекмарев Сергей Владимирович Гаркушенко Владимир Иванович	
<b>Секция 5. Машиностроение</b>	<b>110</b>
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСКОРЕНИЙ	110
Башкирова Ирина Алексеевна Шарыгин Лев Николаевич	
ИЗМЕРИТЕЛЬ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ	118
Главчев Михаил Дмитриевич Шарыгин Лев Николаевич	
УСТАНОВКА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ	124
Капранова Евгения Николаевна Шарыгин Лев Николаевич	
ЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКА	130
Смирнова Татьяна Валерьевна Шарыгин Лев Николаевич	

<b>Секция 6. Metallургия</b>	<b>135</b>
ЛОКАЛЬНОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ОТЛИВОК	135
Моисеенко Андрей Александрович Гребнев Юрий Владимирович	
<b>Секция 7. Моделирование</b>	<b>140</b>
УПРОЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ	140
Астапченко Александр Владимирович Воронин Алексей Юрьевич	
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАВИСИМОСТИ КОЛИЧЕСТВА СОВЕРШЕННЫХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ МЕТОДОМ ПАРНОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ	146
Новикова Ксения Алексеевна Самойленко Екатерина Николаевна Сахарова Ольга Николаевна	
ПОСТАНОВКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ РАСКРЯЖЕВКИ ФАУТНЫХ ХЛЫСТОВ	154
Сурикова Мария Александровна Хухрянская Елена Станиславовна	
<b>Секция 8. Пищевая промышленность</b>	<b>160</b>
КИСЛОТНЫЙ ГОМОГЕННЫЙ И ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ГИДРОЛИЗ ИНУЛИНА ИЗ КОРНЯ ЦИКОРИЯ	160
Биявичюс Роман Эугениусович Хенрик Гренман Сидоров Александр Иванович	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА И ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	168
Журавлёва Яна Юрьевна Моисеенков Евгений Геннадьевич Оксентюк Ольга Николаевна	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГРИБАХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА	177
Левченко Светлана Петровна Салханова Әсел Нұрланқызы Ермоленко Михаил Вячеславович	

<b>Секция 9. Радиотехника, Электроника</b>	<b>186</b>
TOUCHSIDE — КОМПЬЮТЕРНЫЙ МАНИПУЛЯТОР	186
Солопченко Святослав Анатольевич	
Горохова Екатерина Сергеевна	
Стучков Антон Витальевич	
Волшин Максим Евгеньевич	
<b>Секция 10. Технологии</b>	<b>192</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	192
Николаева Наталья Викторовна	
Бовтунова Татьяна Николаевна	
<b>Секция 11. Электротехника</b>	<b>199</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОДАВЛЕНИЯ ТОРРОИДАЛЬНОЙ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ С МАГНИТНЫМИ ЭКРАНАМИ ОТ ЧАСТОТЫ ПРОПУСКАЕМОГО ПО НЕЙ СИГНАЛА	199
Корнев Игорь Александрович	
Тимофеев Антон Игоревич	
Шаповалов Александр Степанович	
<b>Секция 12. Энергетика</b>	<b>208</b>
УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА МЕТОДОМ СНИЖЕНИЯ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА	208
Жолбарысов Исахан Амантаевич	
Степанова Ольга Александровна	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ УВЛАЖНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ	216
Николаенко Руслан Абдулмеджидович	
Ермоленко Михаил Вячеславович	
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА Т-ОБРАЗНОЙ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ УЗЛОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С АСИНХРОННОЙ НАГРУЗКОЙ	221
Сатпаев Дмитрий Сергеевич	
Иващенко Александра Валерьевна	
Новикова Светлана Юрьевна	
Розинкин Данил Анатольевич	
Планков Александр Анатольевич	

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ НА РАСЧЕТ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	229
Сатпаев Дмитрий Сергеевич Логунова Яна Юрьевна Розинкин Данил Анатольевич Мохова Дарья Владимировна Осипов Дмитрий Сергеевич	
ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ТЕЧЕНИЯ	238
Скрыпник Артем Николаевич Игорь Александрович Попов	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ ДВУХ ТИПОВ ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК ГАЗООХЛАЖДАЕМОГО РЕАКТОРА С РАЗНЫМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ	248
Сулейменов Нурболат Айдынович Байгожина Ажар Амангельдыевна Сураев Артур Сергеевич	
<b>Секция 13. Математика</b>	<b>259</b>
ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ КУБИЧЕСКОЙ И КОЛЬЦЕВОЙ КОНФИГУРАЦИИ	259
Аюпова Юлия Рафаэлевна Стаканов Станислав Александрович Кипнис Михаил Маркович	

# СЕКЦИЯ 1.

## АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

### БЫСТРОВОЗВОДИМОЕ МЕМБРАННО-КАРКАСНОЕ СООРУЖЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Амоян Миша Фрикович*

*Костюхина Мария Владимировна*

*Поляков Юрий Александрович*

*студенты 2 курса, института САДИ, СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [ezid-007@yandex.ru](mailto:ezid-007@yandex.ru)*

*Ким Алексей Юрьевич*

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор кафедры ТСК,  
СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов*

Как показал международный опыт строительства транспортабельных сооружений в течение последних десятилетий, к наиболее эффективным и надежным сооружениям относятся легкие мембранно-пневматические и усиленные вантами воздухоопорные и линзообразные системы. Экономичные предварительно напряженные мембранно-пневматические системы легких вантовых сооружений получили развитие лишь в двадцатом веке, но в настоящее время они всё чаще возводятся в мире и все больше привлекают внимание инженеров [4, 5].

Согласно общепринятой в Российской Федерации классификации мембранно-пневматические покрытия можно разделить на три группы: 1) воздухоопорные покрытия; 2) воздуhonесомые покрытия; 3) линзообразные покрытия [7].

Воздухоопорное сооружение представляет собой закреплённую по контуру мягкую оболочку, под которую непрерывно закачивается воздух.

Для противодействия внешним нагрузкам давление воздуха под оболочкой несколько превышает атмосферное. Вследствие небольшого (200—500 Па) избыточного давления воздуха и непрерывной подачи его вентилятором особых требований к герметичности оболочки не предъявляется. Воздухоопорные оболочки крепятся к опорному контуру и снабжаются входными шлюзами.

Воздухонесомые конструкции — это надувные системы, включающие пневмостержни или пневмопанели, несущая способность которых обеспечивается избыточным давлением воздуха в них. Это отдельные конструктивные элементы с высоким внутренним давлением воздуха (10—25 кПа), требующим и высокой степени герметизации оболочек. Например, пневмоарки, образующие полуцилиндрический свод, — типичный представитель воздухонесомых конструкций. Устройства входных шлюзов в воздухонесомых конструкциях не требуется, так как давление воздуха во внутреннем помещении сооружения равно атмосферному.

Линзообразные конструкции - это двухпоясные покрытия. Их часто называют пневмолинзами, если они перекрывают круглый, овальный или многоугольный план, или пневмоподушками, если план прямоугольный.

Пневмолинзы по принципу статической работы можно отнести к сооружениям воздухоопорного типа, а по такому признаку, как отсутствие избыточного давления в эксплуатируемом помещении, их часто относят к воздухонесомым системам. Пневмолинза представляет собой не здание в целом, а лишь один из его конструктивных элементов — покрытие.

Как пишет В.В. Ермолов [7], первый в мире воздухоопорный купол был смонтирован американским инженером У. Бэрдом в 1948 году. Вслед за этим во многих европейских странах и в Японии началось интенсивное строительство пневматических сооружений. Общее число их во всём мире составляло в 1972 году 20 тысяч, в 1976 — 50 тысяч, в 2005 — более 100 тысяч сооружений. К 2014 году пневматическими сооружениями перекрыто более 50 млн. кв. м полезной площади.

Воздухоопорные сооружения отличаются простотой конструкции, безопасностью и безотказностью при эксплуатации. При низкой стоимости они способны перекрывать большие пролёты, а при постановке внутренних оттяжек — и неограниченные площади.

Статистика шестидесятых годов двадцатого века свидетельствует, что в основном это складские помещения (50—60 %), либо покрытия спортивных сооружений (20—30 %), либо выставочные павильоны, укрытия строительного-монтажных площадок и другие сооружения (10—15 %).

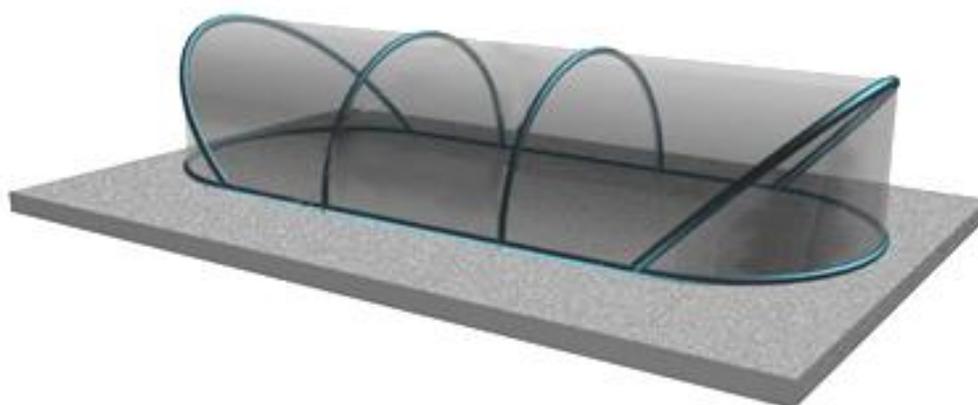
Особенность данного момента состоит в том, что теория достаточно точного нелинейного расчета мембранно-пневматических сооружений находится ещё в начальной стадии разработки. Сложилась ситуация, в которой, с одной стороны, всеми признана необходимость в создании легких сооружений больших пролетов для промышленности, сельского хозяйства, спорта, торговли, министерства обороны, министерства чрезвычайных ситуаций и так далее. С другой стороны, несмотря на серьезную научную работу, сделанную отечественными и зарубежными учёными в области проектирования мембранно-пневматических сооружений, сказывается несовершенство существующей теории их расчёта. В настоящее время отсутствуют методики достаточно точного расчёта пространственных гибких мембранно-пневматических систем, необходимость в учёте геометрической, физической и конструктивной нелинейности систем и, что особенно важно, необходимость в учёте упругих свойств воздуха, заключенного в пневматических полостях системы и обеспечивающего высокую несущую способность мембранно-пневматического сооружения [1, 2].

Студенты 2 курса САДИ структурного подразделения СГТУ имени Гагарина Ю.А. под руководством профессора кафедры ТСК Кима Алексея Юрьевича разработали экономичное мембранно-каркасное сооружение.

Сооружение, обладая мобильностью, позволяет быстро менять свое месторасположение с учетом потребностей производства и изменения ситуации. См. рис. 1.

В конструктивном отношении разработанное студентами сооружение представляет собой однопролетное мембранно-каркасное перекрытие, включающее расположенный по периметру сооружения опорный контур, концевые и промежуточные арки, опирающиеся на опорный контур. А также шарнирные опорные части, установленные под концевыми арками, и опирающуюся на арки мембранную оболочку, скрепленную с опорным контуром при помощи талрепов [2, 3].

Сооружение включает в себя расположенный по периметру жесткий опорный контур 1 (рис. 2), очерченный в плане по двум параллельным линиям, соединенным по концам симметричными дугами.



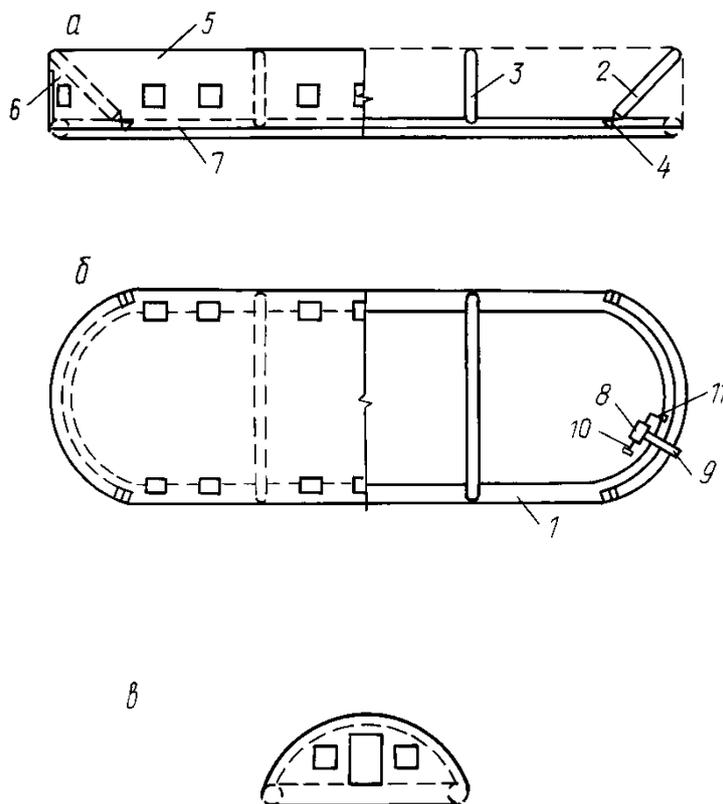
***Рисунок 1. Общий вид мембранно-каркасного сооружения***

Концевые 2 и вертикальные промежуточные 3 арки кругового очертания и одинакового пролета, опирающиеся на опорный контур 1; шарнирные опорные части 4, установленные под концевыми арками 2; опирающуюся на арки 2,3 мембранную оболочку 5, 6, скрепленную с опорным контуром 1 при помощи талрепов 7. В сооружении есть воздухонагнетательный вентилятор 8 с воздухопроводом 9 для подачи воздуха под оболочку и датчики давления 10 воздуха под оболочкой, включающие при необходимости воздухоопорный режим эксплуатации сооружения.

Опорный контур 1 выполнен в виде жесткой герметичной трубы, промежуточные арки 3 жестко прикреплены к опорному контуру 1, концевые

арки 2 наклонены к торцам под углом 45—60° к вертикали, а мембранная оболочка, состоящая из средней 5 и двух торцевых полотнищ 6, герметично скрепленных с концевыми арками по всей длине арок, предварительно растянута вдоль и поперек сооружения при помощи талрепов. Сооружение снабжено датчиками 11 напряжений в арках, автоматически включающими воздухоопорный режим эксплуатации сооружения при значениях внешних нагрузок, превышающих нормативные.

Проектируется сооружение на действие лишь нормативных нагрузок, а в периоды, когда возникают перегрузки, автоматически используется воздухоопорный режим эксплуатации, что позволяет значительно снизить как металлоемкость сооружения, так и его стоимость [5, 6].



**Рисунок 2. Мембранно-каркасное сооружение**

Изготовление опорного контура в виде трубы, снабженной колесами, позволяет перевозить сооружение на другое место при помощи механизированной тяги и устанавливать на любых грунтах, вплоть до болот

и водной поверхности рек. В последнем случае сооружение эксплуатируется в воздухоопорном режиме, обеспечивающем его плавучесть на основе воздушной подушки.

Область применения мембранно-каркасного сооружения:

- складские сооружения для сельского хозяйства, быстровозводимые и способные быстро менять месторасположение;

- гаражи для автомобильной, сельскохозяйственной и другой техники, при необходимости отапливаемые;

- плавучее авторегулируемое мембранно-каркасное сооружение, предназначенное для различных видов деятельности людей на воде: обслуживание гидротехнических сооружений, рыболовство, использование сооружения при строительстве и эксплуатации рыбопитомника и др. Сооружение снабжено двигателем, позволяющем ему передвигаться по водной поверхности.

Стоимость мембранно-каркасного сооружения с размерами в плане 24x12 м составляет ориентировочно 50 тысяч долларов США.

Бригада монтажников может произвести монтаж такого сооружения в стационарном варианте на готовый фундамент за 10 рабочих дней.

### **Список литературы:**

1. Ермолов В.В. Воздухоопорные здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1980. — 304 с.
2. Ким А.Ю. Мембранно-каркасное воздухоопорное сооружение. Информационный листок № 28—97. Саратовский межотраслевой территориальный центр научно-технической информации и пропаганды, 1997.
3. Ким А.Ю. Мембранно-каркасное воздухоопорное сооружение средних пролетов. СГАУ, Саратов, 1995. — 12 с. Библиограф. 3 названия. Рукопись депонирована в ВИНТИ РАН 09.08. 95, № 2410-B95.
4. Ким А.Ю., Нургазиев Р.Б. Расчёт пространственных мембранно-стержневых систем. СГАУ, Саратов, 2001. — 201 с. Книга депонирована в ВИНТИ РАН 31.08.01 № 1916-B2001.
5. Ким А.Ю. Патент РФ № 2095534 на изобретение « Мембранно-каркасное воздухоопорное сооружение » Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений 10 ноября 1997 г.

6. Ким А.Ю. Статический и динамический расчёт воздухоопорных и линзообразных мембранно-пневматических систем. Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. Монография деп. в ВИНТИ РАН № 909-В2003 от 12.05.03. — 308 с.
7. Ким А.Ю. Численное исследование нелинейных мембранно-пневматических систем. СГАУ, Саратов, 2001. — 263 с. Монография депонирована в ВИНТИ РАН 28.04.01 № 1122-В2001.

## **МЕМБРАННО-ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Амоян Миша Фрикович*

*Костюхина Мария Владимировна*

*Поляков Юрий Александрович*

*студенты 2 курса, института САДИ, СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [ezid-007@yandex.ru](mailto:ezid-007@yandex.ru)*

*Ким Алексей Юрьевич*

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор кафедры ТСК,  
СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов*

К началу 2014 года в России зарегистрированы сотни тысяч индивидуальных предпринимателей. В основном, это мелкий и средний бизнес со сравнительно небольшими доходами. Мировой экономический кризис, а также налоговая политика Российской Федерации в 2012—13 гг. сильно подорвали их экономическое положение. Позволить себе строительство крупных объектов они в настоящее время не могут. В то же время потребность в создании современной инфраструктуры среднего бизнеса России очень большая. Требуется сооружения для организаций выставок, крытых катков, теннисных кортов, оранжерей и т. п.

Студентами 2 курса СГТУ имени Гагарина Ю.А. под руководством профессора кафедры ТСК Кима А.Ю., разработана многопролетная линзообразная мембранно-пневматическая система перекрытия больших пролетов. См. рис. 1.

Согласно общепринятой классификации мембранно-пневматические покрытия можно разделить на три группы: 1) воздухоопорные покрытия; 2) воздунесомые покрытия; 3) линзообразные покрытия [1].

Воздухоопорное сооружение представляет собой закреплённую по контуру мягкую оболочку, под которую непрерывно закачивается воздух. Для противодействия внешним нагрузкам давление воздуха под оболочкой

несколько превышает атмосферное. Вследствие небольшого (200—500 Па) избыточного давления воздуха и непрерывной подачи его вентилятором особых требований к герметичности оболочки не предъявляется. Воздухоопорные оболочки крепятся к опорному контуру и снабжаются входными шлюзами.

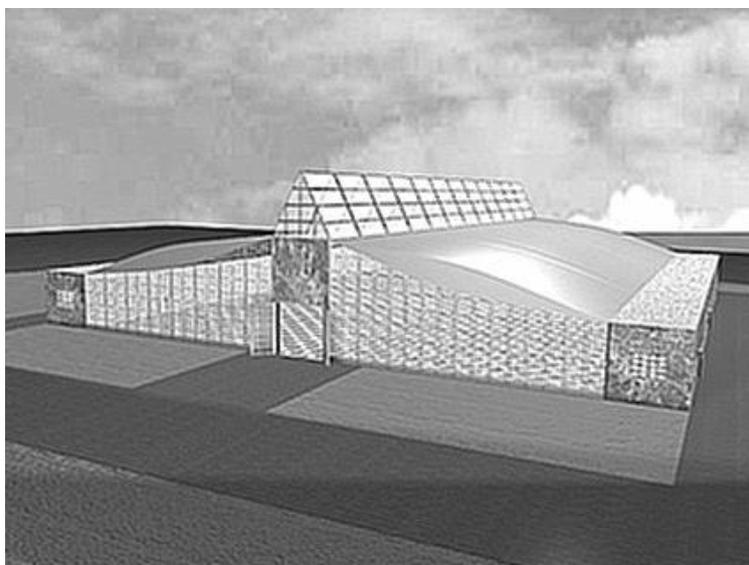
Воздухонесомые конструкции - это надувные системы, включающие пневмостержни или пневмопанели, несущая способность которых обеспечивается избыточным давлением в них воздуха. Это отдельные конструктивные элементы с высоким внутренним давлением воздуха (10—25 кПа), требующим и высокой степени герметизации оболочек. Например, пневмоарки, образующие полуцилиндрический свод, — типичный представитель воздухонесомых конструкций. Устройства входных шлюзов в воздухонесомых конструкциях не требуется, так как давление воздуха во внутреннем помещении сооружения равно атмосферному. (См. рис. 1).

Линзообразные конструкции — это двухпоясные покрытия. Их часто называют пневмолинзами, если они перекрывают круглый, овальный или многоугольный план, или пневмоподушками, если план прямоугольный.

Разработанное для нужд среднего бизнеса России многопролетное мембранно-пневматическое сооружение относится к воздухонесомым мембранно-пневматическим системам. Данное сооружение содержит воздухонагнетательный вентилятор с воздуховодами и датчиками давления воздуха. Сооружение также имеет внешние и внутренние опорные устройства, мембранно-пневматическое покрытие с многопролетной нижней и выпуклой на длине всех пролетов верхней мембранами. Мембраны закреплены во внешних опорных устройствах, соединенных между собой по периметру сооружения и образующих герметически замкнутую полость с избыточным давлением воздуха. Сооружение является капитальным, мембраны покрытия металлические.

В сооружениях данного типа наличие воздуходувной машины обязательно. Обычно это центробежный вентилятор, совмещенный с теплогенератором. Воздуходувный вентилятор служит для подкачки воздуха в герметически

замкнутую полость мембранно-пневматического покрытия и обогрева внутренних помещений [1, 2].



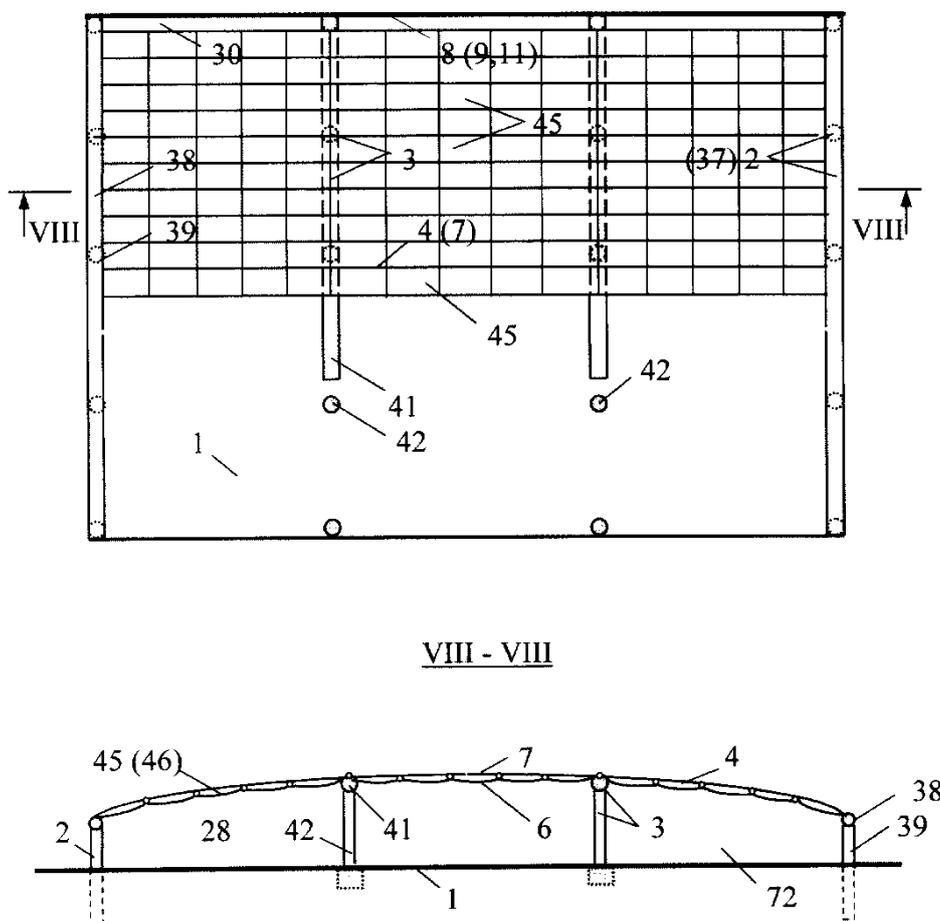
***Рисунок 1. Многопролетное мембранно-пневматическое сооружение***

В отличие от воздухоопорных сооружений, в которых избыточное давление воздуха создается в помещении между оболочкой и полом, воздухоносимые сооружения не требуют герметизации внутреннего помещения и устройства шлюзов.

Положительный эффект предлагаемого сооружения состоит в улучшении технологических качеств, уменьшении материалоемкости внешних опорных устройств и снижении стоимости сооружения.

Указанный эффект достигается тем, что многопролетное мембранно-пневматическое сооружение выполнено в плане прямоугольным, каждое внешнее и внутреннее опорное устройство включает ригель, объединенный с колоннами и расположенный в плане перпендикулярно пролетам. Нижняя и верхняя мембраны сооружения соединены между собой над ригелями опорных устройств и по длине пролетов образуют несколько линзообразных пролетных строений. Пролетные строения опираются на ригели и снабжены расположенными по торцам покрытия вертикальными мембранно-стержневыми панелями, соединяющими мембраны.

На рис. 2 показано предлагаемое сооружение, вид в плане и разрез А-А.



Фиг. 7

**Рисунок 2. Мембранно-пневматическое сооружение вид в плане**

Многопролетное мембранно-пневматическое сооружение, содержит воздуходувательный вентилятор 1 с воздуховодами 2 и датчиками 3 давления воздуха, внешние 4 и внутренние 5 опорные устройства, мембранно-пневматическое покрытие 6 с многопролетной нижней 7 и выпуклой на длине всех пролетов верхней 8 мембранами, закрепленными во внешних опорных устройствах 4, соединенными между собой по периметру сооружения и образующими герметически замкнутую полость 9 с избыточным давлением воздуха.

Сооружение выполнено в плане прямоугольным. Каждое внешнее опорное устройство 4 имеет ригель 10, объединенный с колоннами 11 и расположенный

в плане перпендикулярно пролетам. Внутреннее опорное устройство 5 имеет ригель 12, объединенный с колоннами 13 и расположенный в плане перпендикулярно пролетам. Мембраны соединены между собой над ригелями 10, 12 опорных устройств 4, 5 и по длине пролетов образуют несколько линзообразных пролетных строений 14, опирающихся на ригели 10, 12. Линзообразные пролетные строения 14 снабжены расположенными по торцам покрытия 6 вертикальными мембранно-стержневыми панелями 15, соединяющими нижнюю 7 и верхнюю 8 мембраны. В случае, когда колонны 11 выполнены наклонными, внешнее опорное устройство 4 включает вертикальную стенку 16, закрепленную в фундаменте 17.

Вертикальная мембранно-стержневая панель 15 представляет собой жесткую ферму (в частности безраскосную), снаружи которой по контуру каждой ячейки герметично прикреплена мембрана.

Линзообразные герметически замкнутые полости 9 каждого пролетного строения 14 в частном случае могут быть не герметичны между собой, и тогда изменение давления воздуха в одной из них повлечет за собой изменение давления воздуха в других.

В плане сооружение выполнено прямоугольным с верхней выпуклой на длине всех пролетов мембраной, очерченной по цилиндрической поверхности. При этом внутреннее опорное устройство (одно или несколько в зависимости от числа пролетов) имеет ригель, объединенный с вертикальными колоннами и расположенный в плане перпендикулярно пролетам и торцам сооружения.

Монтаж сооружения производится на фундамент. Сначала в фундаменты устанавливают колонны 13 и на них крепят ригели 12. Одновременно монтируют каждое внешнее опорное устройство 4, включающее ригель 10, объединенный с наклонными колоннами 11, и стенку 16, закрепленную в фундаменте 17. Нижнюю 7 и верхнюю 8 мембраны укладывают рядом с сооружением в виде заранее изготовленных монтажных полотнищ, которые затем с помощью полиспастов, лебедок и талрепов натягивают на ригели 10

и 12 и скрепляют их между собой, с ригелями 10 внешних опорных устройств 4 и торцевыми панелями 15.

Разработанное мембранно-пневматическое сооружение относится к воздухоносным сооружениям с низким избыточным давлением воздуха в пневмолинзах. Избыточное давление воздуха в пневмолинзах предварительно напрягает несущую и напрягающую мембраны и придает покрытию несущую способность, достаточную для восприятия разнообразных нагрузок.

Пневмолинзы работают в режиме периодической подкачки воздуха, регулируемой датчиками давления воздуха. А поскольку обеспечение герметичности пневматического покрытия с мембранами, выполненными из металла (в частности из нержавеющей сварной стали или алюминиевых сплавов) сейчас возможно, то подкачка воздуха в пневмолинзы вентилятором будет происходить периодически с достаточно большими интервалами, а значит в экономичном и безопасном для сооружения режиме.

При аварийном падении давления воздуха в замкнутом пространстве верхняя выпуклая мембрана ложится на вогнутую нижнюю и покрытие превращается в висячую систему, не разрушаясь.

Улучшение технологических качеств сооружения состоит в упрощении раскроя мембран, достигаемом благодаря выполнению сооружения в плане прямоугольным с одновременным выполнением очертания мембран в пределах пролета цилиндрическим. Цилиндрическое же очертание мембран достигается за счет постановки на торцах покрытия рыбообразных вертикальных панелей. В этом случае нижняя и верхняя мембраны покрытия могут быть скроены из поставляемых с завода прямоугольных полос, что существенно упрощает технологию изготовления как самих мембран, так и покрытия в целом. Благодаря цилиндрическому очертанию мембраны пневмолинз не коробятся при нагружении их давлением воздуха, температурным воздействием или силовыми нагрузками ни на стадии монтажа, ни на стадии эксплуатации сооружения. Как показала практика, такой факт, как отсутствие коробления мембран пневмосооружений при выполнении их из металла, является

редкостью. Для этого требуется либо простейшее очертание оболочек, как в данном случае, либо применение довольно сложных конструктивных решений.

Снижение же материалоемкости внешних опорных устройств существенно снижает общую стоимость сооружения.

Увеличение полезной площади сооружения за счет многопролетности покрытия может быть многократным. Так, при предельном пролете в 60 м для мембран, выполненных из нержавеющей стали толщиной (1—1,5) мм, ширина здания может быть увеличена до 180 м и более. Длина здания может быть произвольной.

Уклон кровли за счет очертания верхней выпуклой мембраны обеспечивает необходимый водоотвод с покрытия естественных осадков [3]. Наличие пневматических линз в покрытии обеспечивает хорошие теплозащитные свойства зданий. Проблему удаления снега с покрытия можно осуществлять подачей нагретого воздуха в пневмолинзы.

Снижение материалоемкости и стоимости сооружения, приходящихся на один квадратный метр полезной площади, повышает экономическую эффективность сооружения.

Разработанное сооружение размерами 24 на 48 метров бригада монтажников может собрать на готовый фундамент за две недели, и его стоимость будет примерно в три раза дешевле традиционного сооружения.

Авторы статьи надеются, что новые пневматические системы сооружений займут достойное место в современной инфраструктуре РФ.

### **Список литературы:**

1. Ермолов В.В. Воздухоопорные здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1980. — 304 с.
2. Ким А.Ю. Расчет воздухоопорных, линзообразных и комбинированных пневматических систем сооружений с учетом упругих свойств воздуха. Депонированная рукопись в ВИНТИ № 77-В2006 25.01.2006 г.

3. Ким А.Ю. Расчет пневматических систем с учетом нелинейных факторов кн. 2. Дискретные расчетные схемы. Депонированная рукопись в ВИНТИ № 1547-В2000 29.05.2000 г.
4. Ким А.Ю. Расчет пространственных мембранно-стержневых систем с использованием пакета прикладных программ "Статика". Депонированная рукопись в ВИНТИ № 76-В2006 25.01.2006.
5. Ким А.Ю. Статический и динамический расчет воздухоопорных и линзообразных мембранно-пневматических систем. Депонированная рукопись в ВИНТИ № 909-В2003 12.05.2003.

# **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МЕМБРАННО-СТЕРЖНЕВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В РОССИИ**

*Амоян Миша Фрикович*

*Костюхина Мария Владимировна*

*Поляков Юрий Александрович*

*студенты 2 курса, института САДИ, СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [ezid-007@yandex.ru](mailto:ezid-007@yandex.ru)*

*Ким Алексей Юрьевич*

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор кафедры ТСК,  
СГТУ имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов*

Статья посвящена разработке новых быстровозводимых предварительно напряжённых мембранно-стержневых и пневматических сооружений многоцелевого назначения. Предлагаемые системы являются капитальными сооружениями, отличающимися высокими технико-экономическими показателями при пролётах до 100 метров.

Студенты 2 курса Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.В. под руководством профессора кафедры ТСК Кима Алексея Юрьевича разработали несколько вариантов мембранно-стержневых и пневматических покрытий быстровозводимых сооружений универсального назначения.

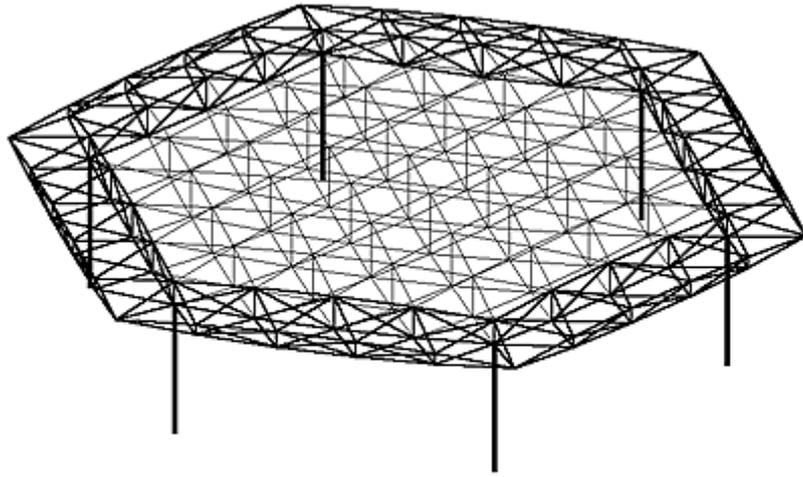
Разработанное авторами статьи пространственное предварительно напряжённое сооружение содержит внешнее опорное кольцо и облегчённое мембранно-стержневое покрытие с нижней вогнутой и верхней выпуклой мембранами. Мембраны закреплены во внешнем опорном кольце и усиленными канатами, соединёнными между собой распорками (рис. 1). Мембраны покрытия сооружения (рис. 2) могут быть выполнены из полупрозрачных долговечных плёнок [2, 3].

Опорное кольцо покрытия сооружения выполнено сквозным в виде шарнирно-стержневой фермы, опёртой на внутренние колонны и имеющей прямоугольное или шестиугольное очертание в плане.

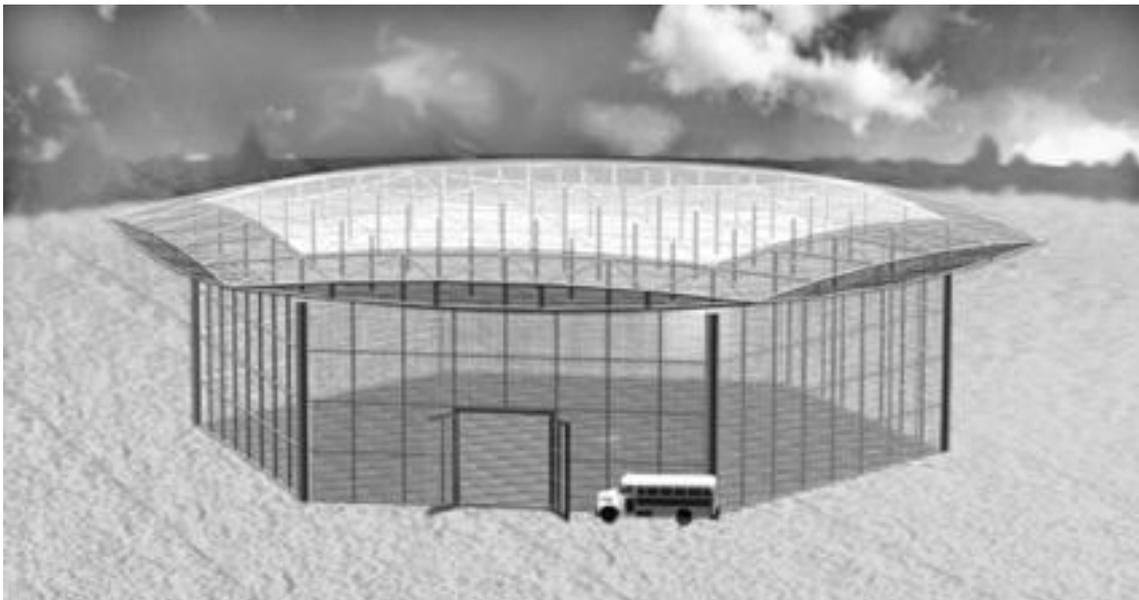
Предварительно напряжённое мембранно-стержневое покрытие сооружения, с целью повышения жесткости мембран и их долговечности, может быть усилено за счёт пневматического эффекта. В этом случае сооружение снабжено воздухомнагнетательным вентилятором с воздуховодами и датчиками давления воздуха, а мембранно-стержневое покрытие с нижней вогнутой и верхней выпуклой мембранами, закрепленными во внешнем опорном кольце и соединёнными между собой распорками, образуют герметически замкнутую полость с избыточным давлением воздуха.

В случае, когда мембранно-стержневое покрытие сооружения выполнено пневматическим, необходимое предварительное напряжёние его может быть достигнуто за счёт избыточного давления воздуха пневмолинзы и число распорок в двухпоясном покрытии может быть уменьшено. Наибольший экономический эффект достигается тогда, когда распорки в пневматическом покрытии вообще отсутствуют (рис. 3). Покрытие в этом случае становится особенно лёгким, материалоемкость сооружения снижается (рис. 4), но появляется некоторая зависимость несущей способности покрытия от технического состояния специального оборудования: вентилятора, щелочного аккумулятора и т. д.

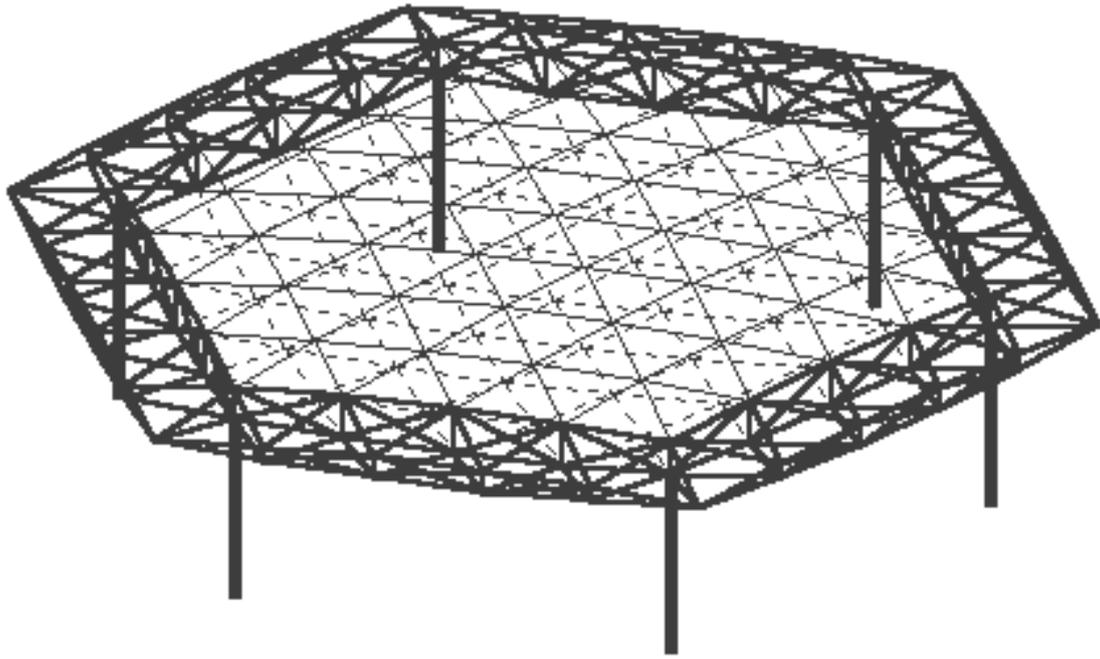
В отличие от воздухоопорных сооружений, линзообразные пневматические сооружения не требуют герметизации внутреннего помещения и устройства шлюзов [1].



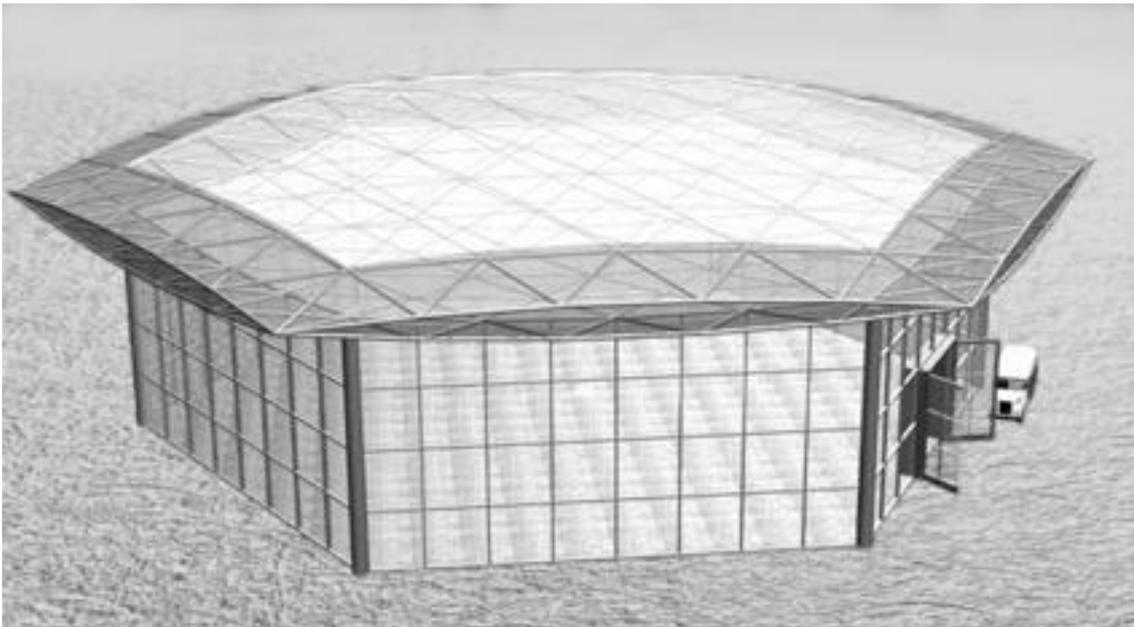
*Рисунок 1. Расчетная схема мембранно-стержневого сооружения*



*Рисунок 2. Быстровозводимое мембранно-пневматическое сооружение*



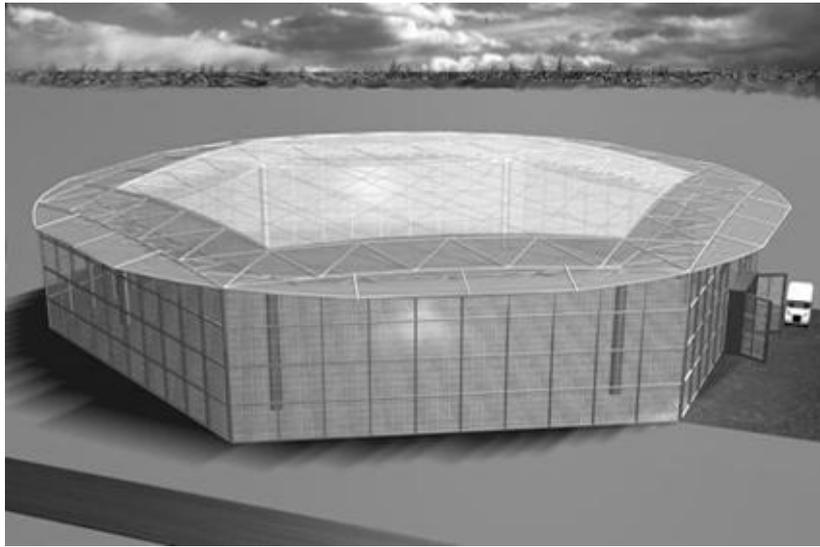
*Рисунок 3. Расчетная схема мембранно-канатного сооружения*



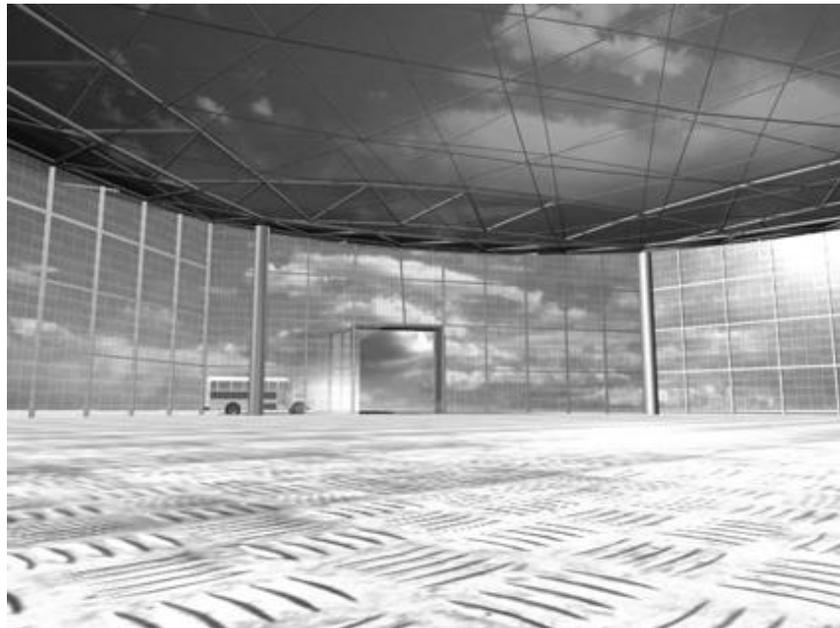
*Рисунок 4. Быстровозводимое мембранно-пневматическое сооружение, усиленное канатами*

На рис. 5 показано сооружение с оконным витражом, расположенным по внешнему контуру покрытия, на рис. 6 — интерьер внутреннего помещения.

Относительно низкая материалоемкость и стоимость сооружения в сочетании с надежностью и долговечностью конструкций обеспечивают высокую экономическую эффективность сооружения.



*Рисунок 5. Мембранно-пневматическое сооружение с прозрачным покрытием*



*Рисунок 6. Внутренний интерьер мембранно-пневматического сооружения*

Уклон кровли за счёт выпуклого очертания верхней мембраны обеспечивает необходимый водоотвод с покрытия естественных осадков. Наличие пневматической линзы в покрытии обеспечивает хорошие теплозащитные свойства здания как летом, так и зимой. Удаление снега с покрытия можно осуществлять подачей нагретого воздуха в пневмолинзу.

За рубежом построено более 100 тысяч мембранно-пневматических сооружений различного типа благодаря их низкой себестоимости.

Расход стали в капитальных сооружениях со стальным мембранно-пневматическим покрытием при пролетах порядка 70 м обычно в несколько раз меньше, чем в сооружениях с традиционным покрытием. При этом чем больше пролет покрытия, тем меньше материалоемкость мембранно-пневматических сооружений по сравнению с традиционными.

Научным руководителем авторов статьи разработан алгоритм расчёта пространственных предварительно напряжённых линзообразных покрытий сооружений больших пролётов шаговым методом последовательных нагружений [4] с поэтапным применением метода конечных элементов [5].

Алгоритм расчёта позволяет учитывать геометрическую и конструктивную нелинейность системы. На каждом шаге приращения параметров системы применяется итерационная процедура Эйлера-Коши третьего порядка точности. Достаточную для инженерных расчётов точность результатов можно получить итерационным расчётом уже при одном шаге нагружения. В тех случаях, когда канаты могут временно выключаться из работы, осуществляется многошаговый процесс расчёта системы.

Авторы статьи надеются, что разработанные сооружения найдут достойное применение в современной инфраструктуре Российской Федерации.

### **Список литературы:**

1. Ермолов В.В. Воздухоопорные здания и сооружения. М.: Стройиздат, 1980. — 304 с.
2. Ким А.Ю. Расчет воздухоопорных, линзообразных и комбинированных пневматических систем сооружений с учетом упругих свойств воздуха. Депонированная рукопись в ВИНТИ № 77-В2006 25.01.2006 г.
3. Ким А.Ю. Расчет-пневматических систем с учетом нелинейных факторов кн. 2. Дискретные расчетные схемы. Депонированная рукопись в ВИНТИ № 1547-В2000 29.05.2000г.
4. Ким А.Ю. Расчет пространственных мембранно-стержневых систем с использованием пакета прикладных программ "Статика". Депонированная рукопись в ВИНТИ № 76-В2006 25.01.2006.
5. Ким А.Ю. Статический и динамический расчет воздухоопорных и линзообразных мембранно-пневматических систем. Депонированная рукопись в ВИНТИ № 909-В2003 12.05.2003.

# ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОЕКТНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПАРКА КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА МБУК ЦПКИО «ЛОПАТИНСКИЙ САД» В ГОРОДЕ СМОЛЕНСК

*Сколышева Анастасия Геннадьевна*

*студент 5 курса, художественно-графического факультета СмолГУ,*

*РФ, г. Смоленск*

*E-mail: [nAsbka\\_mosya@mail.ru](mailto:nAsbka_mosya@mail.ru)*

Обязательное условие планировки города — создание городского парка. До революции в Смоленске было несколько садов и парков: Блонье, Сосновский, Эрмитаж.

Лопатинский сад — парк в центре Смоленска, одна из городских достопримечательностей. Общая площадь его составляет 109493 кв. м [9]. Самое древнее сооружение на территории парка — остатки земляного вала, служившего в XV в. основанием деревянной крепости. В XVI — начале XVII веков вдоль этого вала была выстроена каменная стена по проекту Ф. Коня. Её остатки с несколькими башнями находятся на территории парка [1, с. 116]. Когда поляки захватили Смоленск утраченные звенья стены и башни не стали восстанавливать, а соорудили в виде звезды «Королевскую крепость», имевшую пять бастионов; три наружу и два внутрь [8, с. 129]. Единственным сохранившимся до настоящего времени подземным сооружением Королевской крепости является тоннель, ведущий из Лопатинского парка на стадион «Спартак». Он неплохо сохранился, однако его замуровали и открытым остается лишь отрезок в пять метров. Когда-то маленькие гrotы, украшенные львами, что у моста через пруд, вели в подземелье Королевской крепости. Этот проход, к сожалению, тоже недоступен [3]. После войны 1812 г в Королевской крепости существовала тюрьма для лиц, которые не могли следовать в Сибирь.

В 1871 г. в Смоленск губернатором назначили Александра Григорьевича Лопатина. Губернаторский дом имел свой большой сад. Но А.Г. Лопатин обратил внимание на то, что территория Королевской крепости пришла в полное запустение. Привлекая к работам арестантов, он организовал

расчистку места, провёл дорожки, устроил цветники, беседки. Смоляне оценили усердие губернатора, «заботами которого сад этот был приведен в очень хороший вид». И 1 августа 1873 г. смоленский городской голова обратился к губернатору с просьбой, чтобы «общественный сад получил наименование «Лопатинский». В 1874 году на месте бывшей Королевской крепости по приказу губернатора Александра Григорьевича Лопатина был создан сад, впоследствии названный его именем. Первоначально сад ограничивался валами Королевской крепости и планировался в ландшафтном стиле, чему во многом содействовали живописность прилегающей местности, а также изобилие памятников смоленской истории. Со временем его облик значительно изменился [7].



*Рисунок 1. Одна из арок бывших погребов (казематов)*

Внутренние участки бастиона были срыты, образована ровная площадка. Через ров напротив памятника Адамину выстроили деревянный мост, в 1907 г. на его месте был выстроен новый бетонный, искусственный ров был заполнен водой, так образовался пруд. После отъезда А.Г. Лопатина из Смоленска попечение о саде взяла на себя особая комиссия. Сад был обнесен красивой деревянной оградой, и вход в него был платным. Вообще верхний вал бастиона был самой привлекательной прогулочной площадкой, в правой стороне с него

через «мостик вздохов» можно было пройти на крепостную стену. После революции произошло переименование площадей и улиц Смоленска, так парк начал носить имя пролетарского писателя А.М. Горького. В путеводителе по Смоленску 1930-х г. он уже назван Парком Культуры и Отдыха, а вскоре его вновь нарекли именем Лопатина [1, с. 34].

На рубеже XIX—XX веков Лопатинский сад был признан одним из лучших парков в России. Современный парк культуры и отдыха переживал разные периоды. Были десятилетия, когда туда устремлялись смоляне на каток, танцплощадку, лодочную станцию, полюбоваться лебедями, просто отдохнуть на скамейках возле клумб с розами, побывать в летнем театре. В настоящее время парк начал возобновляться, но это только начало большого пути, который надо проделать до полного его возрождения. Видный смоленский краевед И.И. Орловский в своей книге «Смоленская стена. 1602—1902» так охарактеризовал состояние парка в начале XX века: «Теперь этот сад снова заброшен, и вместо эстетического и исторического элемента в нём является преобладающим элемент питейно-увеселительный» [5, с. 155].

Территорию парка украшают различными цветниками, водоемами, малыми архитектурными формами: скамейками, фонарями, фонтанами, беседками, кованными оградами, скульптурами, вазонами, что делает его более ярким, эффектным.

Сейчас Лопатинский сад является развлекательным, по всей его территории рассредоточены различные аттракционы, многочисленные кафе и танцевальные площадки. В этом году Смоленск отпраздновал 1150-летие города. К осени 2013-го года было построено много важных объектов, реставрированы фасады и реконструированы архитектурные объекты. Много усилий вложили в улучшение одного из значимых мест для отдыха горожан — центрального парка культуры и отдыха «Лопатинский сад». За последнее время появились на главной аллее макеты Одигитриевской церкви, снесенной в 1963 году, и Спасо-Преображенского собора Авраамиевского монастыря, теперь можно полюбоваться древней архитектурой нашего города. В пруду

парка поселили две пары лебедей , а также рыб — толстолобиков и амуров . Ворон и галок прогнали с помощью биоакустических отпугивателей [4].

Администрация парка выступила с предложением студентам СмолГУ создать концепцию развития и инфраструктуры зоны отдыха на территории МБУК ЦПКиО «Лопатинский сад». Проведя глубокий анализ историко-культурных и архивных источников, изучив сегодняшнее состояние всей инфраструктуры парка был разработан проект реконструкции парка. В котором были учтены пожелания администрации и горожан, а также проведены расчеты по всем эргономическим показателям и составлены схемы людских потоков.

На территории массового поля находится площадка для проведение мероприятий, набережная, два грота.



***Рисунок 2. Проект реконструкции парка (вид 1)***

По желанию администрации парка, в проекте предусмотрен перенос Микешенсой вазы, ее разместят на круглом постаменте между двумя гротами, по периметру которого расположены клумба и встроенные точечные

светильники (16 шт.). Гроты выделяются нижним искусственным освещением, в виде встроенных точечных светильников (22 шт.) На набережной предусматривается монтаж пары скамеек с урнами, со специальным освещением — фонарями. Подсветка воды пруда, осуществляется встроенными точечными светильниками по всему периметру набережной. Запроектировано новое мощение всей территории массового поля. Для мощения использовали тратуарную плитку.



*Рисунок 3. Проект реконструкции парка (вид 2)*

Проведя глубокий анализ историко-культурных и архивных источников, на основании которого выявлены особенности парка, изучив сегодняшнее состояние всей инфраструктуры парка был разработан проект реконструкции Лопатинского сада средствами дизайна архитектурной среды. В котором были учтены пожелания администрации и горожан, а также проведены расчеты по всем эргономическим показателям и составлены схемы людских потоков. По итогам работы, при поддержке администрации города выполнена реализация проекта.

## Список литературы:

1. Лапикова А. Прогулки по Смоленску. Парковая зона. Смоленск, Русич, 2006.
2. Лопатинский сад. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Лопатинский\\_сад](http://ru.wikipedia.org/wiki/Лопатинский_сад) (дата обращения 10.04.2014).
3. Лопатинский сад в Смоленске. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://www.ru-regions.ru/?p=881> (дата обращения 11.04.2014).
4. Лопатинский сад. Достопримечательности. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <http://strana.ru/places/23245358/info> (дата обращения 11.04.2014).
5. Орловский И.И. Смоленская стена. 1602—1902. Смоленск, Стена, 1905.
6. Погуляев Д.И. Природа Смоленска и его окрестностей. Парк культуры и отдыха им. В.З. Соболева (быв. Лопатинский сад). Смоленск, 1965.
7. Степченков Л.Л. статья «Лопатинский сад». Главный редактор: Коренев В.Е. журнал «Новый Смоленск». Смоленск, август 2010.
8. Суханова В.А. Памятные места Смоленщины. Смоленск. Русич, 2009.
9. Центральный парк культуры и отдыха «Лопатинский сад». [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: [http://www.smoladmin.ru/social/cultura/cultura\\_cpк.html](http://www.smoladmin.ru/social/cultura/cultura_cpк.html) (дата обращения 11.04.2014).

## СЕКЦИЯ 2. БИОТЕХНОЛОГИИ

### ШУМОВЫЕ ПРЕДЕЛЫ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БИОСТРУКТУР К ЭМП

*Ким Александра Валерьевна*  
*аспирант, кафедра приборостроения, ДВФУ,*  
*РФ, г. Владивосток*  
*E-mail: [habibi89@bk.ru](mailto:habibi89@bk.ru)*

*Короченцев Владимир Иванович*  
*научный руководитель, д-р физ.-мат. наук, профессор, ДВФУ,*  
*РФ, г. Владивосток*

Один из феноменологических подходов к определению предельной чувствительности биосистем к ЭМП постулирует, что биологический детектор ЭМП, какой бы он ни был, представим в виде эквивалентной, в некотором смысле, электрической цепи или радиотехнической структуры, состоящей из резисторов и емкостей. Это удобно, так как собственные электрические шумы легко тогда оценить, используя формулу Найквиста. Далее утверждается, что предполагаемый биологический детектор, не располагая априорной информацией о детектируемом сигнале, способен различить лишь сигнал не менее собственного шума. Таким образом, оценка чувствительности биологической системы сводится к оценке уровня собственных шумов предполагаемого детектора.

В простейшем случае, биологическому детектору приписывается комплексный импеданс  $Z(\omega)$  с активным сопротивлением  $R = \Re(Z)$ . Тогда спектральная плотность случайной э.д.с. равна:

$$(\epsilon^2)_\omega = 2kTR. \quad (1)$$

В данном случае, условия справедливости формулы Найквиста полагаются выполненными:  $\hbar\omega \ll kT, \lambda \ll c/\omega$ , где  $\lambda$  — размер детектора. Считают, что биологические ткани и биофизические структуры не обладают собственным индуктивным сопротивлением. Наблюдаемая иногда в измерениях индуктивная компонента обусловлена запаздыванием тока вследствие включения электрохимических процессов [1]. Поэтому, реактивная часть импеданса определяется емкостным сопротивлением, обратно пропорциональным частоте,  $\Im(Z)=1/\omega C$ . Тогда эффективная полоса частот детектора равна  $\Delta\omega \sim 2\pi/RC$ . Формула Найквиста дает в этой полосе средний квадрат шумовой э.д.с. детектора  $\overline{\epsilon^2} = 4\pi kT/C$ .

Неоднократно высказывалась гипотеза, что молекулярной мишенью ЭМП являются ионные каналы биологических мембран. Мембраны, образованные фосфолипидами, имеют толщину около  $d \approx 5 \cdot 10^{-7}$  см и диэлектрическую проницаемость порядка  $\epsilon \approx 10$ . Поскольку емкость участка мембраны с радиусом порядка радиуса ионного канала  $r \approx 10^{-7}$  см равна  $C \sim \epsilon r^2/4d$ , то шумовая э.д.с., отнесенная к толщине мембраны, то есть, шумовое электрическое поле в ионном канале, имеет уровень:

$$E_{noise} \sim \frac{1}{T} \overline{\frac{\pi kT}{d}} \sim 3 \cdot 10^{-3} \text{ ед. СГС} \sim 100 \text{ В/м.} \quad (2)$$

Напомним, что поле, индуцируемое переменным МП 50 Гц 100 мкТл в образце размером 1 см вблизи оси соленоида равно по порядку величины 0,1 мВ/м. Также зарегистрирована реакция биологических систем на токи в тканях инициируемые полями 3—5 мВ/м. Таким образом, ограничения, связанные с шумами не позволяют одиночному каналу быть рецептором слабых электрических полей, в рамках «радиотехнического» представления.

Формально, обратно пропорциональная зависимость  $E_{noise}$  от размера  $r$  участка мембраны позволяет предполагать, что детектор представленный сравнительно большим участком, был бы гораздо чувствительнее. Имеются

некоторые соображения о том, как подобные расчеты могли бы быть привязаны к оценке чувствительности гипотетического детектора слабого электрического поля в виде большого ансамбля одиночных каналов или в виде отдельной клетки [2]. Другое направление в развитии этой темы дает работа [3] где предположено, что ориентация некоторых пластиножаберных рыб в геомагнитном поле обусловлена э.д.с., наводимой в больших, порядка поперечного размера рыбы, контурах при изменении магнитного потока через контур. Электрорецепторы рыб обладают высокой чувствительностью [32] и могли бы в их связи с электрическими проводящими контурами объяснить факт магниторецепции. По данным [3] электрорецепторы ската обладают сопротивлением  $10^5$  Ом. Положим, что характерная частота, связанная с движением ската, как и полоса эффективных частот электрорецептора, имеет порядок  $\omega = 10$  Гц, а площадь проводящего контура равна  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Тогда, приравнивая друг к другу среднюю шумовую и индуцированную наклонами контура э.д.с.,  $S\omega B/c$ , легко вывести соотношение для пороговой чувствительности к МП:

$$B = \frac{c}{S} \sqrt{\frac{2kT R}{\omega}} \sim 10 \text{ мкТл.}$$

Эта цифра не противоречит гипотезе, связывающей магниторецепцию этих рыб с явлением магнитной индукции и электрорецепторами. Также она не противоречит и экспериментальным данным Калмийна [5].

Несмотря на видимый общий характер оценок, область их применимости ограничена механизмами, связанными с протеканием тока через детектор вследствие дополнительной, детерминированной э.д.с. сигнала. Действительно, если бы сигнал модулировал бы, например, только собственное сопротивление детектора, никакого обнаружения не состоялось бы. Выпадают из этой схемы и механизмы, в которых под действием сигнала меняется скорость химической реакции: никакого электрического аналога этот процесс не имеет. Механизмы,

которые обеспечивают амплитудные окна эффективности МП, также нельзя анализировать в рамках этого подхода: линейные электрические цепи, даже самые сложные, будучи линейными системами, обладают избирательными свойствами лишь по отношению к частоте, но не к амплитудам сигналов. С другой стороны, введение ad hoc в эквивалентные электрические структуры дополнительных нелинейных элементов сделало бы невозможным применение формулы Найквиста. Флуктуационно-диссипационная теорема, лежащая в основе формулы Найквиста ограничена системами с линейным откликом.

Отметим, что сама возможность представления биологической системы в виде электрической цепи требует обоснования. Пилла, Насер и Кауфман [6] предполагали, что биологическую ткань можно изобразить линейной одномерной цепью электрически связанных одиночных клеток, каждая из которых имеет эквивалентную электрическую схему из резисторов. Такая цепь, при определенных условиях, позволяет преодолеть шумовой предел, начиная с полей порядка 1 мВ/м. Однако, с одной стороны, сведение биологической ткани к одномерной цепи не совсем убедительно. С другой стороны, эффекты слабых ЭП наблюдают и на уровне клеточных систем вне прямого контакта клеток. Пока нет данных, что расчеты предельной чувствительности в рамках данного представления согласовались бы не с числом, а с экспериментальными кривыми. Барнс [7] предложил рассматривать нейроны, пирамидальные клетки кортекса головного мозга как своеобразные радиотехнические антенные фазированные решетки, снабженные усилителями и фильтрами. Такие решетки осуществляли бы детектирование когерентных сигналов, наведенных низкочастотными внешними полями в дендритах нейронов на фоне тепловых шумов. Однако, способ проверки такой гипотезы не был предложен. Таким образом, имеется много оснований для поиска альтернативных, несвязанных с электрическими токами, нелинейных механизмов биологической рецепции слабых МП.

Если ограничиться биологическими эффектами МП уровня геомагнитного поля, то наиболее важны с точки зрения фундаментальной физики две

проблемы равно парадоксального характера: 1) механизм или процесс преобразования сигнала МП в биохимический отклик, масштаб энергии  $kT$  которого на десять порядков превосходит квант энергии МП и 2) почему тепловые флуктуации того же масштаба  $kT$  не разрушают указанный процесс преобразования. На первый взгляд, парадоксальность второй проблемы гораздо более заметна, т. к. «очевидное» решение первой состоит в накоплении энергии сигнала МП или его усилении. Соответственно, основное внимание уделялось решению второй проблемы, при этом механизм преобразования выбирался почти произвольно. Однако именно от механизма преобразования зависит описание «оконных» полиэкстремальных спектров, наблюдаемых в эксперименте, именно им определяется предсказательность модели. Поэтому на сегодня нет предсказательных моделей, решающих обе проблемы одновременно, за исключением, может быть [8]. В то же время, появились предсказательные модели [9, 10], решающие первую проблему. Это существенный этап, характеризующий состояние теоретических исследований в области магнитобиологии. Предсказательность таких моделей означает, что биологические эффекты слабых магнитных полей, как важного экологического фактора, становятся прогнозируемыми.

Рассмотрим теперь более подробно некоторые из часто выдвигаемых механизмов МБЭ. Критика таких работ представляется хотя и неблагодарной, но необходимой деятельностью.

Существует некоторая терминологическая неопределенность. Под «циклотронным резонансом в магнитобиологии» в литературе часто понимают несколько, по сути разных, моделей, принадлежащих Либову. Кроме того, эти модели упоминают почти всякий раз, когда находят МБЭ на циклотронной частоте  $\Omega_c$  МП, упуская из вида, что данная комбинация констант иона имеет отношение не только к циклотронному резонансу, но и к ряду других эффектов. С другой стороны, судя по литературе, «параметрический резонанс в магнитобиологии» связан не с конкретным именем, а со спецификой математических уравнений, — и поэтому обращен

ко множеству моделей, классических и квантовых, с и без потенциальных сил и т. д. Все же мы сохраняем эту терминологию, отдавая дань сложившейся литературной традиции, и надеемся, что читатель без труда идентифицирует каждую из следующих моделей в рамках предложенной выше объективной классификации.

Рассмотрим модели биологического действия слабых электрических полей.

Один из возможных сценариев действия низкочастотного МП на биологическую систему состоит в том, что МП индуцирует в ткани переменное электрическое поле. Оно, в свою очередь, вызывает вихревые токи и электрохимические явления. Частотно- и амплитудно-селективное действие внешних слабых переменных ЭП составляет проблему и само по себе. Для описания соответствующих механизмов используют уравнения химической кинетики, в которых константы некоторых реакций, характерных относительно большим изменением электрического дипольного момента, полагаются зависящими от напряженности ЭП. Обычно, при оценке действия слабого ЭП на клетку исходят из дополнительного потенциала на поверхности клетки, помещенной в ЭП. В модельных задачах рассматривают сферические или цилиндрические диэлектрики, помещенные во внешнее поле. Известно, что потенциал ЭПЕ в сферической системе, совпадающей с центром диэлектрического шара имеет вид  $\varphi = -Er(1 - A/r^3)$ , где константа  $A$  определяется из условий на границе шара. На поверхности шара радиуса  $R$ , или цилиндра:

$$\varphi_{sphere} = -ER \frac{3\varepsilon}{2\varepsilon + \varepsilon^i}, \quad \varphi_{cyl} = -ER \left( \frac{2\varepsilon}{\varepsilon + \varepsilon^i} \right), \quad (1)$$

где:  $\varepsilon$  и  $\varepsilon^i$  — диэлектрические проницаемости среды и моделируемого объекта. Так как обычно  $\varepsilon \sim 80$  и  $\varepsilon^i \sim 3$ , то для дополнительного потенциала на шаре получаем выражение:

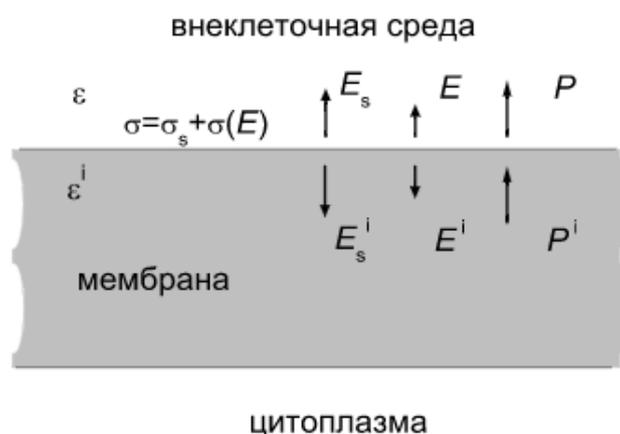
$$\varphi \approx -1.5 ER \cos\theta, \quad (2)$$

которое часто используется в специальной литературе, см., например [11].

Кроме этого, двухслойная клеточная мембрана несет большой по величине заряд, отрицательный на внутренней мембране, который создает трансмембранную разность потенциалов  $U_m \sim 70$  мВ. Она обусловлена действием мембранных насосов-ферментов, проталкивающих ионы против градиента их концентрации. Дополнительная разность потенциалов на поверхности клетки в противоположных в направлении поля точках следует из (2) и равна  $3ER$ . Поскольку проводимость внутриклеточной плазмы велика по сравнению с проводимостью мембраны, полагают, что эта разность потенциалов набегает только на двух противоположных участках мембраны, и, таким образом, дополнительное ЭП внутри мембраны, индуцированное внешним полем, в  $R/2d$  раз больше внешнего. С одной стороны клетки трансмембранный потенциал возрастает, с другой уменьшается. Относительная величина изменения, как нетрудно посчитать, для клетки размером  $R \sim 10$  мкм в поле  $1$  В/м равна:

$$\frac{3ER}{2U_m} \sim 10^{-4}. \quad (3)$$

Малость этой величины также составляет проблему в электромагнитобиологии. Непонятно, как столь малые изменения могут менять мембранные процессы.



**Рисунок 1. Поля и поляризации на внешней поверхности мембраны. Поверхностную плотность зарядов образуют сторонние и поляризационные заряды**

Ситуация на самом деле еще более драматична, так как имеются факты биологической рецепции полей порядка 1 мВ/м. Кроме того, сама формула (3) вряд ли правомерна в оценке изменения потенциала полый структуры, так как получена для сплошного диэлектрика. Не усложняя дело сферической симметрией, которая в данном случае привносит в результат лишь несущественный коэффициент порядка единицы, клетку проще смоделировать прямоугольным ящиком, заполненным цитоплазмой с диэлектрическими свойствами такими как у межклеточного раствора. На поверхности мембраны ящика имеются сторонние заряды, обеспеченные белками-насосами, а также заряды вследствие поляризации внешним электрическим полем  $E$ . Поверхностная плотность индуцированных полем зарядов равна разности поляризаций среды с внутренней и внешней стороны поверхности мембраны (рис. 1):

$$\sigma(E) = P^i - P. \quad (4)$$

Так как мы рассматриваем эффекты поляризации в линейном приближении, то поляризационную плотность зарядов можно найти, положив временно отсутствие сторонних зарядов. В этом случае на границе

диэлектриков выполнено соотношение  $\varepsilon E = \varepsilon^i E^i$ . Используя также равенство  $4\pi P = (\varepsilon - 1)E$  с обеих сторон мембраны, находим:

$$4\pi\sigma(E) = \varepsilon^i E^i - E^i - \varepsilon E + E = (1 - \varepsilon/\varepsilon^i)E. \quad (5)$$

Поверхностная плотность зарядов связана с трансмембранным потенциалом соотношением плоского конденсатора:

$$U_m(E) = 4\pi[\sigma_s + \sigma(E)]d/\varepsilon^i, \quad (6)$$

где  $d \sim 5$  нм — толщина бимембраны. Отсюда находим изменение  $\delta U_m(E)$  трансмембранного потенциала по отношению к его значению в отсутствие поля  $U_m(0) = U_m$ :

$$\frac{\delta U_m(E)}{U_m} = \left(1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon^i}\right) \frac{dE}{\varepsilon^i U_m} \sim 10^{-6}, \quad (7)$$

то есть, еще на два порядка меньше чем (3).

Соотношение (2) использовали, например, Астумиан, Вивер и Эдейр [2]. Они предложили гипотетический механизм, иллюстрирующий действие переменного электрического поля на биологическую клетку. Этот механизм не обладает ни частотной, ни амплитудной избирательностью. Рассмотрим все же саму идею, что поможет выяснить перспективу ее использования. Мембранные каналы клетки могут находиться либо в открытом, либо в закрытом состоянии, рис. 2. Такая точка зрения обоснована экспериментальными наблюдениями дискретного изменения проводимости одиночных белковых каналов. В термодинамическом равновесии, в условиях Больцмановской статистики, отношение вероятностей канала находиться в открытом и закрытом состояниях равно:

$$p \equiv p_{\text{open}}/p_{\text{close}} = \exp(-U/kT). \quad (8)$$

Если внешнее электрическое поле вызывает изменение разности потенциалов согласно соотношению  $U=U_0+\delta U$ , то отношение вероятностей можно представить в виде ряда по степеням малого параметра  $x=\delta U/U_0$ . С учетом обозначения  $\beta=U_0/kT$  имеем:

$$p(x)=e^{\beta}e^{\beta x}=p(0)+p'(0)x+p''(0)x^2/2+\dots \quad (9)$$

Изменение  $p$  в среднем по времени связано, очевидно, только с квадратичным по  $x$  членом:

$$\delta p = \frac{1}{2}\beta^2 e^{\beta} x^2. \quad (10)$$

Предположение состояло в том, что отклонение  $p$  от равновесного значения может привести к росту скорости переноса белком молекул оксидантов внутрь клетки и к накоплению вследствие этого повреждений ДНК в течение достаточно длительного времени.



**Рисунок 2. Зависимость свободной энергии белка-канала от обобщенной координаты. Устойчивыми являются открытое и закрытое состояния**

Величина  $U_0$  на рис. 2 соответствует трансмембранному потенциалу клетки с величиной переносимого заряда в несколько единиц. Тогда  $\delta U$  есть изменение этого потенциала во внешнем электрическом поле. Как мы определили выше, амплитуда относительного изменения трансмембранного

потенциала в поле 1 В/м равна по порядку величины  $10^{-6}$ . Поэтому средняя по времени величина квадрата  $x^2$  есть

$$x^2 \sim \frac{1}{2} 10^{-12}, \quad (11)$$

где положено  $x \sim \cos \Omega t$ .

С другой стороны, величина  $\beta$  для физиологических температур приблизительно равна восьми. Отсюда получаем оценку постоянной составляющей в изменении величины  $p$  в переменном поле:

$$\delta p \sim 10^{-6} - 10^{-8}. \quad (12)$$

Малость этой величины указывает на сомнительность использования данной идеи. Согласно расчетам авторов идеи, указанный уровень переменного поля мог бы привести к биологическому эффекту. Однако несколько идеализаций, сделанных по ходу вычислений, существенно снижают ценность такого вывода. Предсказание механизма состоит в квадратичной зависимости эффекта от амплитуды электрического поля. Механизм действия ЭП на биологические системы, клетки, обладающий частотной избирательностью, разрабатывался в цикле работ, обзор которых приведен в статье Цонга [12]. Идея механизма состоит в том, что если конформационные состояния А и В молекулы обладают дипольным электрическим моментом, то химическое равновесие этих форм:  $A \rightleftharpoons \frac{k_1}{k_{-1}} B$  может быть смещено во внешнем ЭП Е в соответствии с уравнением типа уравнения Вант-Гоффа:

$$[\partial \ln K / \partial E]_{P, V, T} = \Delta M / RT, \quad (13)$$

где:  $K = k_1 / k_{-1}$  — константа равновесия,

$M$  — разность молярных дипольных электрических моментов состояний А и В,

$R$  – газовая постоянная.

Это применено к конформационным состояниям, активному и неактивному, фермента типа АТФ-азы, катализирующего реакцию мембранного транспорта субстрата внутрь клетки. Частотная избирательность постулирована и является следствием соответствия частоты внешнего поля и скоростей релаксации реагентов. Амплитудной избирательности в модели нет, хотя обзор экспериментов по АТФ-азным реакциям в сильном ЭП,  $\sim 0,5—5$  кВ/м, имеющийся в этой статье, показывает наличие максимума в районе 2 кВ/м. Качественный результат, полученный компьютерным моделированием при некоторых комбинациях нескольких параметров, описывающих ферментативный транспорт показывают, что ЭП может приводить к постоянной, в среднем, прокачке субстрата через мембрану. Теоретических оценок величин эффективных полей не приведено. Такая оценка следует из уравнения (13), переписанного в нормировке на одну молекулу:

$$K/K_0 = \exp\left(\frac{\delta D E}{kT}\right), \quad (14)$$

где  $\delta D$  — разность дипольных моментов молекулы в состояниях А и В. Иногда эту величину связывают с перемещением нескольких элементарных зарядов на расстояние порядка толщины мембраны  $d$ , то есть  $\delta D \sim 10_{ed}$ . Тогда, при физиологической температуре, в поле  $E \sim 1$  кВ/м, получим  $\delta K/K_0 \sim 10^{-3}$ . По-видимому, следует признать перспективность модели в объяснении биологических эффектов сильных электрических полей. Слабой стороной здесь является недостаточная предсказательная сила модели, сложность ее экспериментальной верификации. В частности, авторами не предсказаны зависимости эффекта для каких-либо других измененных условий электромагнитной обстановки.

В работе [12] предложен еще один механизм для объяснения биологической рецепции слабых, порядка мкВ/м, переменных ЭП. В этом механизме предполагается, что высота барьера  $W$ , разделяющего активное и неактивное состояния мембранного белка-фермента в реакции типа Михаэлиса-Ментен, см. рис. 2, меняется согласованно с внешним электрическим полем. Частотная селективность здесь постулирована, а ее природа связывается с высоко добротными колебаниями заряженной группы атомов внутри белка, индуцированными внешним полем. Эти колебания и ведут к модуляции высоты барьера. Очевидно, здесь игра идет не на изменении вероятностей состояний, а на изменении скоростей перехода между этими состояниями. Согласно теории абсолютных скоростей реакций, константу скорости прямой и обратной реакции можно записать следующим образом:

$$k_{\pm 1} = k_0 \exp -\left(\frac{W \pm U}{kT}\right). \quad (15)$$

Вследствие нелинейной экспоненциальной зависимости констант скоростей переходов от высоты барьера, появляется ненулевой, в среднем по времени, вклад, вызванный внешним переменным ЭП. Последнее выражение вполне аналогично (8), откуда заключаем, что относительное изменение скорости реакции того же порядка, что и относительное изменение константы равновесия, то есть мало. Этот механизм не обладает амплитудной избирательностью. К тому же, количественные оценки были основаны на ряде модельных предположений. Главное из них состояло в сомнительном с точки зрения физики утверждении, что внешнее ЭП может быть усилено плазматической мембраной, так что изменение поля, индуцированное внутри мембраны приблизительно в  $R_{\text{cell}}/d_{\text{membr}}$  раз больше, чем исходное внешнее ЭП. Утилизация этого механизма в процессах биологической рецепции слабых электрических полей остается под вопросом, так как специальных

экспериментов для проверки механизма не проводили. Маркин, Лиу и др. [13] предложили модель «электроконформационной связи», которая предсказывает не только частотное, но и амплитудное окно. Модель основана на том, что как состояние иона в мембранном белке-транспортере, так и состояние самого транспортера - открыт внутрь или наружу, — зависят от электрического поля и являются термически активируемыми процессами. Взаимодействие этих процессов ведет к возникновению амплитудного окна. Частотное окно обусловлено релаксационными процессами, как и в [12]. Амплитудное окно определено в районе 2 кВ/м для (Na, K) АТФ-азы эритроцитов человека. Это слишком много, чтобы пытаться приспособить модель для объяснения частотно- и амплитудно-селективной биорецепции слабых электрических полей, например, полей, индуцированных в биологической ткани низкочастотными МП.

Вивер и Астумиан [11] оценивают предельную чувствительность клеточной системы к электрическому полю, предполагая, что рецепция ЭП опосредована каким-либо процессом, сходным с выше разобранными механизмами. Такой процесс зависит от трансмембранной разности потенциалов. Поэтому, предельная чувствительность могла бы соответствовать, по предположению авторов, шумовым флуктуациям трансмембранной разности потенциалов. Для оценки последних использована формула Найквиста, см., например [14]. По поводу правомерности использования этой формулы необходимо сделать замечание. Формула следует из флуктуационно-диссипационной теоремы для обобщенных восприимчивостей линейных систем. Такой линейной системой в частности является активное электрическое сопротивление. Ток в цепи, реакция на внешнее электрическое поле, связан с напряженностью поля линейной зависимостью. Самое главное электрическое свойство плазматической мембраны состоит в ее существенной нелинейности. Именно это свойство обеспечивает возникновение трансмембранного потенциала, основы для процессов нервной возбудимости. Приходится признать, что в данном случае общие физические закономерности линейных

откликов использованы за пределами своей применимости. По крайней мере, необходимо обоснование для столь сильной идеализации.

### Список литературы:

1. Бинги В.Н. О модели: ионный канал-электрический соленоид //Биофизика. — 1995. —Т. 40, — № 3. —С. 561—562.
2. Броун Г.Р., Ильинский О. М.Физиология электрорецепторов. Л.: Наука, 1984.
3. Лифшиц Е.М., Питаевский Л. П.Статистическая физика. М.: Нау-ка, 1978. Т. IX из Теоретическая физика. — 448 с.
4. Astumian R.D., Weaver J.C., Adair R.K.Rectification and signal averaging of weak electric fields by biological cells //P. Natl. Acad. Sci. USA. — 1995. — Vol. 92. — Pp. 3740—3743.
5. Barnes F.S. A model for detection of weak ELF electric and magnetic fields //Bioelectroch. Bioener. — 1998. — Vol. 47. — Pp. 207—212.
6. Binhi V.N., Savin A.V. Molecular gyroscopes and biological effects of weak extremely low-frequency magnetic fields //Phys. Rev. E. — 2002. — Vol. 65, — № 051912. — Pp. 1—10.
7. Binhi V. N. Interference of ion quantum states within a protein explains weak magnetic field's effect on biosystems //Electro Magnetobiol. — 1997. — Vol. 16, — № 3. — Pp. 203—214.
8. Binhi V.N.A formula for frequency and amplitude windows of some EL F and null MF bioeffects follows from the Schrodinger equation // Electricity and Magnetism in Biology and Medicine / Ed. by F. Bersani. London: Kluwer/Plenum, 1999. — Pp. 417—421.
9. Ion channel enzyme in an oscillating electric field / V.S. Markin, D. Liu, J. Gimsa et al. //J. Membr. Biol. — 1992. — Vol. 126. — Pp. 137—145.
10. Jungerman R.L., Rosenblum B. Magnetic induction for the sensing of magnetic fields //J. Theor. Biol. — 1980. — Vol. 87. — P. 25.
11. Kalmijn A. J. Electric and magnetic field detection in elasmobranch fishes //Science. — 1982. — Vol. 218. — P. 916.
12. Pilla A.A., Nasser P.R., Kaufman J.J. Gap junction impedance, tissue di-electrics and thermal noise limits for electromagnetic field bioeffects //Bioelectroch. Bioener. — 1994. — Vol. 35. — Pp. 63—69.
13. Tsong T.Y. Molecular recognition and processing of periodic signals in cells: study of activation of membrane ATPase's by alternating electric fields //Biochim. Biophys. Acta. — 1992. — Vol. 1113. — Pp. 53—70.
14. Weaver J.C., Astumian R.D. The response of living cells to very weak electric fields: The thermal noise limit //Science. — 1990. — 26 Jan. — Vol. 247. — Pp. 459—462.

## СЕКЦИЯ 3.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ И ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

*Карпина Анна Сергеевна*

*студент 4 курса, кафедра комплексного обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем ГУМРФ, РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [ani-mullen@yandex.ru](mailto:ani-mullen@yandex.ru)*

*Соколов Сергей Сергеевич*

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент ГУМРФ, РФ, г. Санкт-Петербург*

Целью автоматизации любого бизнес-процесса является повышение эффективности работы всей системы. В рамках этой задачи, стоит рассмотреть один из важнейших критериев — время принятия решений.

Каждая организация имеет дело с определенным набором документов. В больших корпорациях, разнообразие и количество таких документов внушительно: начиная от договоров с клиентами и заканчивая счетами-фактурами. Документооборот одного предприятия — задача не из легких, а что делать, когда это содружество предприятий? Передавать документы между компаниями посредством почты или курьерской доставки слишком медленно. Бывает так, что за пару часов требуется согласовать и одобрить документы между компаниями, расположенными в разных городах. В таких случаях, просто не обойтись без электронных документов.

Электронный документооборот позволяет компаниям работать в едином информационном пространстве, экономить время доставки документов, экономить на расходных материалах, которые ежемесячно тратятся при работе с материальными носителями информации. Он предполагает цифровой формат

всех документов, а это значит, их можно хранить в облаке и работать удаленно, тем самым повышая мобильность сотрудников компаний. К тому же, электронная организация документов уменьшает время поиска, сортировки и редактирования данных.

Особое значение в данном случае начинает приобретать обеспечение юридической силы электронного документа. Решением этой проблемы выступает специальный реквизит документа — электронная цифровая подпись (ЭЦП). ЭЦП — это параметр электронного документа, отвечающий за его достоверность и являющийся аналогом собственноручной подписи, скрепленной оттиском печати. Она позволяет:

- идентифицировать автора;
- обеспечить защиту документов от подделок;
- подтвердить целостность и неизменность документа.

Главное преимущество ЭЦП заключается в том, что вероятность ее подделывания сводится к нулю. ЭЦП состоит из ключевой пары: открытого ключа и закрытого ключа. Процесс подтверждения легитимности ЭЦП включает в себя систему проверки статуса сертификата пользователей при каждой операции. Иными словами, у каждой ЭЦП есть сертификат, который выдается удостоверяющими центрами ЭЦП и который подтверждает подлинность конкретной ЭЦП. Дополнительно, в удостоверяющих центрах ЭЦП можно заказать услугу временных меток, оставляемых в документах. Они позволяют выявить, когда и кто именно украл ключ, если такое произошло.

Сложность структуры такой системы оправдывается возможностью предотвращения спорных ситуаций, а в случае их возникновения, служит доказательством в суде.

Естественно, чтобы избежать искажения информации или подмены отправителя, в области защиты информации уже дано используются алгоритмы шифрования. Но если мы будем шифровать объемный документ, это займет много времени и памяти компьютера, к тому же, стоит учитывать и тот факт, что его в последующем нужно будет еще и расшифровать. Но даже если мы

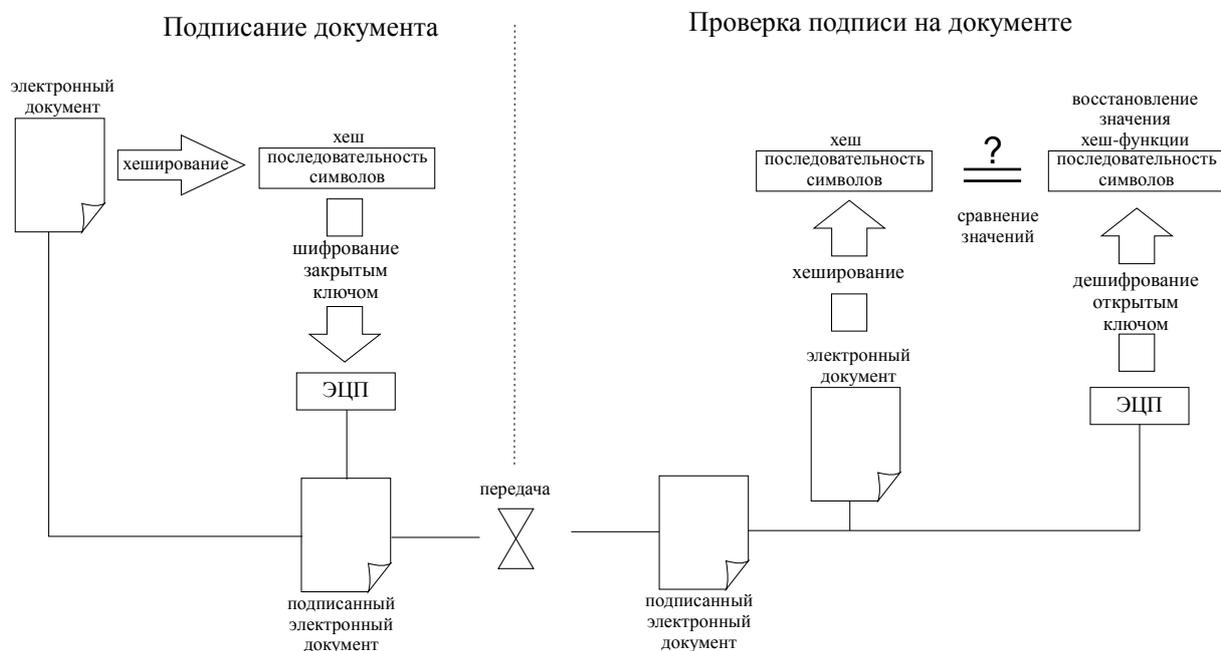
прибегнем к данному методу, мы не будем уверены в подлинности отправителя. Механизм работы ЭЦП завязан на использовании хеш-функции и криптосистемы с открытым ключом.

Хеш-функция — это преобразование входного массива данных любой длины в уникальную битовую строку фиксированной длины, которую называют хешем. Данная процедура напоминает архивирование, только без возможности восстановления исходных данных [1, с. 347]. Так как хеш уникален, то, он мог бы выступить в качестве ЭЦП. Получателю нужно было бы произвести аналогичное хеширование полученного документа и при совпадении результатов хеширования, удостоверится в целостности и неизменности полученной информации. Тем не менее, хешировать может кто угодно и когда угодно, а это значит, что если данные будут перехвачены злоумышленником, подменены и вновь хешированы, то вы никогда этого не узнаете. Таким образом, механизмы хеширования защищают от случайной подмены данных и не помогают идентифицировать отправителя. Что же делать?

Как упоминалось ранее, шифровать длинные сообщения не представляется целесообразным. Тут и нужен хеш. Хеш обладает малым размером, что и делает его привлекательным для использования с алгоритмами шифрования. Вместо того чтобы шифровать все сообщение шифрованию подвергается только хеш. В ЭЦП используется асимметричное шифрование следующим образом: у нашего отправителя есть два ключа: закрытый (секретный ключ) и открытый. Открытый ключ находится в свободном доступе и его может получить любой человек. В нашем случае, он есть у получателя. Закрытый — есть только у отправителя.

Алгоритм генерации ЭЦП и передачи документа представлен на рис. 1. Сначала мы берем наш документ и производим хеширование. С помощью закрытого ключа, шифруем полученный хеш, то есть, получаем ЭЦП [6, с. 55]. Таким образом, наши данные становятся подписанными. Посылаем их получателю. В свою очередь, получатель берет открытый ключ, дешифрует

ЭЦП, а так же хеширует полученные данные. Если значения полученного хеша и расшифрованной ЭЦП сошлись, то подлинность нужного отправителя доказана.



**Рисунок 1. Алгоритм генерации ЭЦП и передачи документа**

Для верификации отправителя нужно найти его сертификат в удостоверяющем центре ЭЦП. Данные сертификаты открыты, их может запросить любой желающий. Для электронного документооборота ЭЦП является аналогом паспорта. В сертификате содержится информация о том, кому принадлежит данная подпись.

У злоумышленника остается два варианта:

- украсть секретный ключ, а это значит, что обладателю ключа стоит быть очень внимательным и хранить его особенно аккуратно;
- подменить сертификат в удостоверяющем центре ЭЦП, но для этого существуют временные метки.

Теперь обратимся к правовой части. Очевидно, что документы на бумажных носителях, имеющие юридическую силу и документы, участ-

вующие в электронном документообороте, не равнозначны с точки зрения законов и подзаконных актов Российской Федерации.

Но, время меняется, и закон меняется вместе с ним. В статье 160 Гражданского кодекса Российской Федерации от 30.11.1994 № 51-ФЗ предусмотрена возможность использования, при совершении сделок, «электронной подписи... в случаях и в порядке, предусмотренных законом, иными правовыми актами или соглашением сторон» [2, Ст. 160 п. 2]. А в статье 434 оговорено, что «договор в письменной форме может быть заключен путем обмена документами посредством ...электронной или иной связи, позволяющей достоверно установить, что документ исходит от стороны по договору» [2, Ст. 434, п. 2].

Чуть позже был принят Федеральный закон от 20.01.1995 № 24-ФЗ, во второй главе которого говорилось: «Юридическая сила документа, хранимого, обрабатываемого и передаваемого с помощью автоматизированных информационных и телекоммуникационных систем, может подтверждаться электронной цифровой подписью.

Юридическая сила электронной цифровой подписи признается при наличии в автоматизированной информационной системе программно-технических средств, обеспечивающих идентификацию подписи, и соблюдении установленного режима их использования» [3, Ст. 5 п. 3]. Но, в пункте четвертом той же статьи упоминалось: «Право удостоверить идентичность электронной цифровой подписи осуществляется на основании лицензии» [3, Ст. 5 п. 4]. Которую, как говорилось ранее в статье, можно получить в удостоверяющих центрах ЭЦП.

Как мы можем наблюдать, данные законодательные документы признавали юридическую силу ЭЦП только для двух сторон, которые имели предварительную договоренность и договор в письменном виде, в котором признавали юридическую силу электронных документов друг друга. Значит, пока такие документы нельзя было считать полностью равнозначными обычным документам.

В 2002 году вступает в силу Федеральный закон от 01.01.02 № 1-ФЗ, который был призван выступить подпоркой для утверждения юридической силы ЭЦП. Доказательством этого может служить данная выдержка: «Электронная цифровая подпись в электронном документе равнозначна собственноручной подписи в документе на бумажном носителе при одновременном соблюдении следующих условий:

- сертификат ключа подписи, относящийся к электронной цифровой подписи, не утратил силу (действует) на момент проверки или на момент подписания электронного документа при наличии доказательств, определяющих момент подписания;

- подтверждена подлинность электронной цифровой подписи в электронном документе;

- электронная цифровая подпись используется в соответствии со сведениями, указанными в сертификате ключа подписи» [5, Ст. 4 п. 1].

В данный момент, Федеральные законы № 24-ФЗ и № 1-ФЗ утратили свою силу, и им на смену пришли Федеральный закон от 27.07.06 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и Федеральный закон от 06.04.11 № 63-ФЗ соответственно.

В Федеральном законе № 63-ФЗ говорится: «Информация в электронной форме, подписанная квалифицированной электронной подписью, признается электронным документом, равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью, кроме случая, если федеральными законами или принимаемыми в соответствии с ними нормативными правовыми актами установлено требование о необходимости составления документа исключительно на бумажном носителе» [4, Ст. 6 п. 1]. То есть, ЭЦП уже имеет правовую основу.

Подводя итог, использование электронного документооборота и электронно-цифровой подписи не только экономит время и уменьшает затраты на материальные носители, но и обеспечивает связь нескольких организаций посредством использования единого информационного прост-

ранства. Электронный документ с использованием ЭЦП является юридически равнозначным документу на бумажном носителе.

### **Список литературы:**

1. Алферов А.П., Зубов А.Ю., Кузьмин А.С., Черемушкин А.В. Основы криптографии.: Гелиос АРВ, 2002. — 480 с.
2. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.94 № 51-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 1994. — № 32. — Ст. 3301.
3. Об информации, информатизации и защите информации: Федеральный закон РФ от 20.02.95 № 24-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 1995. — № 8. — Ст. 609.
4. Об электронной подписи: Федеральный закон РФ от 06.04.11 № 63-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 2011. — № 15. — Ст. 2036.
5. Об электронной цифровой подписи: Федеральный закон РФ от 10.01.02 1№ 1-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 2002. — № 2. — Ст. 127.
6. Рябко Б.Я., Фионов А.Н. Основы современной криптографии.: Научный Мир, 2004. — 173 с.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ**

***Конырбаева Нургуль Нурлыбековна***

*студент 3 курса, ускоренное отделение, Институт математики,  
физики и информатики, КазНПУ им. Абая,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [knn\\_21\\_05@mail.ru](mailto:knn_21_05@mail.ru)*

***Жадраева Лариса Уштановна***

*научный руководитель, канд. пед. наук, доцент кафедры методики  
преподавания математики, физики и информатики, КазНПУ им. Абая,  
Республика Казахстан, г. Алматы*

XXI век характеризуется прорывом в мир новейших информационных технологии. ИТ вливаются в различные сферы деятельности общества и становятся незаменимыми помощниками людей. Образование не может быть исключением, поскольку их использование обеспечивает экономию учебного времени. Пусть освоение ИТ требует определенного времени и вложения, но все это окупается эффективностью учебного процесса той или иной дисциплины. ИТ занимают центральное место в развитии системы образования, культуры, в развитии интеллектуализации общества.

По решению ЮНЕСКО следующее определение является наиболее подходящим и всеобъемлющим. «ИТ — это комплекс взаимосвязанных, научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации; вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы» [1].

Задачи, которые ставит перед собой введение в систему образования информационных технологии:

1. развитие систематического мышления учащегося;
2. установление и развитие познавательного интереса обучаемого к предмету исследования;

3. дифференциация учебного процесса с учетом сохранения его целостности.

Отсюда, основными задачами современных ИТ является развитие мышления, познавательного интереса с учетом дифференциального подхода. Достиж поставленных задач особенно помогают свободный доступ к современным информационно-образовательным ресурсам.

Изучаемый материал можно предоставить учащимся, используя такие ИТ:

- компьютерные программы обучающего характера;
- мультимедийные технологии;
- технологии, обеспечивающие дистанционного обучения.

Компьютерные технологии, которые можно использовать непосредственно при учебном процессе в рамках школы, подразделяются на 2 группы:

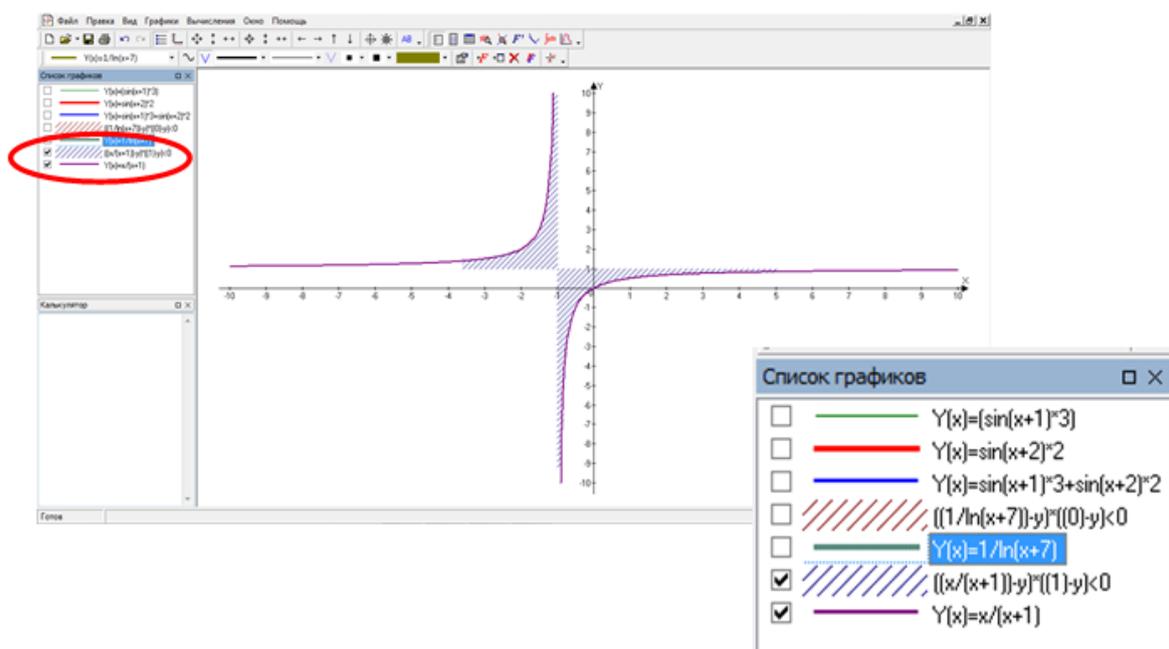
в I группу относятся сетевые технологии, использующие локальные сети и глобальную сеть Internet (электронные учебники, пособия, серверы дистанционного обучения);

во II группу — технологии, ориентированные на локальную сеть (обучающие программы, контролирующие программы, демонстрационные программы).

Курс алгебры и начал математического анализа в старших классах общеобразовательных школ имеет идею наиболее тесной связи с курсом информатики. Поскольку темы начал математического анализа требуют глубоко понимания, а предоставление ее в рамках мела, доски и линеек усложняется. Нельзя оставить без внимания и тот факт, что сегодняшние старшеклассники имеют развитое компьютерное мышление и способности к быстрому усвоению компьютерных программ. Учитель, совмещая информатику с курсом алгебры и начал анализа, способен достичь активации познавательного интереса учащихся, что отразится на усвояемости материала.

Учитывая, что молодой организм имеет способность быстро схватывать информацию, неудивительно, что дети, играя во всевозможные электронные игры, основанные на звуковых и зрительных эффектах, развивающие ловкость,

быстроту реакции, аналитическое мышление, логику и решительность, легко осваивают языки программ и постигают основы машинной графики. Подобные игры вырабатывая внимание, развивая стратегическое мышление, характер человека, способствуют смене самого характера мышления. Особенно полезен компьютер в качестве базы для наглядного обучения, тренажера, для контроля. С помощью компьютера можно наглядно представить математические графики, варьируя их и экономя время. Не исключение и программа Advanced Grapher, которая способна в считанные секунды представить необходимый график.



**Рисунок 1. График в программе Advanced Grapher**

Графическая программа Advanced Grapher удобна в применении на уроках математики при изучении таких тем, как: квадратичная функция, линейная функция, логарифмическая и показательная функция, при их исследовании и построении их графиков, преобразование графиков функций, построение графического решения уравнений, обратных функции, тригонометрических функции, площадь криволинейной трапеции и интеграл.

При помощи этой программы появляется возможность пошаговой проверки, диагностики решения учащегося с указанием своевременных ошибок

и предоставлением соответствующих подсказок, что предохраняет невольное запоминание неправильных ходов.

То есть, мы создаем независимого персонального бесстрашного учителя и наставника для каждого учащегося.

Вместе с результатами решения программа Advanced Grapher предоставляет определенные рекомендации по работе над ошибками, открывая необходимый материал того или иного раздела обучения для дополнительной проработки и закрепления изученного. Данный аспект программы соответствует такому педагогическому принципу, как: обучать новым методам решения, не останавливаясь на проверке уже имеющихся знаний.

Кроме вышесказанной программы, существует достаточное разнообразие применительных для изучения раздела интегрального исчисления программ, способные закрепить знания, умения и навыки решения интегралов старшеклассниками, с глубоким пониманием, за счет наглядного представления графиков. К таким компьютерным программам можно отнести Excel, MATLab, Mathcad и др. Данные программные средства изучения помогают учителям — предметникам разнообразить и углубить учебный процесс, при этом используя максимально меньше затрачиваемого времени, что эффективно отражается на изучении материала.

Компьютер — помощник многофункциональный. Его возможностям можно прибегнуть на любой стадии урока (актуализация знания, ознакомление с новым материалом, закрепление), в желаемом режиме (индивидуальном или коллективном), любой форме урока (урок-игра, урок-лекция и т. п.). Компьютер часто востребован как средство обучения, контроля знаний, своевременной диагностики. С введением компьютерного оснащения школ облегчился труд учителей рутинного характера. Компьютер — хранитель информации, накопленной учителем за годы работы, и получена она с его помощью может быть в любой момент времени.

Итак, компьютер может заменить ряд традиционных технических средств обучения, применяемых в особенности как средства усиления наглядности.

Что проявляется в активации познавательности учащихся, развитии наглядно-образного и наглядно-действенного мышления, следовательно и в эффективности учебного процесса. Применяя информационные технологии на уроках математики, учитель достигает реализации таких целей обучения, как развитие познавательной потребности, развитие навыков и умений в экспериментально-исследовательской деятельности, развитие системного мышления, формирование информационной культуры, умений обрабатывать различную информацию.

Имеющийся объем информации в сети Интернет (энциклопедии, словари, книги и др.) дают возможность повышения эффективности самообразования.

При помощи ИТ, гуманизация личности, как одна из важных задач образовательного процесса, имеет свое место. То есть, активизируя познавательный интерес учащихся и раскрывая их способности, увеличивается вероятность развития устойчивого интереса детей со склонностями к техническим наукам. Каждый имеет возможность работать с заданиями в соответствии с его уровнем знания, подготовки и интереса.

Ставится вопрос об информатизации образования, которая связана с формой применения компьютерных технологий:

- использование промышленных универсальных компьютерных программ, адаптированных к учебным дисциплинам;
- использование обучающих программ, специально разработанных для целей обучения.

С каждым днем создаются и внедряются в применение компьютерные программы, разнообразие которых велико, начиная от простейших, контролирующих и продолжая сложными, мультимедийными программами.

Сейчас, большинство учителей не сомневаются в важности разработки и внедрения в педагогическую практику наиболее совершенных технологий обучения, способствующих активизации познавательной потребности учащихся, развитие их умственных способностей, обеспечивающих повышение качества учебного процесса. Но, процесс обучения компьютером несравним

с традиционным обучением, когда учитель непосредственно контактирует с учащимися и ведет их в правильном направлении, доступно излагая учебный материал, чему подтверждение многочисленные опыты научных деятелей — практиков. Даже сверхмощный и самый многофункциональный компьютер не в состоянии заменить человеческий фактор. Учитель — организатор, двигатель учебного процесса. Учить надо с компьютером, но не одним компьютером.

### **Список литературы:**

1. Информационные технологии в управлении и образовательной деятельности современной школы// Информатизация образования – июнь 2013 — № 20. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:<http://www.eron.ru/>

## **ЯЗЫКОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МОРФОВ ДЛЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РУССКОЙ РЕЧИ**

*Коробейников Максим Анатольевич*  
*магистрант 2 курса, кафедра АСОИУ ИжГТУ,*  
*РФ, г. Ижевск*  
*E-mail: [comm-x@rambler.ru](mailto:comm-x@rambler.ru)*

*Мокроусов Максим Николаевич*  
*канд. техн. наук, доцент ИжГТУ,*  
*РФ, г. Ижевск*

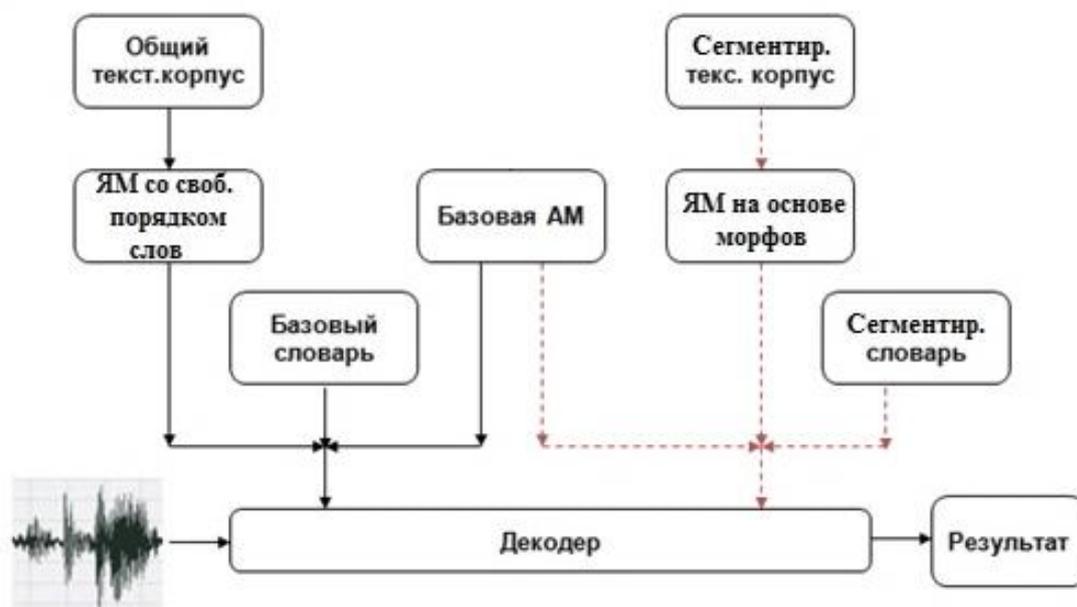
Постоянно растущие возможности вычислительных техники и сетевых технологий уже сейчас не используются в полной мере из-за отсутствия полноценного взаимодействия человека и компьютера на естественном языке. Значимым направлением в решении этой проблемы является автоматическое распознавание слитной речи.

Распознавание слитной речи — это процесс преобразования естественно произнесенных предложений в текст. Такое распознавание сложно тем, что границы отдельных слов не четко определены и их произношение сильно искажено «смазыванием» произносимых звуков.

Кроме того, русская речь трудна для распознавания вследствие своей флективности: из-за наличия большого числа словоформ каждой парадигмы слова объем словаря распознавания и число существующих внесловарных слов возрастают на порядок по сравнению с аналитическими языками [2]. Более того, словарь огромных размеров может привести к путанице в определении акустически подобных слов, и потребуется огромное количество текстовых данных для надежной оценки модели языка, а для русского языка нет статистически или эвристически представительной выборки текстов для построения такой языковой модели.

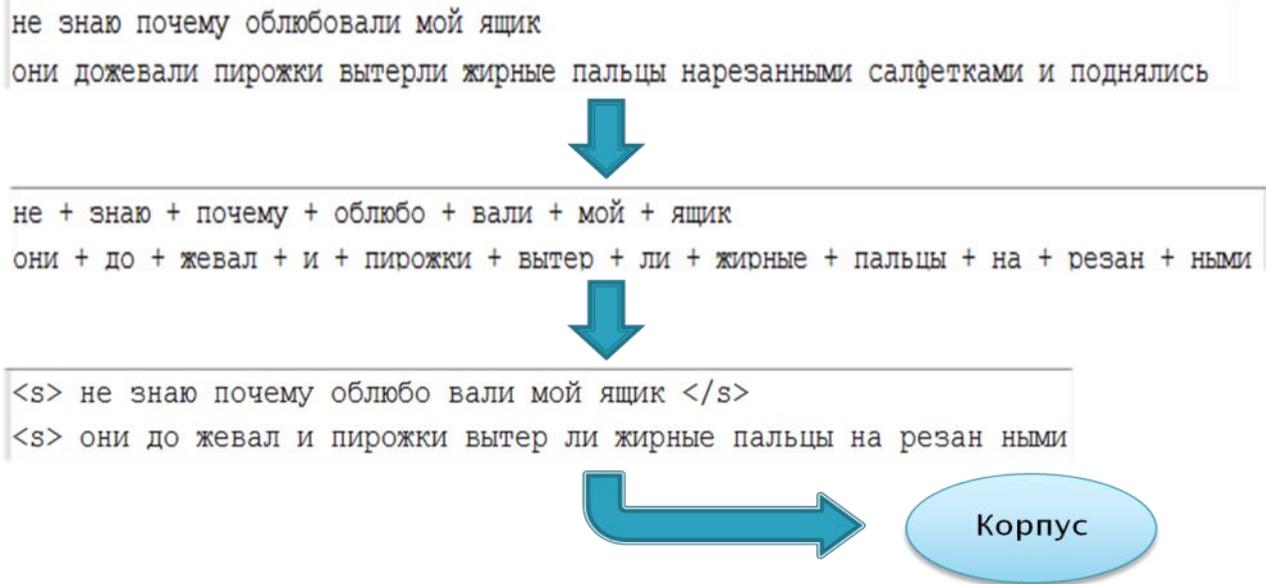
В данной работе рассматривается возможность разложения базовых элементов языковой модели (самостоятельных слов) на составляющие их значимые единицы с точки зрения распознавания речи (т.н. подслова). Эти единицы используются в качестве элементов словаря для  $n$ -граммной

модели [1] (рисунок 1). Сегментация слов основана на выделении в тексте морфемноподобных единиц (статистических морфов), из которых состоят слова, по принципу MDL (Minimum Description Length) [5]. Таким образом, можно модифицировать исходный текстовый корпус (рисунок 2) и на его основе построить языковую модель [3], где каждым элементом n-граммы будет не явное слово, а его составная единица — морф. После того, как набор морфов (модель сегментации — МС) получен из некоторого набора текстовых данных, он может быть использован для сегментации новых словоформ в другом произвольном тексте. В этом случае для того, чтобы убедиться, что всегда есть, по крайней мере, один из возможных вариантов сегментаций, каждый отдельный символ в слове, не существующий как морф в текущей МС, может быть предложен в качестве морфа с очень низкой вероятностью.



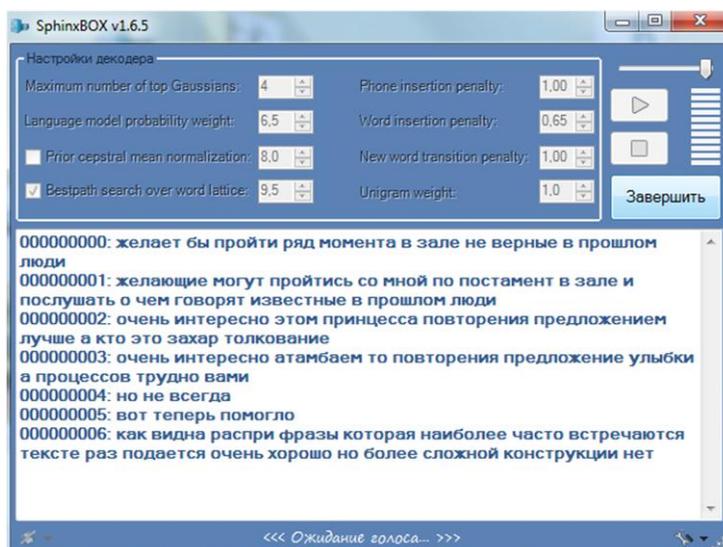
**Рисунок 1. Схема распознавания. АМ — акустическая модель, ЯМ — языковая модель**

В дальнейшем при оценке надежности разных языковых моделей для избегания разночтений, будем использовать термин «слово» для обозначения базовых элементов языковой модели и словарей распознавания.



**Рисунок 2. Сегментирование текстового корпуса**

Для оценки результатов было создано 2 языковые модели (классическая n-граммная модель и модель на основе морфов) из текстового корпуса, представленного 987 тыс. слов. Языковые модели были преобразованы в формат, пригодный для движка распознавания PocketSphinx [3]. Для удобства тестирования моделей и оценке надежности распознавания была разработана программная среда-оболочка, позволяющая получать как аналитические, так и практические (непосредственное распознавание с микрофона или из файла) результаты (рисунки 3, 4).



**Рисунок 3. Интерфейс среды распознавания. Процесс распознавания**



**Рисунок 4. Интерфейс среды распознавания. Выпадающие меню**

При сравнении словарей распознавания учитывались их размер (количество составляющих текст уникальных слов) и процент слов, встречающихся 2 или более раза, от всех слов словаря (таблица 1).

**Таблица 1.**

**Показатели словарей распознавания моделей**

	<b>Классическая модель</b>	<b>Модель на основе морфов</b>
Размер словаря	~104 тыс.	~40 тыс.
Количество (%) слов, встречающихся не менее 2 раз	~51 тыс. (49 %)	~37 тыс. (92 %)
Количество (%) слов, встречающихся не менее 3 раз	~33 тыс. (32 %)	~32 тыс. (80 %)
Количество (%) слов, встречающихся не менее 4 раз	~25 тыс. (24 %)	~28 тыс. (70 %)

Таким образом, модель на основе морфов позволила сократить размер словаря на 60 %. Кроме того, для классической модели характерно распределение слов согласно закону Ципфа: лишь малое число слов в языке используется чаще всего, а большее число слов используется крайне редко. Однако для модели на основе морфов удалось повысить охват текста, что видно из данных таблицы. Для текста почти в 1 млн. слов понадобился словарь в 100 тыс. слов, а для модели с морфами в качестве слов понадобилось только 40 тыс.

Для оценки надежности был использован коэффициент показателя связности (ПС) с помощью инструментария CMUclmtk [4]. Заметим, что при фиксированном языке ПС позволяет сравнивать различные языковые модели, а при фиксированном типе модели — оценивать сложность самих естественных

языков, и как следствие, часто применяется для конкретной системы распознавания.

Для расчета ПС также необходим и представительный корпус текста. В качестве такового использовался текст книги «Роза Мира» Д. Андреева. Для оценки модели на основе морфов «Роза мира» была предварительно обработана алгоритмом сегментации слов по морфам созданной МС. Результаты проверки ПС для обеих моделей представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Показатели связности моделей по отношению к тексту книги**

	<b>Классическая модель</b>	<b>Модель на основе морфов</b>
Всего слов в тексте	~425 тыс.	~1220 тыс.
ПС	234,47	135,12
Количество внесловарных слов	~115 тыс. (27,13%)	~184 тыс. (15,11 %)
Количество (%) совпадения 3-грамм	~227 тыс. (53,56 %)	~902 тыс. (73,97 %)
Количество (%) совпадения 2-грамм	~52 тыс. (12,41 %)	~219 тыс. (17,98 %)
Количество (%) совпадения 1-грамм	~13 тыс. (3,05 %)	~24 тыс. (1,94 %)

Данные ПС отражают в частности, что почти 1/3 слов эталонного текста не представлена в классической языковой модели. Модель на основе морфов содержит чуть меньше 1/6 внесловарных слов.

Единственный показатель, по которому классическая модель опередила морфемноподобную — количество совпавших 1-грамм. Объяснение этому видится в следующем: совпадение 1-грамм в данном контексте означает совпадение предложений, состоящих из одного слова. Следовательно, для модели на основе морфов многие предложения из одного слова, например «Сверкалось», разделялись на морфы («Сверка лось»), и уже рассматривались как минимум биграммami, т. е. состоящими по крайней мере из двух «слов».

Таким образом, разложение базовых элементов языковой модели на статистические морфы дает лучшую надежность распознавания и требует меньших затрат ресурсов по сравнению с грамматическим способом разложения. Такой подход пригоден для создания приемлемых тематических языковых моделей (для распознавания спонтанной речи из определённой

предметной области), уменьшая необходимый репрезентативный объем базы текстового корпуса. При этом используются преимущества современных статистических методов распознавания, в частности, скрытые марковские модели, что позволяет провести моделирование пригодной для реальной эксплуатации системы распознавания.

### **Список литературы:**

1. Реализация конструирования N-грамм и генерации псевдо ЕЯ-текста на их основе на языке Haskell // Habrahabr : [сайт]. [2013]. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://habrahabr.ru/post/135127/> (дата обращения 23.06.13).
2. Холоденко А.Б. О построении статистических языковых моделей для систем распознавания русской речи [Электронный ресурс] // Официальный сайт кафедры Математической теории интеллектуальных систем механико-математического факультета МГУ : [сайт]. [2013]. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.intsys.msu.ru/invest/speech/articles/rus\\_lm.htm](http://www.intsys.msu.ru/invest/speech/articles/rus_lm.htm) (дата обращения 13.02.13).
3. Building Language Model (указания к построению статистических языковых моделей) // Open Source Toolkit For Speech Recognition : [сайт]. [2013]. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [cmusphinx.sourceforge.net/wiki/tutoriallm](http://cmusphinx.sourceforge.net/wiki/tutoriallm) (дата обращения 23.05.13).
4. Documentation for the CMU Sphinx speech recognition engines : [сайт]. [2013]. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://cmusphinx.sourceforge.net/wiki/> (даты обращения 15.11.12, 9.06.13).
5. Mathias Creutz and Krista Lagus. Unsupervised Morpheme Segmentation and Morphology Induction from Text Corpora Using Morfessor. Publications in Computer and Information Science, Report A81, Helsinki University of Technology, 2005.

## МИКРОПРОЦЕССОРЫ ПК И ИХ РАЗВИТИЕ

***Романов Валерий Викторович***

*студент 2 курса, кафедра Общегуманитарных и социально-экономических дисциплин Челябинский Государственный Педагогический Университет, филиал в г. Миасс, РФ, г. Миасс  
E-mail: [redmondaleks@qip.ru](mailto:redmondaleks@qip.ru)*

***Дейкова Татьяна Васильевна***

*научный руководитель, ст. преподаватель кафедра Общегуманитарных и социально-экономических дисциплин Челябинский Государственный Педагогический Университет, РФ, г. Миасс  
E-mail: [adagio2003@mail.ru](mailto:adagio2003@mail.ru)*

На сегодняшний день самым активно развивающимся элементом компьютерных технологий является микропроцессор. Вычислительная техника пронизывает практически все отрасли деятельности производства, образования, здравоохранения, военная техника, т. е. все сферы жизни и деятельности человека. Основным элементом компьютера и другого вычислительного комплекса — это процессор и от его быстродействия зависит время обработки информации. Современная вычислительная техника идет по пути уменьшения размеров при резком возрастании производительности.

Актуальность данной темы определяется тем, что будущее развитие вычислительной техники на прямую связано с научными разработками в области создания микропроцессоров.

Это происходит благодаря интенсивному развитию технологии по которой изготавливаются микропроцессоры. Можно сказать, что развитие процессоров и, вместе с ними и вычислительной техники, на сегодняшний день имеют большие перспективы и возможности. Большие возможности в этом направлении имеет применение нано-технологий.

На данный момент лидерами рынка по производству микропроцессоров ПК, являются две конкурирующие между собой фирмы Intel и AMD (рис. 1).

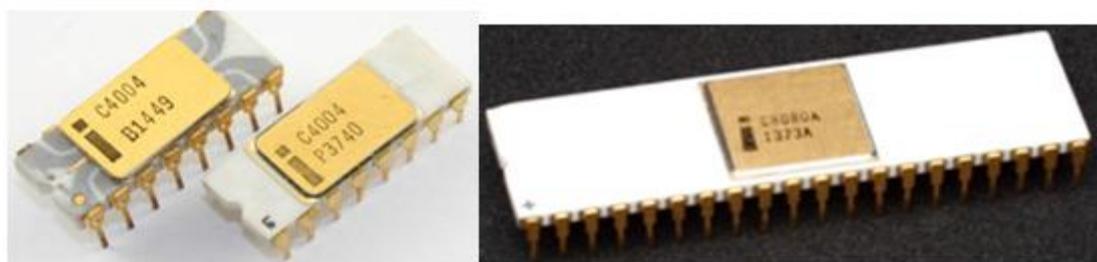


**Рисунок 1. Микропроцессоры Intel и AMD**

В данной статье рассматривается краткий исторический обзор микропроцессоров Intel.

Первый микропроцессор Intel 4004 (рис. 2а) представлял собой 4-х разрядный однокристалльный микроконтроллер с набором команд, состоящим из 45 инструкций, и с адресным пространством 4096 тетрад (тетрада образуется четырьмя двоичными разрядами, или битами) [1, с. 36]. Обработка данных шла порциями по 4 бита, при длине машинной команды 8 бит, что позволило иметь 46 инструкций. Разделение памяти для кодов и данных (менее 1 Кб для данных и 4 Кб для команд), позволило иметь шестнадцать 4-битных регистров и 4-х уровневый стек. Микропроцессор i4004 имел 4-битную архитектуру и состоял всего из 2300 транзисторов при технологии изготовления 10 мкм. Работал на частоте 108 КГц (максимальный разгон возможен до 740 КГц).

Микропроцессор i4040 выпущенный следующим за i4004 и стал последним в ряду 4-х разрядных микропроцессоров Intel, отличаясь лишь большей скоростью [1, с. 36].



а

б

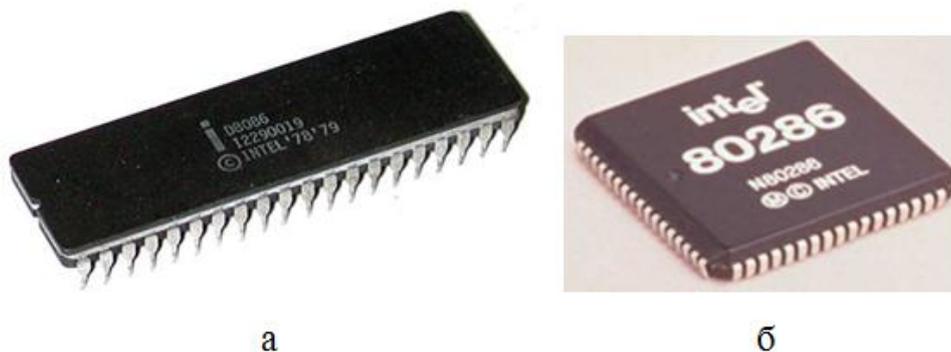
**Рисунок 2. Микропроцессор Intel 4004 (а) и Intel 8080 (б)**

В 1973 году фирма Intel разрабатывает более совершенный 8-ми разрядный микропроцессор i8008 — усовершенствованный восьми разрядный вариант микропроцессора i4004. Адресное пространство памяти было расширено до 16 Кбайт, а число инструкций достигло 48 [1, с. 36]

В 1974 году появился микропроцессор i8080 (рис. 2б), ставший весьма популярным устройством. Имея частоту 2 МГц, он мог адресовать 64 Кб памяти. 6000 транзисторов позволила разместить 6 мкм технология изготовления [3, с. 7].

Следующим этапом стал микропроцессор i8085. Тактовая частота была увеличена до 5 МГц, в отличие от своего предшественника i8080. Имея 6500 транзисторов при технологии изготовления 3 мкм, он сохранил популярную регистровую архитектуру i8080 и программную совместимость.

Микропроцессор i8086 (рис. 3а), стал первым 16-разрядным процессором, который выпустила фирма Intel в 1978 году. Имея частоту 5 МГц, технология производства 3 мкм позволила разместить 29000 транзисторов. Адресуемая память 1 Мб [3, с. 30]. Микропроцессор i8086 стал базовым для целого семейства микропроцессоров, которое называют семейством 80x86 или x86 [5, с. 14].



**Рисунок 3. Микропроцессор Intel 8086 (а) и i80286 (б)**

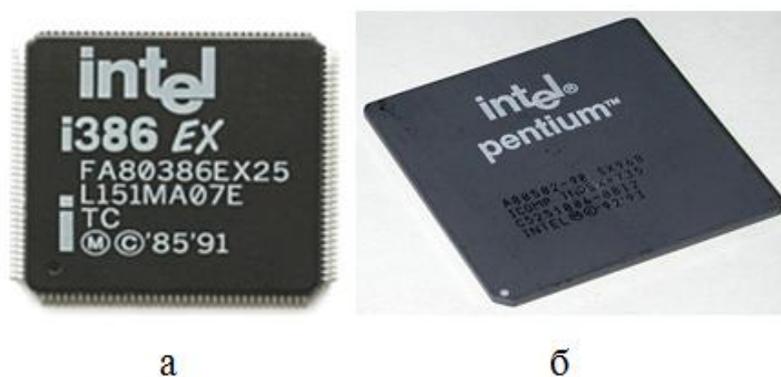
Микропроцессор i8088 архитектурно совместимый с процессором i8086 и имеющий 16-разрядные регистры, мог оперировать внешними данными

размером в 8 бит, появился чуть позже своего предшественника i8086. Общее число команд возросло до 20000<sup>16</sup>. Микропроцессоры 86/88 за количество и сложность системы команд получили название CISC (процессор с полным набором команд) [1, с. 38].

Процессоры i80186 и i80188, а также их модификации i80C186 и i80C188 не представляют нового поколения архитектуры. Все они являются процессорами с 16-разрядной внутренней архитектурой и программно совместимыми с i8086. Разрядность шины адреса 20 бит, шины данных у i80186 — 16 бит, у i80188 — 8 бит. Помимо того, что процессоры могли напрямую обращаться к памяти, также они имеют встроенные периферийные контроллеры прерываний, трехканальный таймер и генератор синхронизации [3, с. 23].

Процессор i80286 (рис. 3б), представляет второе поколение 16-разрядных микропроцессоров. Выпущен корпорацией Intel в 1982 году. Особенностью процессора является то, что он имеет специальные средства для работы в многопользовательских и многозадачных системах [3, с. 28]. При технологии изготовления 1,5 мкм процессор имел 134000 транзисторов и адресовал до 16 Мбайт физической памяти. Второй не менее значимой особенностью процессора i80286 — это защищенный режим и виртуальная память размером до 1 Гб [3, с. 30].

В 1986 году фирма Intel выпускает 32-разрядный микропроцессор i80386 (рис. 4а), весьма существенно отличающийся от своих 16-разрядных предшественников. Процессор был одним из первых удачно разработанных микропроцессоров фирмы Intel имеющий 32-разрядную шину адреса и данных [1, с. 39]. Увеличение разрядности внутреннего адреса вдвое, обеспечило адресацию физической памяти до 4 Гб и виртуальной до 64 Гб. Впервые на материнской плате 386 устанавливается кэш-память состоящая из элементов памяти доступа позволяющая значительно ускорить доступ к оперативной памяти [4, с. 116, 117].



***Рисунок 4. Микропроцессор Intel 80386(а) и Intel Pentium (б)***

Процессор i80486DX с наличием 1,2 млн. транзисторов которые позволила разместить технология изготовления 1 мкм, появился в 1989 году. От своего предшественника i80386 отличается размещением на кристалле первичного кэша и встроенного математического сопроцессора — FPU. С целью повышения производительности в процессоре i80486 применено RISC ядро [3, с. 31].

Так же были выпущены и другие разновидности микропроцессоров i80486, известные как под названием Overdrive — процессоров [1, с. 40].

Следующим шагом в повышении производительности компьютерных систем стало появление процессоров Intel Pentium (рис. 4б) [5, с. 15]. Первые 32-разрядные процессоры Pentium с частотой 60—66 МГц и 64-разрядной шиной данных, появились в 1993 году. Наличие 3,1 млн. транзисторов позволила иметь технология изготовления 0,8 мкм [3, с. 31].

Имелись, так же модификации работающие на полуторной (100 МГц) и на удвоенной частоте (120 и 133 МГц). Самый быстрый вариант Pentium, выпущенный фирмой Intel работал на частоте 233 МГц [1, с. 42]. В сравнении с предшественником i486 в процессор Intel Pentium был добавлен второй конвейер команд, что дало более высокую скорость выполнения команд. При совместной работе конвейеров команд обеспечивается выполнение двух инструкций процессора за один машинный такт [5, с. 15]. Общий объем кэш-памяти в Pentium составлял 16 Кбайт (8 Кбайт данных и 8 Кбайт инструкций). Адресное пространство в Pentium составляет 4 Гб [1, с. 42].

Параллельно с Pentium развивался процессор Pentium Pro, который отличался динамическим исполнением, направленным на увеличение числа параллельно исполняемых инструкций. В корпусе Pentium Pro размещен вторичный кэш, работающий на частоте ядра объемом 256 Кбайт. Количество транзисторов в Pentium Pro увеличено на 2,4 млн. по сравнению с процессором Pentium и равняется 5,5 млн. транзисторов ядра и 15,5 млн. транзисторов для вторичного кэша, объем которого равен 256 Кбайт.

Первый процессор с частотой 150 МГц появился в начале 1995 года изготовленный по технологии 0,6 мкм, а уже в конце года были достигнуты частоты 166, 180 и 200 МГц. Технология изготовления составила 0,35 мкм, а кэш увеличен до 512 Кб [3, с. 32]. При наличии трех конвейеров, возможно выполнение трех команд за один такт. Адресное пространство увеличено до 64 Гб, а ширина шины адреса 36 бит [1, с. 45].

Процессор Pentium MMX который представляет собой наиболее существенное улучшение архитектуры процессоров Intel с момента появления i80386, был анонсирован фирмой Intel 8 января 1997 года [6, с. 125—126]. Технология MMX была призвана ускорить выполнение мультимедийных приложений, в частности операций с изображениями и обработки сигналов. Процессоры Pentium MMX имеют 4,5 млн. транзисторов и выполнены по технологии 0,35 мкм [3, с. 32].

Микропроцессор Pentium II (рис. 5а) с точки зрения конструкции, стал совершенно новым для процессоров Intel и был выпущен в 1997 году. Процессор выполнен в виде компактной печатной платы, на которой дополнительно установлена кэш-память второго уровня (L2).

В Pentium II кэш L2 объемом 512 Кбайт функционирует на частоте 133 МГц и объединены с процессором в модуле [1, с. 45]. Процессор Pentium II с более высокой тактовой частотой и введенной поддержкой MMX, представлял собой слегка урезанный вариант ядра Pentium Pro. Первые экземпляры имели частоту ядра 233, 266 и 300 МГц, при технологии изготовления этих процессоров составила 0,35 мкм, а летом 1998 года была



и Celeron состоит в отсутствии дорогих микросхем кэш-памяти L2 в картридже. После появления Pentium III и IV, фирма Intel продолжила выпуск процессоров Celeron. Процессоры Celeron являются упрощенными вариантами, выпускающихся в данный момент процессоров [4, с. 134—135].

Первые процессоры Pentium IV корпорация Intel выпустила в ноябре 2000 года. Они имели большое изменение в архитектуре 32-разрядных процессоров Intel и работали на тактовых частотах 1,4 и 1,5 ГГц. Ядро процессора получившее название Willamette было выполнено по технологии 0,18 мкм.

Модернизация позволила не только значительно увеличить тактовую частоту процессора, но и увеличить количество команд, обрабатываемых за один такт [4, с. 143—144].

Процессор Pentium IV (рис. 6а) использовал архитектуру NetBurst, которая позволила на долгие годы считать самой главной характеристикой процессора тактовую частоту ядра [4, с. 144].



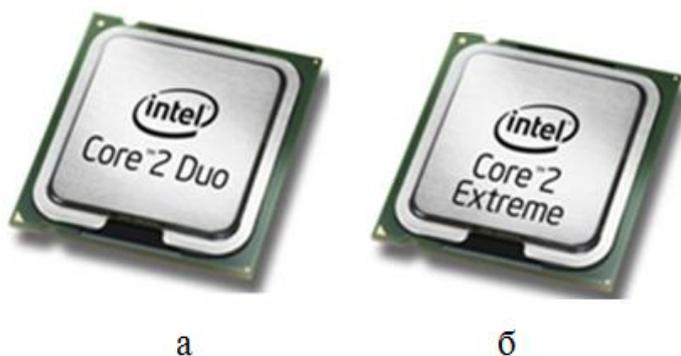
**Рисунок 6. Микροпроцессор Intel Pentium IV (а) и Intel Pentium IV Extreme Edition (б)**

Основной проблемой архитектуры NetBurst является рост температуры процессора с ростом частоты кристалла [4, с. 144]. Размер кэш-памяти L1 уменьшен до 8 Кб, кэш L2 остался прежним, как и в Pentium III, 256 Кб [1, с. 46].

В 2003 году были выпущены Pentium IV Extreme Edition (рис. 6б), который был модернизацией процессоров Pentium IV с ядром Northwood и кэш L3 объемом до 2 Мб. Диапазон изменения тактовой частоты для разных моделей составлял 3,2—3,466 ГГц, а частота системной шины — 800 или 1066 МГц. Процессор Pentium Extreme Edition, имеющий два физических ядра и два виртуальных, поддерживает одновременную обработку четырех потоков команд [4, с. 149].

Современные научные достижения совершенствуют технологии микропроцессоров: количество транзисторов уже исчисляется миллиардами, а расстояние между ними измеряется не в мкм, а в нанометрах (32 нм у AMD FX).

Семейство процессоров Core 2 считается восьмым поколением процессоров Intel для архитектуры x86, которое представлено огромным разнообразием моделей, известных под названием Core 2 Duo (двухъядерные) (рис. 7а) и Intel Core 2 Quad (четырёхъядерные) [4, с. 150].



**Рисунок 7. Микропроцессоры Intel Core 2 и Intel Core 2 Extreme**

В 2006 г первые процессоры Core 2 были изготовлены по технологии 65 нм и имели ядро с условным названием Conroe. В 2007 году после освоения техпроцесса 45 нм, стали выпускаться процессоры с ядром под условным названием Penryn. Серверные модели семейства Intel Core 2, выпускаются с модернизированными ядрами, которые носят свои условные названия [4, с. 150—151]. Наиболее высокопроизводительные процессоры

серии Core 2 носят название Core 2 Extreme (рис. 76). Характеристики процессоров Intel Core 2 Duo, Intel Core 2 Quad и Intel Core 2 Extreme приведены в таблице 1 [4, с. 153—154].

*Таблица 1.*

**Технические характеристики Intel Core 2 Duo, Intel Core 2 Quad и Intel Core 2 Extreme**

<b>Характеристики</b>	<b>Intel Core 2 Duo</b>	<b>Intel Core 2 Quad</b>	<b>Intel Core 2 Extreme</b>
Технология, нм	45, 65	45, 65	45, 65
Количество ядер	2	4	2 и 4
Кэш-память (L2), Мб	2—6	4—12	12
Тактовая частота, МГц	2,33—3,33	2,33—3	2,93—3,2
Частота системной шины, МГц	800 - 1333	1066, 1333	1066—1600
Тип разъема	LGA755	LGA755	LGA755

Процессоры Core 2 Extreme с разблокированным множителем тактовой частоты ядра. Технические характеристики процессора Intel Core 2 Extreme представлены в таблице 2 [4, с. 154—155].

Core i7 (рис. 8) — прямой потомок процессора 8088, который использовался в первой модели IBM PC. Презентация Core i7 состоялась в ноябре 2008 года. Публике было представлено четырехпроцессорное ЦПУ с 731 млн. транзисторов, частотой до 3,2 ГГц и шириной строки 45 нанометра. Понятие ширина строки обозначает ширину проводников между транзисторами, чем меньше эта величина, тем больше транзисторов умещается на одной микросхеме. Исходный выпуск архитектуры Core i7 базировался на архитектуре Nahalem, однако новые версии Core i7 строятся на базе новой архитектуры Sandy Bridge, которая увеличилась до 1,16 млрд. транзисторов и работает на скорости 3,5 ГГц с шириной строки 32 нанометра. С точки зрения программного обеспечения Core i7 представляет собой 64-разрядную машину и является многоядерным процессором, с разным числом внутренних

процессов — от 2 до 6. В таблице 2 приведены технические характеристики процессоров Intel Core i7 [4, с. 158].

**Таблица 2.**

**Технические характеристики Intel Core i7**

Характеристики	Core i7-965 Extreme Edition	Core i7-940	Core i7-920
Тактовая частота, ГГц	3,2	2,93	2,66
Частота системной шины	нет		
Технология, нм	45		
Количество ядер	4		
Технология Intel Hyper-Threading	8 процессорных потоков		
Кэш L2	8		
Тип разъема	LGA1366(FC-LGA8)		
Другие технологии	Intel Turbo Boost, Intel 64, Intel SpeedStep, Intel Virtualization		

Микроархитектура Core i7 базирующийся на архитектуре своих предшественников Core 2 и Core 2 Duo может выполнять до четырех команд одновременно, что позволяет рассматривать его как 4-х кратную суперскалярную машину. В процессорах Core i7 используется трехуровневый кэш: разделенный на 32-килобайтный кэш данных и 32-килобайтный кэш команд. Каждое ядро имеет свой собственный 256-килобайтный кэш второго уровня (L2). Все ядра совместно используют один унифицированный кэш третьего уровня (L3), может быть от 4 до 15 Мб в зависимости от модели процессора [7, с. 227—228].



**Рисунок 8. Микрпроцессор Intel Core i7**

## Список литературы:

1. Барри Брэй Микропроцессоры Intel: 8086/8088, 80186/80188, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro Processor, Pentium II, Pentium III, Pentium 4. Архитектура, программирование и интерфейсы. 6-е изд., пер. с англ. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 1328 с.
2. Гук М. Процессоры Intel: от 8086 до Pentium II. СПб.: Питер, 1998. — 224 с.
3. Гук М., Юров В. Процессоры pentium III, Athlon и другие. СПб.: Питер, 2000. — 480 с.
4. Колесниченко О.В., Шишигин И.В., Соломенчук В.Г. Аппаратные средства РС. 6-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 800 с. (В подлиннике).
5. Магда Ю.С. Ассемблер для процессоров Intel Pentium. СПб.: Питер, 2006. — 410 с.
6. Рашид Мухамедов Развитие процессоров Intel: 1971—1993 // Часть I — от 4004 до 8088: [сайт]. [2003]. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://overclockers.ru/lab/15496/Razvitie\\_processorov\\_Intel\\_1971-1993.html](http://overclockers.ru/lab/15496/Razvitie_processorov_Intel_1971-1993.html) (дата обращения 10.01.2014).
7. Таненбаум Э., Остин Г. Архитектура компьютера. 6-е изд. СПб.: Питер, 2013. — 816 с.

# ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

**Федорченко Инна Александровна**

*студент 2 курса, специальность Сестринское дело, ГАОУ СПО НСО «КМТ»  
РФ, г. Купино  
E-mail: [kotyaz2@ngs.ru](mailto:kotyaz2@ngs.ru)*

**Полей Жанна Анатольевна**

*научный руководитель, преподаватель информационных технологий ГАОУ  
СПО НСО «КМТ»,  
РФ, г. Купино*

В настоящее время компьютеры занимают очень важное место медицине. В медицину внедряется все больше инновационных решений. Одним из них можно считать видеоконференцсвязь.

С помощью этих систем возникло новое направление, которое получило название телемедицина. Самое главное его достоинство — это возможность оказать высококвалифицированную медицинскую помощь лучших специалистов из ведущих медицинских центров страны. Для России использование телемедицины особенно актуально.

Цель данной работы: изучить виды информационных технологий, применяемых в здравоохранении Новосибирской области.



**Рисунок 1.**

Наша страна обладает самой большой территорией (более 17 млн. кв. км), занимает девять часовых поясов. При этом население рассредоточено крайне неравномерно, в некоторых областях доля сельского населения превышает 60 %, многих жителей от крупных клиник с современным оборудованием и квалифицированным медицинским персоналом отделяют сотни километров. Поэтому телемедицина выступает важнейшим условием оказания качественной врачебной помощи в удаленных регионах, а в ряде случаев становится единственным шансом людей на получение консультаций опытных специалистов. Также большим достоинством телемедицины можно считать то, что она снимает вопрос изолированности врачей из отдаленных небольших населенных пунктов. Благодаря ей врачи могут в процессе консультации получать новые знания, опыт, также они могут посещать видеолекции, наблюдать за ходом операции опытных специалистов, находясь в этот момент, за сотни и тысячи километров. В настоящий момент существует несколько направлений телемедицины:

### **1. Телемедицинские консультации.**

Консультации проводятся в режиме онлайн с использованием каналов связи и видеоаппаратуры. Общение происходит непосредственно между специалистом и лечащим врачом, при необходимости также присутствует пациент. Такие консультации могут проходить как между двумя абонентами, так и между несколькими. Предоставление услуг может осуществляться представителями всех медицинских специальностей с использованием информационно-коммуникационных технологий после получения информации, необходимой для диагностики, лечения и профилактики заболевания [5].

Телемедицинские системы позволяют организовать диалог с врачом-экспертом (видеоконференцию) на любом расстоянии и передать практически всю необходимую для квалифицированного заключения медицинскую информацию (выписки из истории болезни, рентгенограммы, компьютерные томограммы, снимки УЗИ и т. д.).

## **2. Проведение телемедицинских лекций, семинаров, конференций.**

Решить проблему массового повышения квалификации врачей в регионах помогает проведение видеоконференций и семинаров в режиме групповых видеосеансов связи. Видеосвязь позволяет в режиме прямого диалога не только поделиться опытом и теоретическими навыками, но и на практике продемонстрировать правильные навыки и приемы работы на оборудовании, обучить врачей грамотно обработать результаты анализов, назначать курс лечения на основе современных методик и так далее [1].

При этом видеоконференции уже давно перешли из разряда роскоши в жизненно необходимое оборудование. Ведь в отдаленных муниципальных образованиях, где и так ощущается острая нехватка медицинского персонала получить не то что высокотехнологическую или узкоспециализированную помощь, но и просто найти опытного профильного доктора достаточно проблематично. Сколько у нас врачей-терапевтов или даже простых фельдшеров единолично оказывают медицинскую помощь в селах и поселках, удаленных за сотни, а то и тысячи километров от ближайшей районной больницы или медицинского центра [3].

Телемедицина также позволяет транслировать ход операции в режиме онлайн. Данная технология может использоваться также в целях «теленаставничества», когда более опытный врач может дистанционно контролировать действия своего менее опытного коллеги в режиме реального времени.

Значительные успехи в развитие телемедицины достигнуты в последние годы при реализации приоритетного национального проекта «Здоровье», когда медицина получила возможность существенно обновить техническую базу и внедрить решения на основе современных технологий.

Говоря об информатизации здравоохранения России и ее регионов, очевидна разница между показателями информатизации самой страны и показателями информатизации ее областей. В частности, Новосибирская область опережает большую часть регионов России по степени информа-

тизации здравоохранения. К такому выводу пришли IT-эксперты XIV конференции «Информационные технологии в медицине», организованной Министерством здравоохранения РФ.

С 2011 года к системе Единой регистратуры Новосибирской области подключено 96 медицинских организаций. В день количество записей на приемы к специалистам в информационной системе составляет до 70 тысяч, в call-центр поступает и обрабатывается около 17 тысяч звонков, а через сайт записывается около 500 человек. За девять месяцев 2013 года в информационной системе зарегистрировано более восьми миллионов записей. Для сравнения, этот показатель в других регионах России не превышает полутора-двух миллионов за тот же период.

К информационной системе «Электронный паспорт медицинского учреждения» подключено 120 медицинских организаций области, навигационные датчики GPS-системы ГЛОНАСС установлены на всех 320 машинах скорой помощи Новосибирской области, оснащены и настроены 53 диспетчерских автоматизированных рабочих места на всех станциях и подстанциях службы скорой медицинской помощи.

Развивается система телемедицинских консультаций: средствами видео-конференц-связи оснащены 48 медицинских организаций.

Модуль «Электронная регистратура» запущен в продуктивную эксплуатацию в декабре 2010 г. Сегодня с его помощью ведется запись к специалистам всех городских поликлиник, а также ряда областных ЛПУ, специализированных учреждений — их количество растет по мере подключения ЛПУ к системе ИРИС. «Электронная регистратура» также решает ряд важных задач:

- учет пациентов в различных аналитических разрезах;
- ведение электронной медицинской карты пациента;
- управление медицинскими процессами;
- учет оказанных медицинских услуг.

Записаться на телемедицинские консультации можно через Единую регистратуру и Медицинскую информационную систему Новосибирской области.

Эффект от внедрения «Электронной регистратуры» оценили и врачи, и пациенты. Уже сегодня можно говорить о получении таких преимуществ, как отказ от листов самозаписи — вместо них организована запись на прием через Интернет и инфокиоски [2].

Как сообщил своим читателям сетевой ежедневник MoneyJournal врачи в Новосибирске переводят истории болезни пациентов в цифровой формат. Специалисты говорят, это позволит сэкономить немало времени. В электронной карте будет вся информация о здоровье пациента: анализы, УЗИ, истории болезней.

Внедрение электронных медицинских карт является одним из мероприятий проекта по созданию в Новосибирской области регионального сегмента Единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ).

В поликлиниках Новосибирской области установлены специальные терминалы самообслуживания, через которые можно с легкостью записаться к врачу на нужное время. Предварительно нужно будет зайти на сайт [zdravnsk.ru](http://zdravnsk.ru) и зарегистрироваться там. Там же пациент получит пароль, который введет при пользовании терминалом. Помимо того, запись производится по телефону горячей линии — 124. Звонки бесплатные как с городских, так и с домашних телефонов. Или на сайте электронной регистратуры.

Жители Новосибирска и области уже оценили удобство сервиса и высказываются весьма положительно: онлайн запись им очень нравится, потому что не нужно бежать или звонить поликлинику в течение дня, когда все на работе. В системе есть единая база, куда попадают данные всех записавшихся [4].

#### **Вывод:**

В ходе проведенной работы и полученных мною данных можно сделать вывод, что, информационные технологии, применяемые в здравоохранении,

постепенно внедряются и в отдаленные уголки области, тем самым облегчая работу сотрудникам медицинских учреждений.

### Список литературы:

1. Видеоконференция в медицине. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.voiplink.ru/products/ponatie-videoconferencii/vcs-in-medical.html> (дата обращения: 26.03. 2014).
2. В медицину пришла информатизация. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.chslovo.com/pulse/6652975/> (дата обращения: 26.03. 2014).
3. Внедрение видеоконференций в медицине. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.aster-m.ru/vnedrenie-videoconferenciy-v-medicine> (дата обращения: 26.03. 2014).
4. Информатизация здравоохранения в Новосибирске: общественный резонанс и социальный эффект. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://bars-open.ru/about/news/informatizatsiya-zdravookhraneniya-v-novosibirsk-obschestvennyy-rezonans-i-sotsialnyy-effekt/> (дата обращения: 26.03. 2014).
5. Использование видеоконференции в медицине. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B7:%D0%98%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8\\_%D0%B2\\_%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B5](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81-%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B7:%D0%98%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%B2_%D0%BC%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B5) (дата обращения: 26.03. 2014).

## ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ MPLS

**Якушев Игорь Юрьевич**

*инженер-стажер NVision Group, магистрант Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики,  
РФ, г. Новосибирск  
E-mail: [yakushevigor@mail.ru](mailto:yakushevigor@mail.ru)*

**Марамзин Валерий Валентинович**

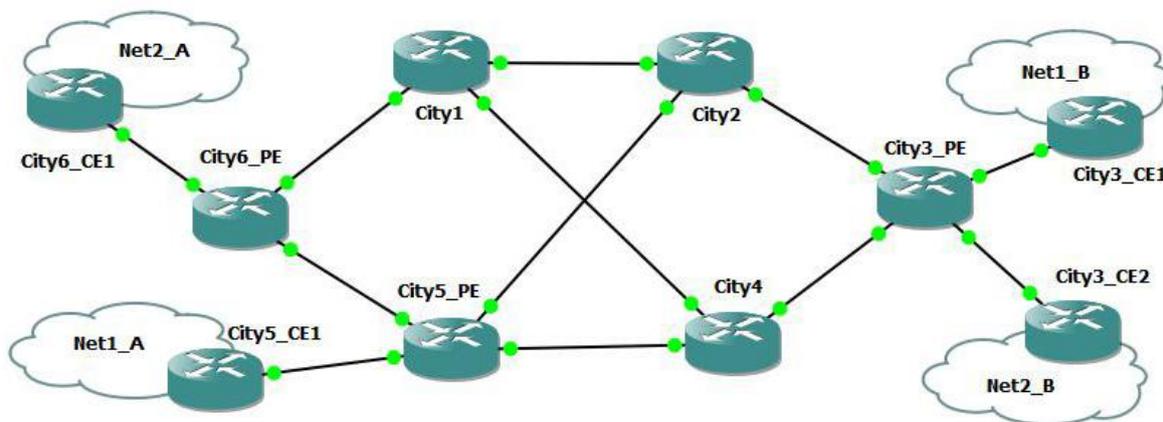
*научный руководитель, ведущий инженер-конструктор технического отдела NVision Group, преподаватель, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,  
РФ, г. Новосибирск*

Технология Multiprotocol Label Switching (MPLS — многопротокольная коммутация по меткам) — это технология передачи данных от одного узла к другому, использующая метки для принятия решения о выборе маршрута. Технология MPLS подразделяется на две технологии: MPLS L2 VPN и MPLS L3 VPN. При использовании в сети технологии MPLS L2 VPN передача данных осуществляется на втором уровне модели OSI, используя такие технологии как Ethernet, Frame Relay и ATM. При использовании в сети технологии MPLS L3 VPN передача данных осуществляется на третьем уровне модели OSI, используя технологию IP [3]. MPLS сеть предоставляет широчайшие возможности передачи данных: возможность организовать множество соединений для одной организации, поддержка приложений реального времени (голос и видео). Маршруты в MPLS сети вычисляются посредством таких протоколов как BGP, OSPF, IS-IS и RIP [1].

Технологию MPLS L3 VPN можно использовать поверх магистральной MPLS сети, либо поверх магистральной IP сети, используя протоколы GRE, L2TPv3 и другие туннельные протоколы.

На рисунке 1 отображена простая магистральная MPLS сеть с применением технологии MPLS L3 VPN, которая обслуживает две организации, расположенные в разных городах (“City3”, “City5” и “City6”). Магистральная MPLS сеть состоит из следующих маршрутизаторов: «City1», “City2”, “City3\_PE”, “City4”, “City5\_PE” и “City6\_PE”. Сети “Net1\_A”

и “Net1\_B” относятся к одной организации, а сети “Net2\_A” и “Net2\_B” — к другой.



**Рисунок 1. Магистральная MPLS сеть**

Обозначение «PE» в названии города означает, что в этом городе находится граничный маршрутизатор провайдера (Provider Edge). Обозначение «CE» в названии города означает, что в этом городе расположен граничный маршрутизатор клиента (Customer Edge) [2]. В городах, названия которых не содержат подобные обозначения, расположены промежуточные маршрутизаторы, повышающие надежность и отказоустойчивость MPLS сети. Такие маршрутизаторы провайдера могут стать граничными, если в соответствующем городе клиент захочет создать сеть своей организации.

В сетях, использующих технологию MPLS L3 VPN, можно выделить следующие преимущества (для пояснения будет использоваться сеть, изображенная на рисунке 1):

1. Независимость адресного пространства организаций — сети разных организаций изолированы друг от друга.

2. Подключение к магистральной MPLS сети провайдера больше тысячи организаций и виртуальных частных сетей, которые расположены на различном расстоянии друг от друга, при условии нахождения необходимого оборудования провайдера и подключаемой организации в одной локации.

3. В магистральной MPLS сети имеется множество маршрутов, за счет этого повышается надежность сети — при выходе из строя маршрутизатора автоматически перестроится MPLS сеть, произойдет выбор оптимальных маршрутов, в результате этого отказ передачи данных в сети потребителя отсутствует.

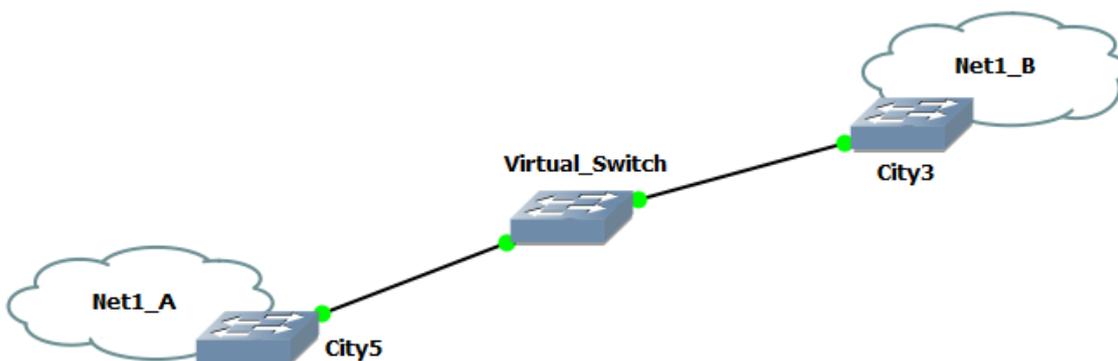
4. В большинстве случаев при построении сети устанавливаются дополнительные (резервные) маршрутизаторы, благодаря которым повышается отказоустойчивость сети. Рассмотрим пример сети, имеющей два граничных маршрутизатора, соединяющих две больших сети. В функционировании сети задействованы оба маршрутизатора; при выходе одного маршрутизатора из строя другой будет работать, вероятность выхода из строя обоих маршрутизаторов крайне мала. Если бы в сети был бы всего лишь один граничный маршрутизатор, то при его выходе из строя сеть перестала бы функционировать.

5. Протокол MPLS используется совместно с другими протоколами: IP, IS-IS, OSPF, RIP и BGP [1].

6. В магистральных MPLS сетях можно гарантировать пропускную способность.

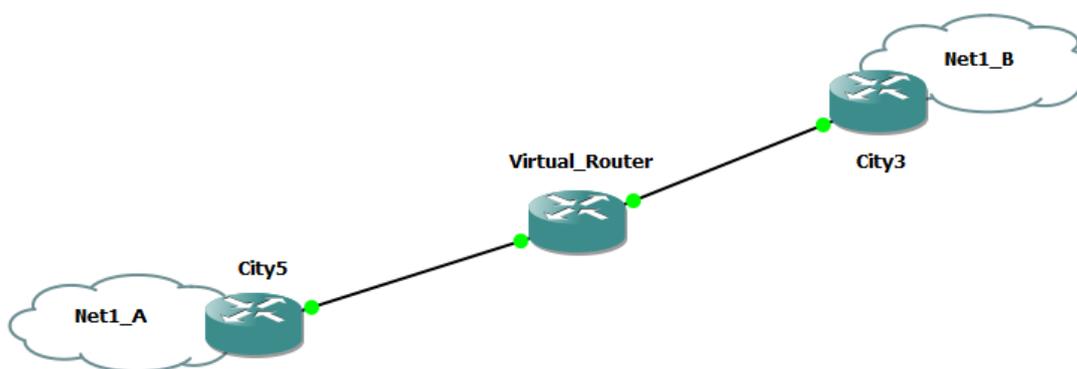
7. Балансировка нагрузки в MPLS сети. Возможность равномерно распределить трафик между маршрутизаторами сети, в результате этого не возникает перегрузок оборудования, не выходят из строя маршрутизаторы — эффективность сети не снижается.

8. В магистральной MPLS сети можно организовать технологию VPLS (Virtual Private LAN Service — технология организации виртуальной частной сети) — создать виртуальный коммутатор, работающий на уровне L2 модели OSI, а в качестве граничного оборудования клиента использовать обычные коммутаторы. На рисунке 2 приведен пример реализации технологии VPLS для одной организации с офисами, расположенными в разных городах.



**Рисунок 2. Технология VPLS**

9. Технология MPLS L3 VPN позволяет создать много виртуальных маршрутизаторов и интерфейсов в магистральной MPLS сети, которые сконфигурированы отдельно для каждой организации. В качестве примера на рисунке 3 отображена одна организация, имеющая соединение между своими офисами, расположенными в разных городах, через виртуальный маршрутизатор.



**Рисунок 3. Виртуальный маршрутизатор в MPLS сети**

Недостатки:

1. Сложность реализации MPLS сети — существует необходимость в инженерах, имеющих профессиональные навыки для построения таких сетей.
2. Дороговизна как оборудования и построения сети, так и обслуживания этой сети.

3. Сложность в защите информации — если не работает один протокол, то вся сеть не функционирует.

Основной недостаток MPLS сети — это дорогое оборудование, дорогое проектирование и дорогое обслуживание сети. Однако преимуществ MPLS сети значительно больше, главными из которых являются высокая производительность, высокая надежность, гарантированная пропускная способность канала потребителя и совместное использование с протоколами канального и сетевого уровней.

### **Список литературы:**

1. BGP/MPLS IP Virtual Private Networks. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc4364> (Дата обращения: 28.03.2014).
2. Lewis Mark. “Comparing, Designing, And Deploying VPNs”. Cisco Press, 2006. — 1080 p.
3. Multiprotocol Label Switching Architecture. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt> (Дата обращения: 28.03.2014).

## СЕКЦИЯ 4. КОСМОС, АВИАЦИЯ

### СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА KLN-90B

**Обидина Светлана Геннадьевна**

*студент 5 курса, кафедры эксплуатации авиационной техники  
Самарского государственного аэрокосмического университета,*

*РФ, г. Самара*

*E-mail: [sve10725866@yandex.ru](mailto:sve10725866@yandex.ru)*

**Писаренко Виктор Николаевич**

*научный руководитель канд. техн. наук, доцент*

*Самарского государственного аэрокосмического университета,*

*РФ, г. Самара*

Спутниковая навигационная система СНС (GPS — Global Position System) KLN-90, KLN-90A, KLN-90B BRNAV фирмы Allied Signal (далее по тексту KLN-90B) служит для определения текущих географических координат (широты, долготы и высоты) местоположения самолета при работе в зоне действия американских навигационных искусственных спутников Земли — NAVSTAR и отображения навигационной информации на дисплее пульта-вычислителя. Спутниковая навигационная система KLN-90B установлена на борт как средство зональной навигации при полетах в системе BRNAV Европейского региона.

Спутниковая система навигации KLN-90B определяет с точностью до 10 метров местоположение самолета в любое время года и суток, в любой точке Земного шара.

Система KLN-90B вычисляет географические координаты самолета, расстояние, азимуты, путевые углы, время полета и другие навигационные параметры, а также обеспечивает экипаж наглядной информацией о плане полета самолета, высоте эшелонирования [1, с. 24].

Система KLN-90B эксплуатируется только на маршруте и в зоне аэродрома с периодическим контролем местоположения самолета по другим штатным системам. Запрещается использовать систему при заходе на посадку.

Спутниковая система навигации (KLN-90B) является чисто приемной системой. Для определения своего местоположения система рассчитывает дальность до спутников системы NAVSTAR.

NAVSTAR — это 24 низколетящих навигационных спутника, вращающихся вокруг Земли на круговых орбитах с периодом в 12 часов на высоте 20200 км. Спутники расположены в 6 различных плоскостях по 4 спутника в каждой, имеющих наклон к экватору  $55^\circ$ . Расчет системой KLN-90B дальности до спутников осуществляется путем замера задержки распространения сигналов до спутников, находящихся в зоне видимости. Регистрируя время прохождения радиосигнала, и, зная скорость его распространения, можно определить расстояние до источника излучения.

При этом, для вычисления координат местоположения самолета, системе необходимо принимать сигналы как минимум от четырех спутников (или три спутника и информация от баровысотомера). Три спутника необходимы для определения положения в трехмерном пространстве и один — для минимизации ошибки, вносимой не синхронностью часов приемника и спутников. Синхронизация часов спутников и системы необходима для точного расчета дальности. На спутники устанавливаются атомные часы, имеющие точность около одной наносекунды. Поэтому, первое, что делает система — это синхронизирует свои часы с часами принимаемого спутника. Для корректировки хода часов навигационных приемников используются специальные алгоритмы обработки сигналов, одновременно поступающих от 4-х спутников.

Итак, для определения местоположения системе достаточно принимать сигналы от четырех спутников. Обычно в зоне видимости находится большее количество спутников (до восьми). Из принимаемых спутников система выбирает четыре, обеспечивающих решение геометрической задачи

определения местоположения с максимальной точностью, а остальные использует для минимизации ошибки и расчета ее максимальной величины.

Навигационные сигналы излучаются спутниками на двух рабочих частотах: 1575,42 МГц и 1227,60 МГц. При прохождении радиосигнала через ионосферу и тропосферу скорость его распространения уменьшается, что приводит к ошибкам вычисления расстояния до спутника. Существенное влияние оказывают также различные атмосферные явления вызывающие интерференцию и дифракцию сигналов. Для уменьшения погрешностей, связанных с влиянием ионосферы, навигационные приборы принимают сигналы в обоих диапазонах. Специальные алгоритмы обработки радиосигналов и конструкции антенн современных GPS навигаторов позволяют свести к минимуму влияние перечисленных источников ошибок.

Для выдачи в KLN-90В абсолютной высоты полета устанавливается на борт самолета датчик высоты SSD-120-42, который выдает значение высоты в виде кода Грея.

Диапазон рабочих высот датчика высоты SSD-120-42: от -10000 до 42000 футов.

Точность датчика высоты — 50 футов в диапазоне высот от 10000 до 30700 футов и +100 футов от 30800 футов и выше.

Система KLN-90В может хранить в памяти до 25 планов полета плюс один активный план полета. Каждый план полета может включать до двадцати ППМ. Эти ППМ могут входить в базу данных прибора или вводиться вручную. Планы нумеруются от 0 до 25 (FPL 0, FPL 1, ... FPL 25).

В автономный комплект системы KLN-90В входят следующие блоки:

1. блок антенный КА-92;
2. моноблок пульт-вычислитель;
3. вентилятор обдува КА-33.

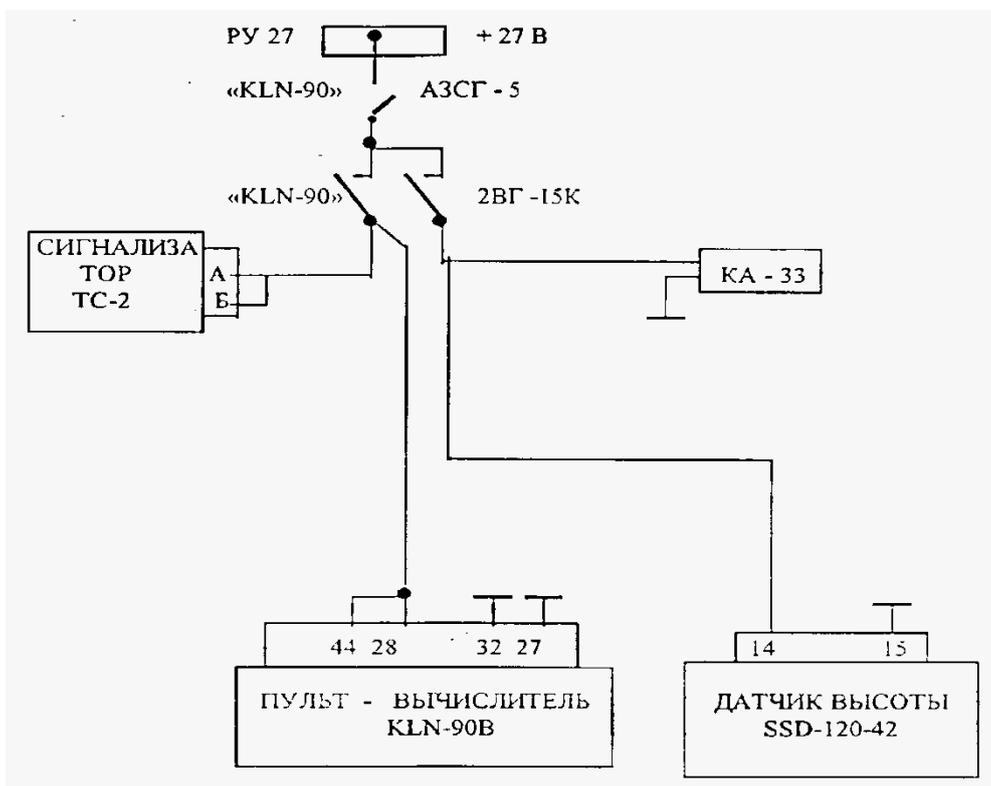
На средней приборной доске устанавливаются светосигнализаторы WPT (ППМ) и MSG (СООБЩЕНИЯ).

Моноблок пульт-вычислитель включает в себя приемник спутниковых сигналов и компьютер, обеспечивающий работу дисплея и органов управления блока, а также сигнализатора и других устройств (если таковые подключены к блоку). Со стороны задней стенки блока устанавливается сменный картридж с навигационной базой данных Джемсен.

Антенна КА-92 представляет из себя ленточную антенну со встроенным усилителем. Питание усилителя осуществляется по высокочастотному кабелю.

Вентилятор КА-33 обеспечивает наддув воздуха как внутрь блока KLN-90В, так и с одной из его сторон, на которой расположены наиболее тепловыделяющие элементы.

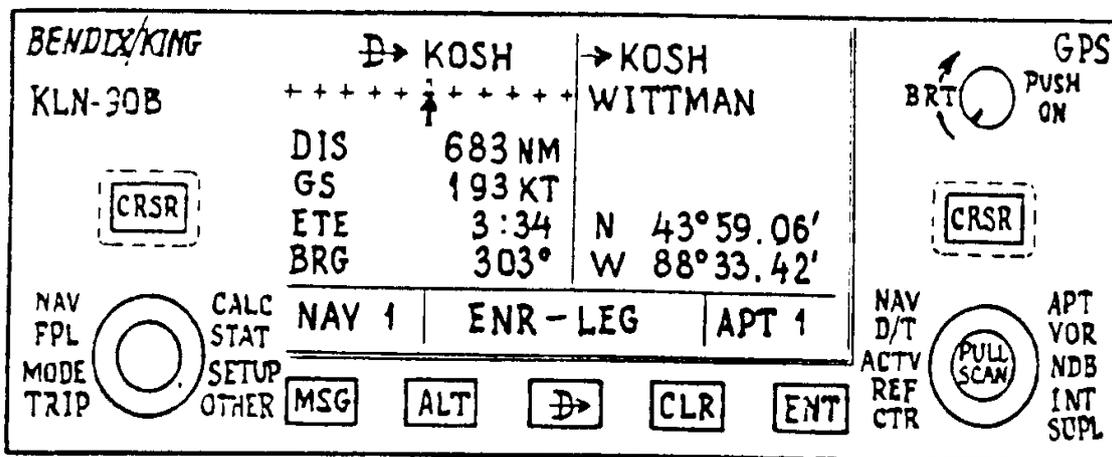
Электропитание системы KLN-90В и вентилятора КА-33 осуществляется от бортовой сети постоянного тока напряжением — 27 В. (См. рисунок 1). Цепи питания системы защищены автоматом защиты АЗСГК-5 на панели АЗС левой, расположенной между 7 и 8 шпангоутами. Электропитание датчика высоты SSD-120-42 также осуществляется от бортовой сети постоянного тока напряжением +27В и защищено автоматом защиты АЗСГК-5 KLN-90В [3, с. 211].



**Рисунок 1. Схема электропитания спутниковой навигационной системы KLN-90B**

Подача напряжения на систему KLN-90B и датчик SSD-120-42 осуществляется выключателем на пульте управления "KLN-90B, размещенным на рабочем месте штурмана.

Управление системой KLN-90B осуществляет штурман с пульта-вычислителя системы KLN-90B. (см. рисунок 2)



**Рисунок 2. Лицевая панель пульта-вычислителя системы KLN-90B**

Для включения нажмите кнопку включения/яркости, расположенную в правом верхнем углу блока, в положение "in" (ВКЛ). Выключение блока производится вытягиванием этой кнопки в положение "out" (ВЫКЛ) [2, с. 200].

После нескольких секунд прогрева внизу на экране высветится страница Включения (TURN-ON) со словами SELF TEST IN PROGRESS (выполняется самотестирование).

Вращением ручки включение/яркость установите требуемую яркость экрана.

Через короткий промежуток времени страница Включения автоматически заменится страницей Самотеста (Self Test). Страница самотеста отличается тем, что на ней с правой стороны отображается дата и время и барометрическая высота, получаемая от датчика SSD-120-42.

Убедитесь в том, что информация, представленная на левой стороне страницы самотеста, правильна и что в левом нижнем углу высвечивается ANNUM ON. Если высвечивается TEST FAIL, то KLN-90B не прошел встроенного самотеста и не должен использоваться для навигации.

### **Список литературы:**

1. Либерман Ю.И. Аэронавигация. Методические указания по работе с приемником KLN 90 спутниковой навигационной системы / Университет ГА: Санкт-Петербург, 2010 г. — 57 с.
2. Писаренко В.Н. Техническая эксплуатация и ремонт авиационных электрических систем и пилотажно-навигационных комплексов: методическое пособие. Самара, СГАУ, 2005 г. — 463 с.
3. Прилепский В.А. Авиационные приборы и информационно-измерительные системы. Книга 1. Самара, СГАУ, 2007 г. — 240 с.

# СИНТЕЗ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОМ АНСАТ С ПОМОЩЬЮ ИНВЕРСНОЙ МОДЕЛИ

**Чекмарев Сергей Владимирович**

студент 4 курса, кафедра АиУ КНИТУ-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [slimercorp@gmail.com](mailto:slimercorp@gmail.com)

**Гаркушенко Владимир Иванович**

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент КНИТУ-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань

## Введение

Из-за свойственной нестабильности и нелинейности динамики вертолета, ее изменяющихся свойств во время полета, управление полетом вертолета требует специальных стратегий. Эти стратегии должны справляться с нелинейностью системы и гарантировать устойчивость в присутствии погрешностей и изменений в конфигурации. В данной работе на примере вертолета Ансат развивается новый подход к синтезу управления на основе *инкрементной нелинейной динамической инверсии* (ИНДИ) [4, с. 1065—1077]. Метод основан на использовании обратной связи по ускорению, что позволяет строить законы управления при минимальной информации о модели вертолета.

В качестве объекта управления используется математическая модель вертолета Ансат [1, с. 18—21].

## 1. Регулятор угловых скоростей

На основе ИНДИ разработаем регулятор для отслеживания заданных угловых скоростей вертолета  $y_{yc} = \omega = [\omega_x \ \omega_y \ \omega_z]^T$ , искомое управление  $u = [\eta \ \varphi_p \ \kappa]^T$ .

Используя уравнение динамики, возьмем производную от  $y_{yc}$  до тех пор, пока не появится прямая зависимость от управления:

$$\dot{y}_{yc} = \dot{\omega} = J^{-1}(M - \omega \times J \omega) ,$$

где:  $J$  — тензор инерции,

$M$  — вектор моментов, действующий на вертолет. Получив прямую зависимость от управления, преобразуем уравнение:

$$\dot{\omega} = A(x) + B(x, u) ,$$

где

$$A(x) = J^{-1}(M_{\text{фюз}}(x) + M_{\text{го}}(x) + M_{\text{зо}}(x) - \omega \times J\omega),$$

$$B(x, u) = J^{-1}(M_{\text{нв}}(x, u) + M_{\text{рв}}(x, u)).$$

Используем виртуальное управление  $v_{\text{yc}} = \dot{\omega}$  и проведем процедуру разложения в ряд Тейлора последнего уравнения:

$$\dot{\omega} \approx \dot{\omega}_0 + \frac{\partial}{\partial x} (A(x) + B(x, u))_{x_0, u_0} (x - x_0) + \frac{\partial}{\partial u} (A(x) + B(x, u))_{x_0, u_0} (u - u_0) .$$

Если положить  $x \approx x_0$ , то можно записать

$$v_{\text{yc}} = \dot{\omega} = \dot{\omega}_0 + \frac{\partial}{\partial u} (B(x, u))_{x_0, u_0} (u - u_0) = \dot{\omega}_0 + J^{-1} \frac{\partial}{\partial u} (M_{\text{нв}}(x, u) + M_{\text{рв}}(x, u))_{x_0, u_0} (u - u_0) .$$

Отсюда найдем

$$u = \left( \frac{\partial}{\partial u} (M_{\text{нв}}(x, u) + M_{\text{рв}}(x, u))_{x_0, u_0} \right)^{-1} J (v_{\text{yc}} - \dot{\omega}_0) + u_0 .$$

Для реализации полученного закона управления должен быть известен вектор состояния  $x_0$ , управление  $u_0$  и угловое ускорение  $\dot{\omega}_0$ .

Обозначим Якобиан  $D(x_0, u_0) = \frac{\partial}{\partial u} (M_{\text{рв}}(x, u) + M_{\text{нв}}(x, u))_{x_0, u_0}$  и рассмотрим его слагаемые.

Первое слагаемое находится из уравнений момента вертолета:

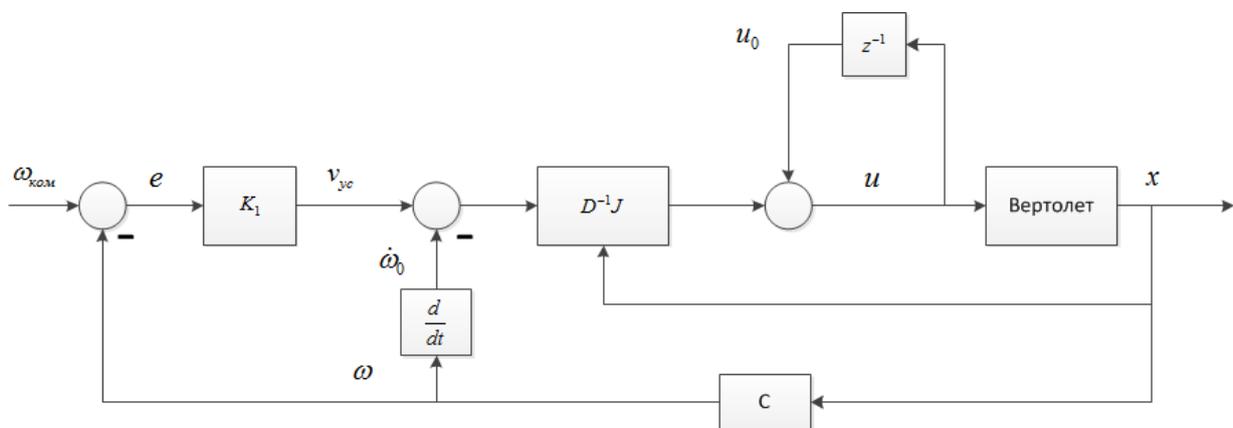
$$\left. \frac{\partial}{\partial u} M_{p6}(x, u) \right|_{x_0, u_0} = a_{\omega} \sigma_p B_p \left[ \left( \frac{B_p^2}{3} + \frac{\mu_p^2}{2} \right) \right] \frac{\rho}{2} \pi R_p^4 \omega_p^2 \begin{bmatrix} 0 & -y_p & 0 \\ 0 & -L_p & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Моментом по оси Z пренебрежем, ввиду его малости.

Второе слагаемое вычисляется аналогично:

$$\left. \frac{\partial}{\partial u} M_{нв}(x, u) \right|_{x_0, u_0} = \left( T y_T + \frac{k_l S_z l_{\omega}}{2} \omega^2 \right) \begin{bmatrix} -D_1 & 0 & -D_2 \\ 0 & 0 & 0 \\ -D_2 & 0 & D_1 \end{bmatrix}.$$

Общая схема регулятора угловой скорости представлена на рис. 1.



**Рисунок 1. Регулятор угловых скоростей вертолета**

## 2. Регулятор положения вертолета

Регулятор положения вертолета будет отслеживать заданные углы вертолета, подавая команды желаемой угловой скорости на регулятор угловой скорости вертолета. Входной вектор регулятора  $y_{пол} = \phi \ \psi \ \theta^T$ .

Дифференцируем вектор  $y_{пол}$  пока зависимость от управления не появится:

$$\dot{y}_{пол} = [\dot{\phi} \quad \dot{\psi} \quad \dot{\theta}]^T = S^{-1}\omega.$$

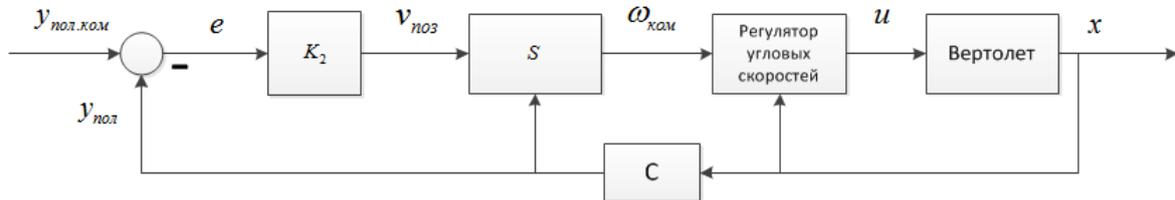
Прямая зависимость от управления получена, видим, что здесь в уравнении нет части, которая зависит только от состояния модели, поэтому применение ИНДИ не даст никаких преимуществ, воспользуемся *нелинейной динамической инверсией* (НДИ):

$$v_{ноз} = \dot{y}_{ноз} = S^{-1}\omega.$$

Отсюда управление выражается как

$$\omega = Sv_{ноз} = \begin{bmatrix} 1 & -\cos\phi \tan\theta & \sin\phi \tan\theta \\ 0 & \frac{\cos\phi}{\cos\theta} & \frac{-\sin\phi}{\cos\theta} \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix}^{-1} v_{ноз}.$$

Общая схема системы вместе с регулятором положения представлена на рис. 2.



**Рисунок 2. Регулятор углового положения вертолета**

### 3. Навигационный регулятор

Для управления вертолетом в пространстве добавим к разработанным регуляторам угловой скорости и углового положения навигационный

регулятор, который на основе команд по линейным скоростям, связанные с землей, будет давать команды углам.

Входной вектор этого регулятора:

$$y_{нав} = v_E = [V_x \quad V_y \quad V_z]^T .$$

Используем упрощенное уравнение кинематики и динамики:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_x \\ \dot{V}_y + g \\ \dot{V}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_\theta c_\psi & -c_\phi s_\theta c_\psi - s_\phi s_\psi & s_\phi s_\theta c_\psi - c_\phi s_\psi \\ s_\theta & c_\phi c_\theta & -s_\phi c_\theta \\ c_\theta s_\psi & -c_\phi s_\theta s_\psi + s_\phi c_\psi & s_\phi s_\theta s_\psi + c_\phi c_\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_x / m \\ f_y / m \\ f_z / m \end{bmatrix} ,$$

где  $s_* = \sin(*)$ ,  $c_* = \cos(*)$ .

Можно видеть, что это уравнение уже содержит первую производную от выходного вектора и зависимость от углов уже получена.

Виртуальное управление этого регулятора имеет вид:

$$v_{нав} = [v_x \quad v_y \quad v_z]^T = [\dot{V}_x \quad \dot{V}_y \quad \dot{V}_z]^T .$$

Чтобы найти нужные углы для упрощенного уравнения кинематики и динамики сделаем некоторые допущения: угол  $\psi$  известен заранее; сила  $f_y$  на порядок больше сил  $f_x$ ,  $f_z$ , поэтому последними можно пренебречь.

Тогда можно показать, что требуемые углы тангажа и крена определяются по формулам:

$$\theta_{ком} = \arctan \frac{v_x \cos \psi_{ком} + v_y \sin \psi_{ком}}{-v_z - g} ,$$

$$\phi_{ком} = \arcsin \frac{-v_x \sin \psi_{ком} + v_y \cos \psi_{ком}}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + (v_z + g)^2}} .$$

В случае, когда виртуальное управление равно 0, например, в режиме висения, командные углы будут также равны 0, следовательно, нужно к найденным значениям углов добавить балансирующие углы.

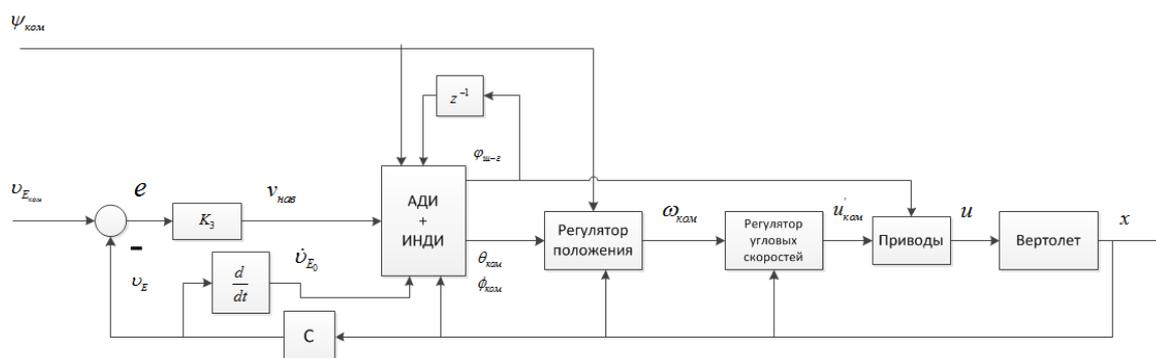
Такой метод управления называется *аппроксимированная динамическая инверсия (АДИ)*.

Для разработки закона управления  $V_z$  используем второе уравнение упрощенного уравнения кинематики и динамики. Здесь аналогично предыдущему находится управление:

$$\varphi_{u-z,ком} = m \left( \sin \theta \quad \cos \theta \cos \phi \quad -\cos \theta \sin \phi \quad \left. \frac{\partial f_{не}}{\partial \varphi_{u-z}} \right|_{x0,u0} \right)^{-1} (v_z - \dot{V}_{z0}) + \varphi_{u-z,0},$$

$$\text{где } \frac{\partial f_{не}}{\partial \varphi_{u-z}} = a_{\infty} \sigma B \left( \frac{B^2}{3} + \frac{1}{2} \mu^2 \right) \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{\rho}{2} \pi R^4 \omega^2 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Общая схема регуляторов на основе ИНДИ представлена на рис. 3:



**Рисунок 3. Общая схема регуляторов на основе ИНДИ**

#### 4. Псевдо-хеджирование

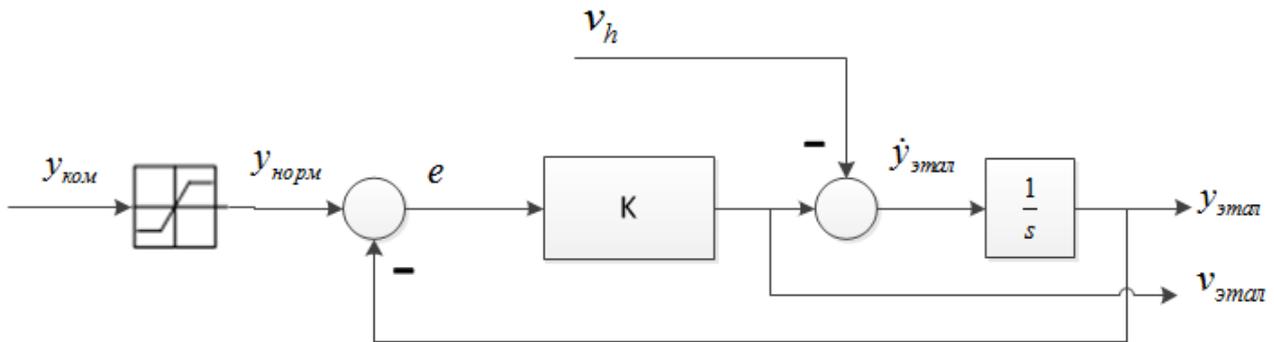
Методика псевдо-хеджирования (ПХ) служит полезным дополнением к регулятору ИНДИ, улучшая его работу. Она выполняет несколько функций:

- устанавливает ограничение командным сигналам до безопасного уровня;
- помогает предотвратить насыщение приводов;

с. вычисляет производную от командного сигнала для использования регулятором его как опережающей связи;

d. играет роль фильтра, сглаживая процессы.

ПХ состоит из двух блоков: эталонной модели (рис. 4) и самого блока ПХ.

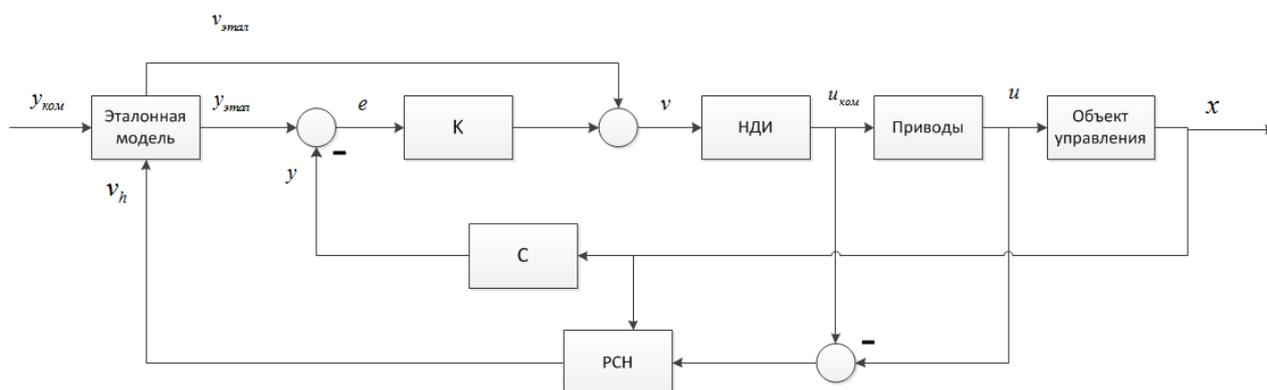


**Рисунок 4. Схема эталонной модели**

Эталонная модель имеет вид фильтра низкой частоты с частотой среза равной  $K$  (функция d). Командный сигнал проходит через блок насыщения (функция a), и далее вычисляется его производная, из которой вычитается сигнал от РСН (функция b), с этого момента берется опережающий сигнал (функция c).

Сам блок ПХ вычисляет переменную  $v_h$  для эталонной модели. Смысл заключается в том, что если достигается насыщение привода, то блок ПХ вычисляет превышение виртуального управления и посылает команду эталонной модели вычесть превышенное виртуальное управление из эталонной команды, чтобы избежать насыщения и сохранить устойчивость.

Пример общей схемы управления на основе НДИ с ПХ представлен на рис. 5.



**Рисунок 5. Схема закона управления вместе с ПХ**

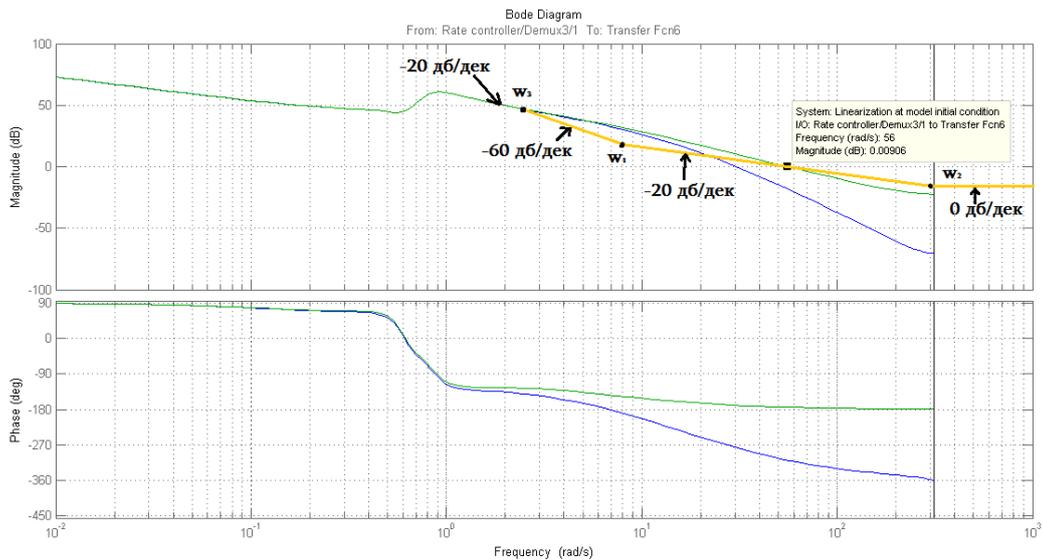
## 5. Синтез коррекции

В методе ИНДИ не учитывается динамика датчиков и исполнительных устройств, которая приводит к ухудшению качества процессов управления. В связи с этим в данной работе предлагается использовать корректирующие устройства для компенсации неучтенной динамики датчиков и приводов.

Для вертолета Ансат приняты инерционности исполнительных устройств и датчиков в виде апериодических звеньев: для циклического шага с постоянной времени 0.05 с; для общего шага НВ и РВ с постоянной времени 0.03 с; динамика датчиков вместе с фильтрацией с постоянной времени 0.07 с.

При учете динамики приводов и датчиков в математической модели вертолета качество процессов управления ухудшилась по сравнению с процессами, полученными при синтезе управления без учета указанной инерционности по методике [1, с. 18—21]. Поэтому введем дискретное корректирующее устройство с периодом дискретности 0.01 с. для каждого канала управления. Синтез последовательного корректирующего устройства проводится методом ЛАХ по разомкнутой передаточной функции канала с целью задания желаемых запасов по фазе и амплитуде [2, с. 168].

На рис. 6 отображены частотные характеристики этого канала до (зеленая линия) и после (синяя линия) введения динамики приводов и датчиков. Из графика можно увидеть, что до введения инерционности частота среза равнялась 56 рад/с.

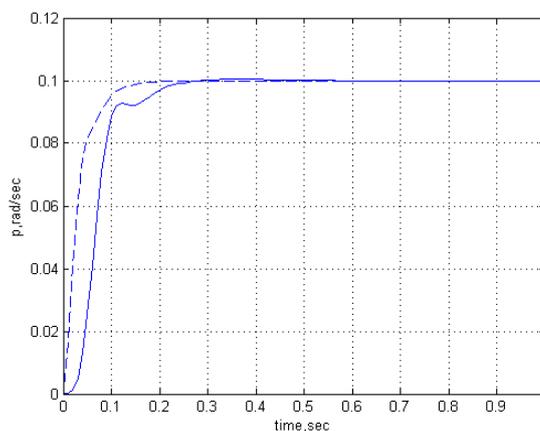


**Рисунок 6. Частотные характеристики канала до и после введения запаздывания, а также построение ЛАХ желаемой системы**

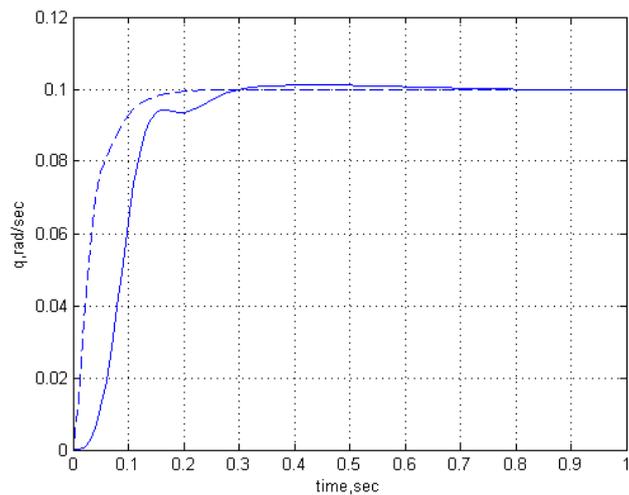
Также на этом рисунке изображена построенная ЛАХ желаемой системы (оранжевая линия), с помощью которой была получена передаточная функция коррекции:

$$W_k(z) = \frac{114.46(z + 0.57)(z - 0.71)(z - 0.86)(z - 0.90)}{z^2(z + 0.30)(z + 0.23)}.$$

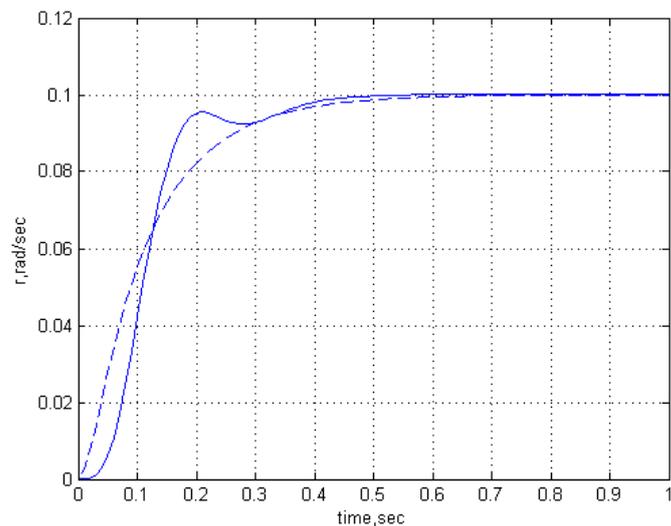
Реакция скорректированной системы на скачок представлена на рис. 7—10, где пунктирной линией отмечены процессы до введения инерционности приводов и датчиков.



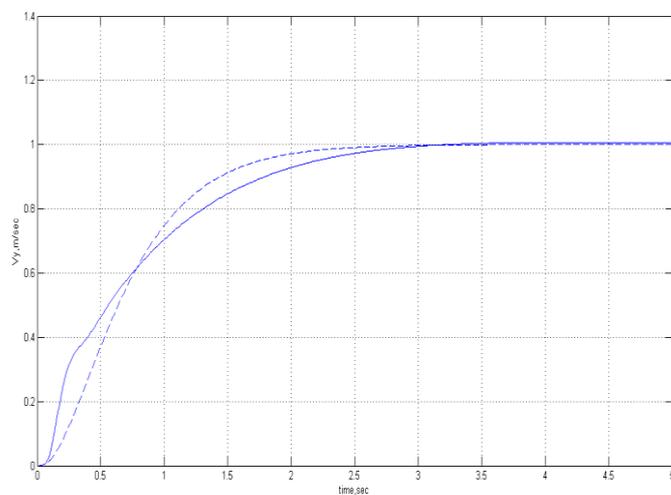
**Рисунок 7. Реакция угл. скорости крена на скачок 0.1 рад/сек.**



**Рисунок 8. Реакция угл. скорости тангажа на скачок 0.1 рад/сек.**



**Рисунок 9. Реакция угл. скорости курса на скачок 0.1 рад/сек.**



**Рисунок 10. Реакция верт. Скорости на скачок 1 м/с.**

Работоспособность синтезированной системы управления также подтверждена моделированием режимов полета вертолета пируэт, разгон-торможение по спецификации ADS-33 [3], а также при исследовании законов управления на лабораторном вертолетном стенде.

### **Выводы**

С помощью предлагаемого подхода разработаны 3 регулятора с разделением быстрой и медленной динамики вертолета Ансат: регулятор угловых скоростей, регулятор углового положения и навигационный регулятор. При разработке закона управления использовалась модель управляющих моментов вертолета. Во внешнем контуре навигационного управления была применена методика ИНДИ только для управления вертикальной скоростью, а для продольной и поперечной скорости использовалась методика АДИ.

Результаты моделирования с найденными законами управления показали высокую производительность внутреннего контура и управления вертикальной скоростью, а также хорошее качество процессов управления при наличии возмущений и неопределенностей.

Достоинством разработанного регулятора является высокая производительность и хорошая робастность к возмущениям и неопределенностям. Для синтеза управления не требуется полной информации о модели вертолета, что позволяет существенно сократить время для настройки алгоритмов управления.

Работа поддержана грантом Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований по постановлению Правительства 220 по договору от 30 декабря 2010 г. № 11.G34.31.0038.

### **Список литературы:**

1. Гаркушенко В.И., Безбрызгов М.В., Баракос Д. Синтез корректирующего закона управления для повышения качества стабилизации вертолета // Изв. вузов. Авиационная техника. 2012. № 3.
2. Гаркушенко В.И., Дегтярев Г.Л. Теория автоматического управления, учебное пособие. Казань, 2010.

3. Aeronautical design standard performance specification: handling qualities requirements for military rotorcraft — 2000 — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.everyspec.com/ARMY/ADS-Aero-Design-Std/ADS-33E-PRF\\_3614/](http://www.everyspec.com/ARMY/ADS-Aero-Design-Std/ADS-33E-PRF_3614/) (дата обращения 27.10.2013).
4. Simplicio P., Pavel M.D., Kampen E., Chu Q.P. An acceleration measurements-based approach for helicopter nonlinear flight control using Incremental Nonlinear Dynamic Inversion // Control Engineering Practice, № 21, 2013.

# СЕКЦИЯ 5.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

### УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСКОРЕНИЙ

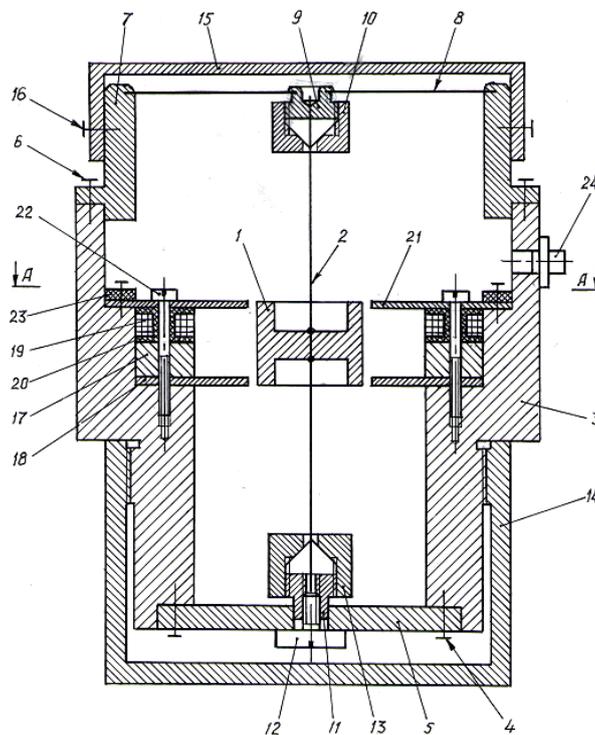
*Башкирова Ирина Алексеевна*

*студент 3 курса, кафедра технико-технологических дисциплин ВлГУ,  
РФ, г. Владимир  
E-mail: [ttd.tef@vlsu.ru](mailto:ttd.tef@vlsu.ru)*

*Шарыгин Лев Николаевич*

*научный руководитель, канд. тех. наук, профессор ВлГУ,  
РФ, г. Владимир*

Для измерения ускорений используют инерционный груз, сопряженный с упругим элементом. В качестве упругого элемента применяют плоские пружины [2], винтовые пружины [1], упругие балки [4]. Преобразование смещения груза осуществляют оптически [2, 4], индуктивным [1] или индукционным [3] преобразованием.



**Рисунок 1. Осевой разрез датчика**

Однако известные устройства измеряют величину ускорения только в фиксированном направлении. При исследовании сложных объектов в различных режимах направление ускорения может меняться, поэтому возникает задача определения направления действия ускорения.

Предлагаем основные технические решения, реализующие поставленную задачу.

Устройство для измерения импульсных ускорений состоит из двух блоков — датчика и электронного блока.

Датчик содержит чувствительный элемент (первичный преобразователь) в виде груза 1 цилиндрической формы из магнитопроводного материала, который закреплен зачеканкой в средней части натянутой стальной проволоки круглого сечения — растяжки 2. Монтажной основой датчика является корпус 3 цилиндрической формы, к которому снизу (здесь и далее ориентация чертежа) винтами 4 прикручена пластина 5, а сверху также винтами 6 втулка 7, к которой методом закатки по контуру прикреплен мембрана 8, выполняющая функцию пружины для реализации усилия натяжения растяжки. Крепление концов растяжки цанговое. Верхняя цанга 9 развальцовкой закреплена в центральном отверстии мембраны и имеет гайку 10. Нижняя цанга 11 в нижней части имеет хвостовик квадратного сечения, который входит в аналогичное отверстие пластины 5. Нижняя цанга имеет резьбовое отверстие для натяжного винта 12. Пря этой цанге имеется зажимная гайка 13. Предусмотрена гайка 14, блокирующая нарушение исходной настройки натяжения растяжки винтом 12. Сверху мембрана закрыта крышкой 15. На верхней лицевой плоскости крышки изображен стилизованный круг, по которому в кружках проставлены номера катушек вторичного преобразователя от 1 до  $n$ . Крышка крепится винтами 16 в однозначном положении, чтобы радиальные направления на одноименные катушки и номера на крышке совпадали.

Вторичное преобразование датчика индукционного типа. Имеется кольцевой постоянный магнит осевой намагниченности 17, снизу которого размещен шайбообразный магнитопровод 18, а сверху —  $n$  электрических

катушек 9, намотанных на каркасах 20, и  $n$  магнитопроводов 21 лепестковой формы. Перечисленные элементы присоединены к корпусу немагнитопроводными (латунь) винтами 22. Электрические выводы катушек с применением кольцевой кроссплаты 23 подключены к разъему 24. В результате в этой конструкции в исходном состоянии образуется  $n$  одинаковых магнитных потоков.

При смещении груза перпендикулярно оси растяжки изменится магнитное сопротивление зазоров, что приведет к изменению магнитных потоков  $\Phi$ . В соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея это приводит к появлению в катушках 16 ЭДС

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}. \quad (1)$$

Пренебрегая малым по отношению к зазору магнитным сопротивлением магнитопроводов ( $\mu \gg \mu_0$ ) магнитный поток для одного вторичного преобразователя равен

$$\Phi = \frac{B_r \mu_0 S^2}{l}, \quad (2)$$

где:  $B_r$  — индукция остаточного намагничивания магнита 14;

$S$  — сечение зазора;

$l$  — длина зазора;

$\mu_0$  — магнитная проницаемость вакуума. По магнитным свойствам воздух близок к вакууму.

Величина зазора пропорциональна ускорению  $a$  и боковой жесткости  $C$  растяжки

$$l = M \cdot a \cdot C \quad (3)$$

где:  $M$  — масса груза 1.

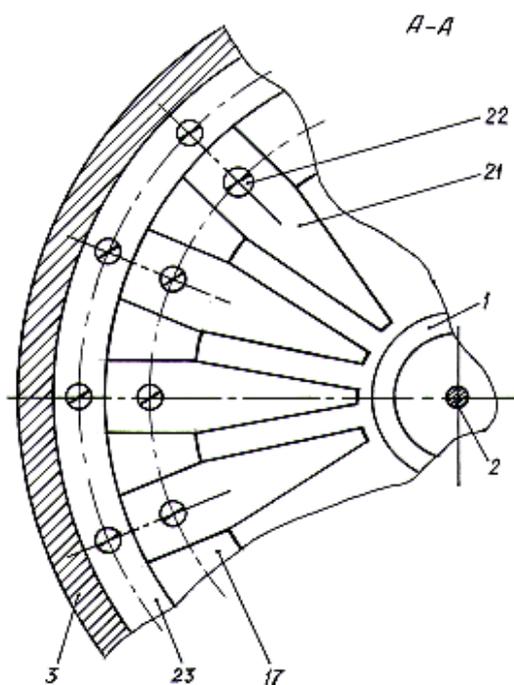
Заменим постоянные параметры в формулах (2),(3) обобщенным коэффициентом  $K$ , получим

$$\frac{d\Phi}{dt} = -K \frac{dl}{dt}. \quad (4)$$

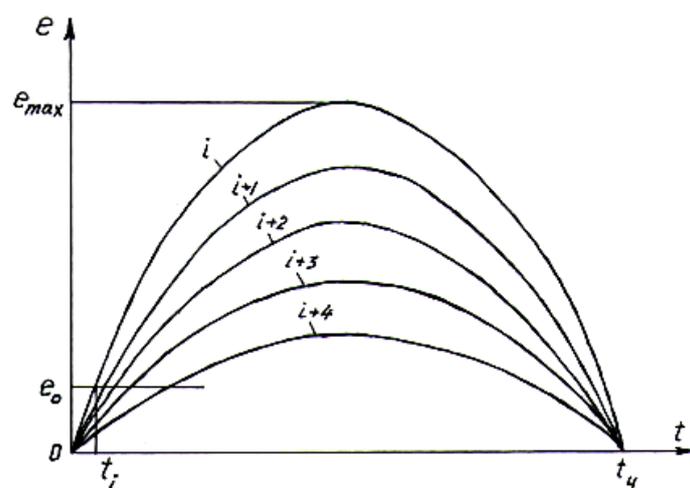
В соответствии с формулой (4) при импульсном ускорении смещение груза 1 приводит к появлению в катушках ЭДС  $e$  по форме близкой к фиг.3. В момент времени  $t_y$  инерционная сила  $F=m \cdot a$  будет уравновешена растяжкой и груз

$$M \cdot a = Cl \quad (5)$$

остановится. Поскольку в это время импульс ускорения заканчивается, то начинается с  $t_y$  груз будет смещаться под действием упругости деформированной растяжки обратно к положению равновесия. Далее будем наблюдать затухающие колебания груза, а на катушках — затухающую синусоиду ЭДС (на рис.3 не показано).



**Рисунок 2. Разрез A-A по рис. 1**



**Рисунок 3. Эпюры ЭДС электрических катушек вторичного преобразователя**

Принцип работы электронного блока основан на том, что амплитуда и крутизна фронта положительного импульса ЭДС будут тем больше, чем быстрее уменьшается магнитный зазор. Пусть направление измеряемого ускорения направлено радиально по  $i$ -ому магнитопроводу 21. Тогда эпюре ЭДС  $i$ -ой катушки 19 будет соответствовать верхняя кривая на рис. 3. На части других катушек, в цепи которых магнитные зазоры также уменьшаются, амплитуды и крутизны импульсов ЭДС будут меньше. На другой части катушек, в цепи которых магнитные зазоры увеличиваются, ЭДС будет иметь обратный знак. Задав определенный пороговый уровень  $e_0$  по рис. 3 видим, что первой по времени появится ЭДС  $i$ -й катушки.

Функциональную схему электронного блока составляют  $n$  ограничителей уровня 25 ЭДС катушек 19 датчика. Выходы ограничителей подключены к установочным входам входных RS триггеров 26, вторые входы которых образуют шину сброса, управляемую кнопкой 27. Прямые выходы RS триггеров являются входами  $n$ -входового логического элемента ИЛИ 28, выход которого соединен с измерителем амплитуды 29, имеющем  $m$  выходов. Каждый из выходов измерителя амплитуды через вторые RS триггеры 30 соединен со входами шифратора 31, а выход последнего подключен к цифровому табло индикатора 32. Индикатор кроме цифрового табло содержит изображение круга по типу как на крышке 15 датчика с номерами и светодиодами 33. Светодиоды

управляются соответствующими выходами RS триггеров 26. Имеется общий блок питания 34. В конкретной реализации электронного блока может оказаться, что светодиоды 33 индикатора 32 требуют другого уровня питания, чем основные микросхемы  $U_m$ , тогда следует в цепь управления светодиодами включить  $n$  электронных ключей 35 и повысить напряжение питания до уровня  $U_u$ . Аналогично для согласования амплитуды ЭДС датчика с уровнем питания измерителя амплитуды 29 следует включить в функциональную схему электронного блока электронный ключ 36, на выходе которого вместо уровня логической единицы  $U_m$  будет уровень  $U_0$  источника питания. Измеритель амплитуды предназначен для выявления максимального (амплитудного) значения измеряемого импульсного ускорения. Имеется делитель  $R_1 \dots R_m$  из одинаковых резисторов. Опорное напряжение питания делителя выбирают из условия  $U_0 \gg e_{max}$ , где  $e_{max}$  — максимально возможная ЭДС одной из катушек 19 датчика на верхнем пределе диапазона измерения  $a_{max}$  рассматриваемого устройства. Число резисторов делителя  $m$  определяет шаг дискретности  $\Delta U = U_0/m$  выходного сигнала. Имеется  $m$  компараторов 29<sup>a</sup>. В соответствии с функцией компаратора на его выходе появятся логическая единица при условии  $U_{i+1} < e_{max} < U_i$ , где  $U_{i+1}$  и  $U_i$  соответственно потенциалы относительно общей шины на резисторах  $R_{i+1}$  и  $R_i$ .

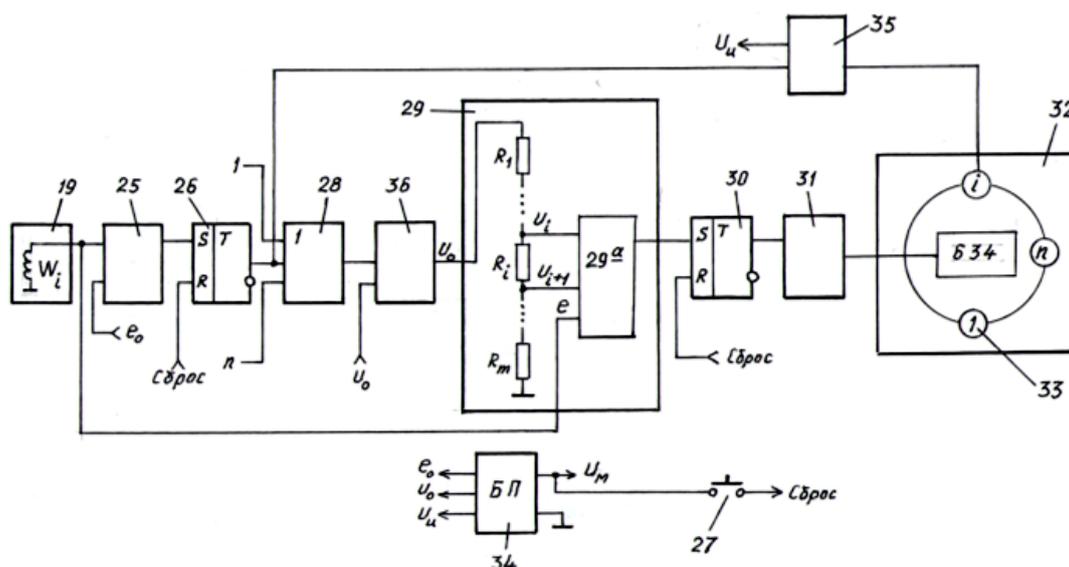
Шифратор 31 электронного блока формирует из логической единицы с выходов RS триггеров 30 цифровой позиционный код для цифрового табло индикатора в соответствии с используемой микросхемой. Например, пусть логической единице на выходе  $i$ -го триггера 30 соответствует значение амплитуды ускорения  $634 \text{ м/с}^2$ .

Работает устройство для измерения импульсных ускорений следующим образом. Устанавливают на объекте исследования датчик устройства таким образом, чтобы неизвестное по амплитуде и направлению ускорение было в плоскости перпендикулярной оси датчика, т. е. в плоскости перпендикулярной растяжке. Измеряемое при этом ускорение смещает груз 1, при этом будут изменяться зазоры между грузом, шайбообразным

магнитопроводом 18 и лепестковыми магнитопроводами 21. Изменение зазоров приведет к изменению магнитных потоков постоянного магнита 17, пронизывающих витки электрических катушек 19. В катушках будет индуцироваться ЭДС в соответствии с формулой (1). На части катушек, где зазор уменьшается, ЭДС будет иметь положительный знак, на другой части отрицательный. Максимальный по амплитуде положительный импульс появится на той катушке, при которой зазор уменьшается наиболее быстро. Это радиальное направление и будет направлением действия измеряемого ускорения. Данному импульсу ЭДС соответствует и наибольшая крутизна переднего фронта, следовательно, на некотором уровне  $e_0$  по времени он будет первым — см. рис. 3.

Ограничитель уровня 25 выделит номер этого импульса (номер катушки), а триггер 26 запомнит этот номер. Одновременно все положительные импульсы катушек через разделительные диоды (на фиг.4 не показаны, т.к. могут входить в состав компаратора 29<sup>a</sup>) поступают на вход измерителя амплитуды 29, точнее на его компаратор. При этом полагаем, что используется положительная логика, т.е. напряжение питания микросхем плюсом. Измеритель амплитуды 29 выделит максимальный уровень амплитуды с принятой дискретностью, определяемой количеством  $m$  резисторов его делителя. Этот уровень будет зафиксирован соответствующим триггером 30. Шифратор 31 данного триггера противопоставляет его номеру (от 1 до  $m$ ) цифровой десятичный код, который отражается на цифровом табло индикатора 32.

Как было отмечено выше, направление действия измеряемого импульса ускорения зафиксировано одним из входных триггеров 26. Потенциал прямого выхода сработавшего входного триггера обеспечит высвечивание этого номера светодиода 33 индикатора 32. Поскольку стилизованный круг с номерами катушек на крышке 15 датчика соответствует номерам светодиодов 33 индикатора 32, то оператор по этому кругу определяет направление измеряемого импульса ускорения.



**Рисунок 4. Функциональная схема электронного блока**

Таким образом, предлагаемое устройство для измерения импульсных ускорений позволяет определить амплитуду и направление ускорения объекта исследований.

### Список литературы:

1. Датчик ускорения. Патент RU2247992C2, МПК G01P 15/02. Оpubл. 10.03.2005.
2. Датчик абсолютных колебаний. Патент RU2063000, МПК G01H 9/00. Оpubл. 27.06.1996.
3. Преобразователь инерциальной информации. Патент RU2199755C1, МПК G01P 15/13, 9/02. Оpubл. 27.02.2003.
4. Устройство для измерения виброускорений. Патент RU2454645C1, МПК G01M 7/02; G01P 15/093. Оpubл. 27.06.2012.

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ

*Главчев Михаил Дмитриевич*

*студент 1 курса, кафедра технико-технологических дисциплин ВлГУ,  
РФ, г. Владимир  
E-mail [ttd.tef@vlsu.ru](mailto:ttd.tef@vlsu.ru)*

*Шарыгин Лев Николаевич*

*научный руководитель, канд. техн. наук, профессор ВлГУ,  
РФ, г. Владимир*

На этапе финальных операций по отработке и юстировке многих технических устройств возникает задача измерения скорости движения элемента машины на линейном участке его траектории.

Известные устройства используют различные первичные преобразователи. В датчике скорости [4] применен емкостной элемент. В датчике скорости [3] используется элемент Холла. Наибольшее применение получили первичные преобразователи магнитоэлектрического типа [1, 2, 5], чаще всего с многополюсными магнитами. Основным недостатком конструкции известных датчиков является низкая технологичность, которая обусловлена сложностью магнитных цепей. Кроме того, обычно преобразование сигнала в датчике организовано в аналоговой форме, что снижает точность измерения.

Предлагаем основные технические решения по созданию измерителя линейной скорости, в которых учтены недостатки известных устройств — рис. 1—3. Измеритель линейной скорости составлен из датчика (рис. 1) и электронного блока (рис. 2).

Основу датчика составляет магнитная цепь из П-образного магнитопровода 1 и постоянного магнита 2. На крайних участках магнитопровода размещены две одинаковые электрические катушки 3 и 4. На подвижном элементе исследуемого устройства закрепляют магнитопроводную полосу 5. Обычно полосу 5 выполняют гибкой и крепят на подвижном элементе исследуемого устройства с помощью клея. Для эффективной работы датчика длина полосы должна превышать расстояние между крайними участками магнитопровода и постоянного магнита.

Рассмотрим движение полоски слева направо по стрелке  $V_+$ . В исходном положении выделим два участка распространения магнитного потока  $\Phi$  — участок магнитопровода длиной  $l_m$  и участок зазора длиной  $l_3$ . Магнитные сопротивления этих участков

$$R_M = \frac{l_m}{\mu_a S_m} \text{ и } R_3 = \frac{l_3}{\mu_0 S_3}, \quad (1)$$

где:  $S_m, S_3$  — сечения участков;

$$\mu_a = \mu_0 \mu;$$

$\mu$  — относительная магнитная проницаемость материала магнитопровода

$\mu_0$  — магнитная проницаемость вакуума. Это значение принимают для воздуха.

Учитывая, что  $\mu \gg \mu_0$  можно пренебречь магнитным сопротивлением магнитопровода, тогда магнитный поток, пронизывающий катушку составит

$$\Phi \approx \frac{B_r \mu_0 S_3}{l_3}, \quad (2)$$

где:  $B_r$  — индукция остаточного намагничивания постоянного магнита 2.

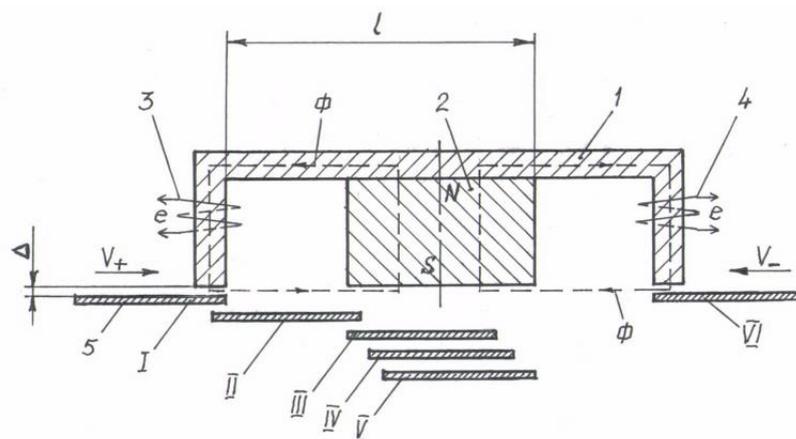
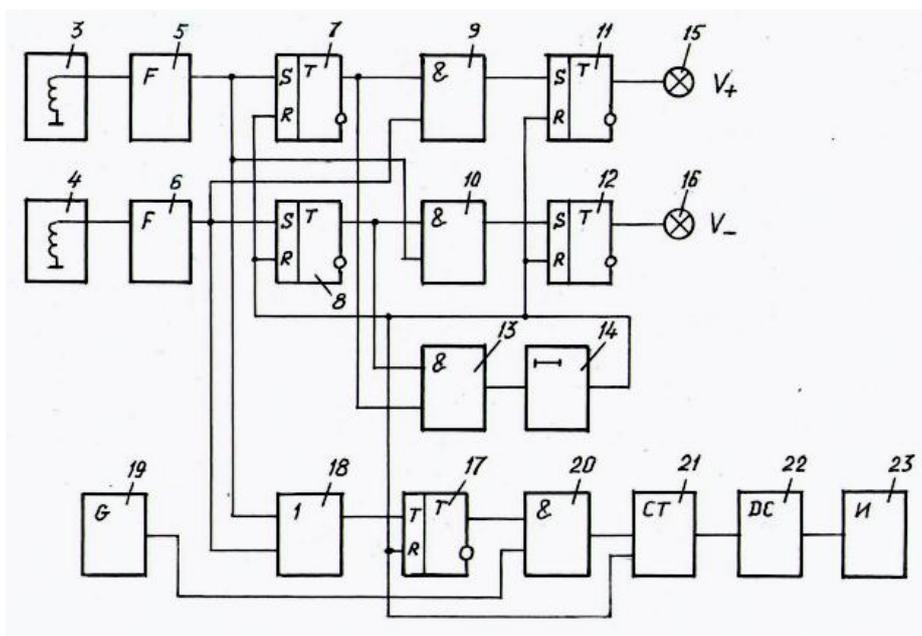


Рисунок 1.

Начиная с положения I полоски начинает уменьшаться  $l_3$ , что приводит к росту магнитного потока  $\Phi$ . В положении II  $l_3=2\Delta$ . Следует обратить внимание, что полоска движется по прямой линии, сохраняя исходную настройку  $\Delta$ , а на рис. 1 для наглядности отдельные положения смещены. После прохождения положения II  $l_3$  будет увеличиваться, что обеспечит уменьшение магнитного потока  $\Phi$ . В положении III он примет исходное значение. Таким образом, за время движения полоски от положения I до положения III в обмотке катушки 3 индуцируется импульсная ЭДС

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \approx B_r \mu_0 S_3 \frac{dl_3}{dt}. \quad (3)$$

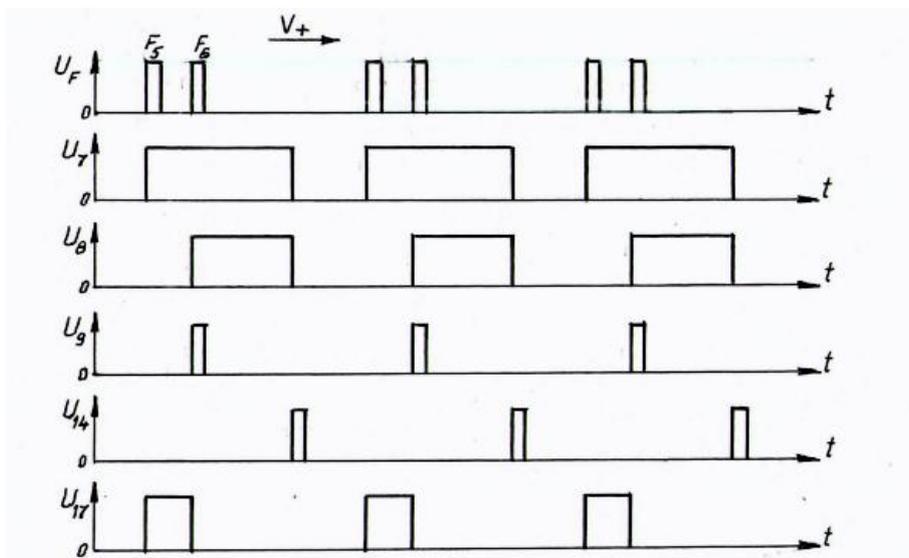
Начиная с положения III полоски до положения V оба магнитных потока системы равны исходным значениям. Далее процесс повторяется на втором зазоре — положения V и VI, где снова, теперь уже на катушке 4 индуцируется импульсная ЭДС. Следовательно при прохождении полоской от положения I до положения VI будет наведено два разнесенных по времени импульса ЭДС — сначала на катушке 3 затем на катушке 4.



**Рисунок 2. Функциональная схема электронного блока**

Обратимся к устройству электронного блока — рис. 2. Крутизна фронтов импульсной ЭДС невелика (определяется скоростью изменения  $I_3$ ), поэтому предварительно необходимо формирователями 6, 7 привести форму импульсов к типовой, то есть прямоугольной. Схемотехнически формирователи могут быть построены по схеме усилителя-ограничителя или схеме триггера Шмидта. Задачей электронного блока является получение цифрового и аналогового значений скорости, а также направления (знака) движения измеряемого элемента объекта исследований.

Рассмотрим сначала цепь формирования знака скорости. Имеются два RS-триггера 7, 8, которые устанавливаются в единичное состояние импульсами формирователей 5, 6. Выделение импульса знака скорости осуществляется конъюнкторами 9, 10, а длительность свечения индикаторов знака (светодиодов) — RS-триггерами 11, 12. Импульс сброса триггеров формируется из выходных потенциалов триггеров 7, 8 конъюнктом 13 и сдвигается во времени линией задержки 14. Работу этой цепи удобно проследить по эюграмм напряжений рис. 3. Если полоска 5 (см. рис. 1) движется со скоростью  $V_+$  то формирователи дают эюграмму  $U_F$ . Импульс формирователя 5 (значит импульс катушки 3) устанавливает в единичное состояние триггер 7, соответственно импульс  $F_6$  — триггер 8. Эюграммы напряжений на выходе триггеров 7, 8 —  $U_7, U_8$ . Импульс  $F_6$  появится на выходе конъюнктора 9 тогда, когда предварительно сработает триггер 7 от импульса  $F_5$ , лишь потом появится импульс от  $F_6$ . Импульс на выходе конъюнктора 9 опрокинет триггер 11, который обеспечит время свечения индикатора  $V_+$ . При скорости  $V_-$  ситуация будет обратная — сначала сработает конъюнктор 10 и триггер 12. В процессе измерения будет наблюдаться мерцание соответствующего индикатора 15 или 16 знака скорости.



**Рисунок 3. Эпюры напряжений на элементах функциональной схемы**

Цепь измерения величины скорости цифровая. Измерение скорости основано на измерении времени движения полоски на фиксированной датчиком базовой длине  $l$ , равной расстоянию между положениями I и V полоски, т. е.

$$V = \frac{l}{t_l}, \quad (4)$$

где:  $t_l$  — время движения полоски на базовой длине.

Заметим, что время  $t_l$  соответствует временному расстоянию между передними фронтами импульсов формирователей 6, 7. Это значит, что длина полоски не влияет на формирование измеряемого интервала  $t_l$ . Этот интервал формируется счетным триггером 17, а управление триггером осуществляется через дизъюнктор 18 импульсами формирователей 6, 7. Необходимо подчеркнуть, что очередность поступления управляющих импульсов не имеет значения, следовательно не имеет значения и знак скорости ( $V_+$  или  $V_-$ ). Длительность временного интервала  $t_l$  на выходе счетного триггера 17 измеряется с помощью импульсов генератора опорной частоты 19, которые за интервал  $t_l$  через конъюнктор 20 заполняют счетчик 21. Записанное в счетчик количество импульсов переводится в десятичный код дешифратором 22

и отражается на индикаторе 23. Состояние счетчика 21 обнуляется по общей шине сброса.

Таким образом в предлагаемом измерители скорости датчик имеет предельно простую конструкцию, электронный блок построен на типовых элементах электроники, что позволяет минимизировать себестоимость изделия.

### **Список литературы:**

1. Датчик измерения скорости. Патент RU28255U1, МПК G01P 3/48.Опубл.10.03.2003.
2. Датчик измерения скорости. Патент RU25601U1, МПК G01P 3/48.Опубл.10.10.2002.
3. Датчик скорости. Патент RU10262U1, МПК G01F 3/44.Опубл.16.06.1999.
4. Датчик скорости. Заявка на изобретение RU2001104617А, МПК G01P 3/50.Опубл.10.04.2003.
5. Соломатин В.И. Бесконтактные измерители линейных и угловых скоростей. М.: энергия, 1974. — 530 с.

## УСТАНОВКА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

**Капанова Евгения Николаевна**

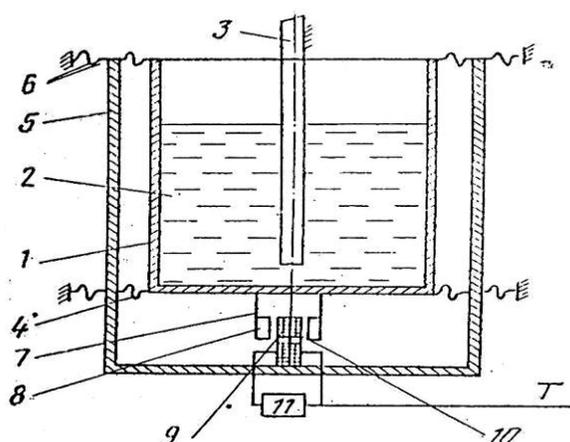
студент 3 курса, кафедра технико-технологических дисциплин ВлГУ,  
РФ, г. Владимир  
E-mail: [ttd.tef@vlsu.ru](mailto:ttd.tef@vlsu.ru)

**Шарыгин Лев Николаевич**

научный руководитель, канд. техн. наук, профессор ВлГУ,  
РФ, г. Владимир

Известны ряд способов и устройств для смешивания жидкостей. По способу [4] смешивание происходит в вертикальной трубе посредством шнека. Для случая смешивания основной жидкости с малым количеством добавок используют конструкцию с изогнутыми продольными каналами [3]. Наиболее универсальным является устройство для получения дозированных смесей [5]. Во всех этих устройствах дозирование ведется по объему жидкости.

Вместе с тем, часто возникает задача дозирования по массе жидкости. В этом случае представляет интерес вибрационно-частотный метод [1, 2]. Возьмем конструктивную схему рис. 1.



**Рисунок 1. Конструктивная схема смесителя**

Имеется емкость для смешивания 1, которая упругими звеньями 4 соединена с основанием 5. Основание имеет упругую развязку с корпусом за счет пружин (виброопор) 6. Емкость 1 совершает автоколебания

в вертикальной плоскости за счет магнитоэлектрического привода, составленного из магнитопровода 7 на днище емкости, двух постоянных магнитов 8 осевой намагниченности, катушки 9, закрепленной на основании 5 и схемы формирования импульсов привода 11. При незаполненной емкости период колебаний равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{c}}, \quad (1)$$

где:  $m_0$  — масса емкости 1,

$c$  — жесткость пружин 4.

Если залить в емкость жидкость массой  $m_{ж}$ , то период колебаний составит

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 + m_{ж}}{c}}. \quad (2)$$

Процедуру приготовления смеси можно организовать по-разному. Например, в лабораторных условиях, заливая в емкость 1 исходную жидкость, по периоду колебаний (2) фиксировать ее массу  $m_{ж1}$ , затем по трубке 3 добавлять второй компонент и снова по периоду фиксировать массу  $m_{ж2}$  второго компонента.

Эффективность перемешивания будет определяться амплитудой и частотой колебаний емкости - чем больше амплитуда, тем выше эффективность перемешивания компонентов смеси. Но увеличение амплитуды приведет к появлению поверхностной волны и, в конечном счете, к отрыву капли жидкости от поверхности.

При движении емкости вверх, после прохождения положения статического равновесия, жидкость будет испытывать действие гидравлического удара. Нижние слои жидкости вследствие изменения скорости колебания будут сжиматься остальной массой жидкости.

Это вызовет повышение давления в жидкости, величина которого [1] может быть записана

$$\Delta P = \rho_{ж} v_3 v, \quad (3)$$

где:  $\Delta P$  — приращение давления,

$\rho_{ж}$  — плотность жидкости,

$v_3$  — скорость распространения звука в жидкости,

$v$  — начальное значение скорости.

Скорость распространения звука  $v_3$  определяется показателем сжимаемости жидкости  $\chi$

$$v_3 = \sqrt{\frac{1}{\chi \cdot \rho_{ж}}}. \quad (4)$$

Начальное значение скорости в положении статического равновесия

$$v = A \cdot \omega, \quad (5)$$

где:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  — циклическая частота колебаний,

$A$  — амплитуда колебаний.

Подставляя выражения (4), (5) в уравнение (3) и учитывая, что скорость за время действия гидравлического удара изменяется от 0 до  $A\omega$  получим

$$\Delta P = A\omega \sqrt{\frac{\rho_{ж}}{\chi}}. \quad (6)$$

Жидкость обладает ничтожной сжимаемостью. Изменение объема при изменении давления равно

$$\Delta U = \Delta P \chi V . \quad (7)$$

Так как объем жидкости

$$U = \frac{m_{жс}}{\rho_{жс}} , \quad (8)$$

то

$$\Delta U = \Delta P \chi \frac{m_{жс}}{\rho_{жс}} . \quad (9)$$

Подставим в уравнение (7) выражение (6) получим

$$\Delta U = m_{жс} A \omega \sqrt{\frac{\chi}{\rho_{жс}}} . \quad (10)$$

Умножая обе части уравнения (10) на  $\Delta P$  и учитывая, что выражение  $\Delta U \cdot \Delta P$  является энергией удара, получим

$$E = A \omega^2 m_{жс} . \quad (11)$$

При движении жидкости вверх после прохождения положения статического равновесия его скорость будет падать до нуля, а жидкость по инерции будет продолжать двигаться вверх за счет накопленной кинетической энергии, величина которой равна

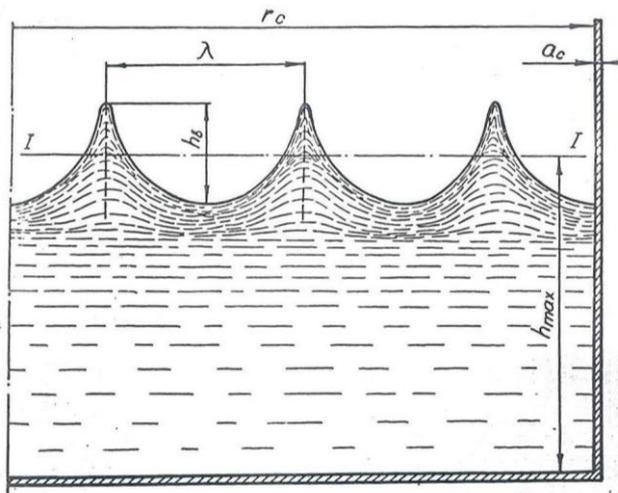
$$E_{жс} = \frac{m_{жс} A^2 \omega^2}{2} . \quad (12)$$

Кинетическая энергия жидкости и энергия гидравлического удара будут расходоваться на энергию волны жидкости и на преодоление поверхностного натяжения ее верхнего слоя. Таким образом

$$E + E_{жс} = E_n + E_в , \quad (13)$$

где:  $E_n$  — поверхностная энергия (поверхностное натяжение),

$E_в$  — энергия волны.



**Рисунок 2. Поведение жидкости при колебаниях емкости**

На рис. 2. показано поведение жидкости в процессе колебаний. Линия I—I отражает уровень покоя, т. е. свободную поверхность жидкости. Кривая волновой поверхности жидкости имеет вид тороиды (укороченной циклоиды).

Опуская промежуточные выкладки, в конечном итоге получим для амплитуды колебаний

$$A = \frac{6\pi g \sigma}{\rho_{жс} \omega^4 h^3} , \quad (14)$$

где:  $h$  — высота волны,

$\sigma$  — коэффициент поверхностного натяжения,

$g$  — ускорение силы тяжести.

Таким образом, при проектировании смесителя необходимо учитывать появление поверхностных волн жидкости и согласовывать циклическую частоту колебаний емкости  $\omega$  и амплитуду колебаний  $A$ , пользуясь формулой (14).

### **Список литературы:**

1. О взвешивании жидкости вибрационно- частотным методом / Е.А. Оленев, Л.Н. Шарыгин, Ю.А. Медведев. Деп. ВИНТИ № 3657-В84 Деп, 1990. — 7 с.
2. Погрешность измерения массы вибрационно-частотными датчиками / Е.А. Оленев, Л.Н. Шарыгин, Ю.А. Медведев. Деп. ВИНТИ № 500-В86 Деп, 1990. — 8 с.
3. Смеситель жидкостей. Патент RU 2250799, МПК В01F 3/08. Оpubл. 27.04.2005.
4. Способ смешения жидкостей. Патент RU 2179065, МПК В01F 3/08. Оpubл. 10.02.2002.
5. Устройство для получения дозированных смесей. Патент RU 2033854, МПК В01F 5/00. Оpubл. 30.04.1995.

## ЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКА

*Смирнова Татьяна Валерьевна*

*студент 2 курса, кафедра технико-технологических дисциплин ВлГУ,  
РФ, г. Владимир  
E-mail: [ttd.tef@vlsu.ru](mailto:ttd.tef@vlsu.ru)*

*Шарыгин Лев Николаевич*

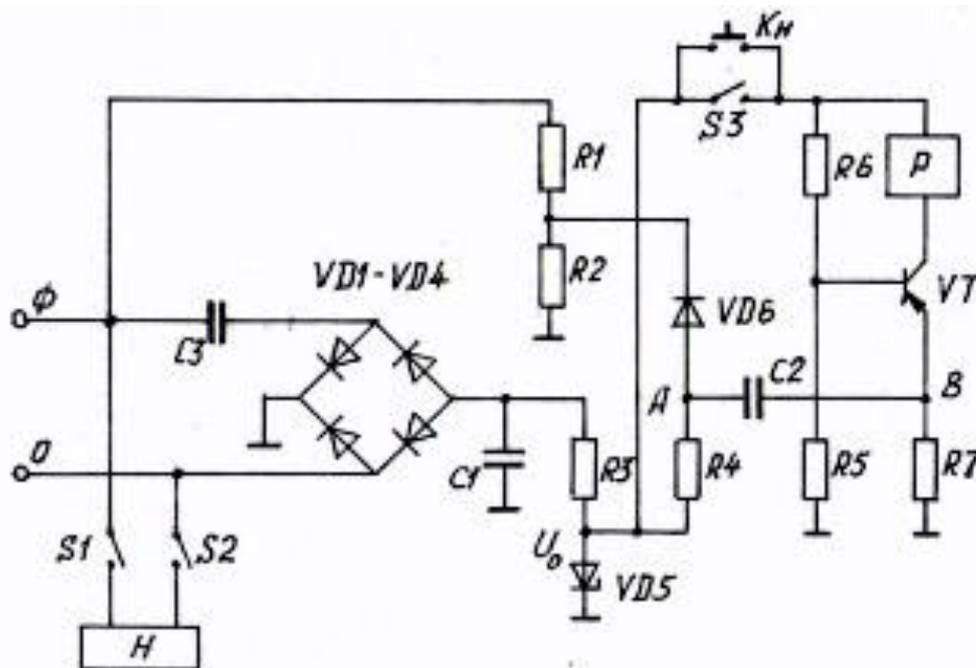
*научный руководитель, канд. техн. наук, профессор ВлГУ,  
РФ, г. Владимир*

Известен ряд устройств для анализа качества потребляемой энергии, в том числе содержащих блоки защиты потребителей от перегрузки по току или напряжению. Исходя из того, что защита потребителя от превышения параметров питания эффективнее по напряжению, чем по току, следует рассматривать конструкции, реализующие этот принцип. С позиций эффективности необходимо учесть влияние сложности на конечный результат. Обратимся к известным техническим решениям.

Статистический анализатор качества параметров электрической энергии [2] состоит из преобразователя входного сигнала в постоянное напряжение, многопредельного блока сравнения с  $n$  выходами,  $n$  каналов коммутаторов, блока управления, блока статистической обработки, причем выход преобразователя входного сигнала в постоянное напряжение соединен со входом многопредельного блока сравнения, выходы которого подсоединены к входам коммутаторов, другие входы которых соединены с выходом блока управления, выходы счетчиков подключены к входам блока статистической обработки. Устройство определения качества потребленных коммунальных услуг [3] дополняют предыдущее решение входные регистры и схема совпадения, шина данных, регистры памяти и микроконтроллер.

Устройство [1] содержит датчик тока, нагрузку, перемножитель тока на напряжение, преобразователь тока в частоту импульсов, трансформатор тока с двумя первичными обмотками и одной вторичной, выпрямитель, реле защиты, фазный и нулевой проводники.

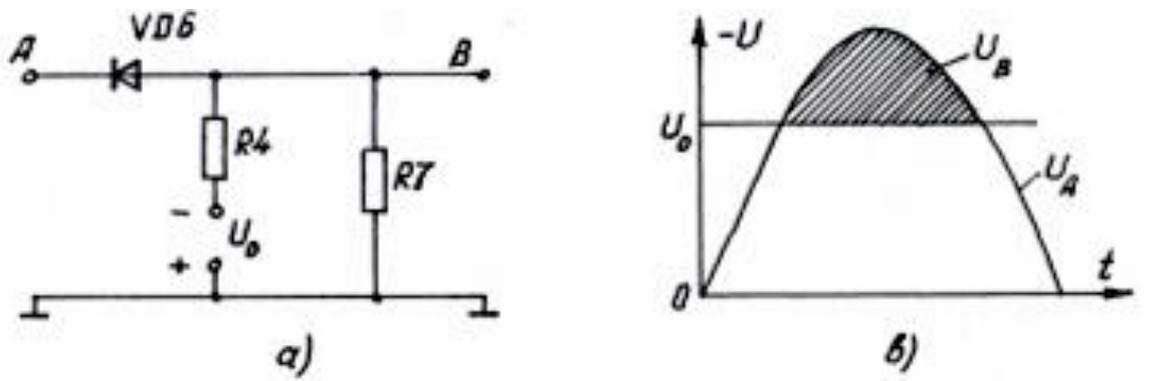
Как показывают краткие описания известных устройств, они достаточно сложны, предусматривают применение нетехнологичных специализированных трансформаторов.



**Рисунок 1. Электрическая принципиальная схема защитного устройства электросчетчика**

Предлагаем простое техническое решение устройства защиты потребителя электроэнергии от перегрузки по напряжению — см. рис. 1. В основе устройства лежит электромеханическое реле Р, обмотка которого включена в цепь коллектора электронного ключа на основе транзистора VT. Нормально разомкнутые контакты S1 и S2 находятся в цепи нагрузки (потребителя) Н, а третий нормально разомкнутый контакт S3 — в цепи самоблокирования реле. Сигнал управления на базу ключевого транзистора VT формируется из фазного напряжения сети уменьшенного делителем R1-R2 и постоянного опорного напряжения  $U_0$ . Опорное напряжение создается стабилитроном VD5, обратный ток которого устанавливается резистором R3. Питание стабилитрона обеспечивает диодный мост на выпрямительных диодах VD1-VD4. Для снижения пульсаций выпрямленного напряжения применен конденсатор

С1. Поскольку общее электропотребление устройства защиты мало — несколько миллиампер, — то возможно бестрансформаторное питание. Развязку с фазным напряжением обеспечивает конденсатор С3.

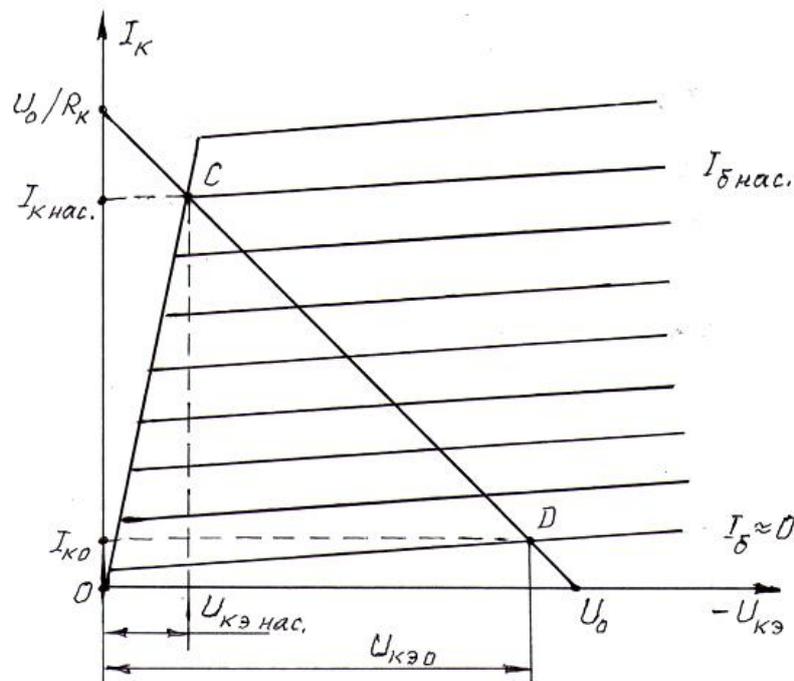


**Рисунок 2. Принцип получения управляющего сигнала**

Рассмотрим работу защитного устройства. В исходном состоянии транзистор VT открыт, поскольку базовый делитель R5-R6 задает ток базы транзистора не менее  $I_{\delta \text{ нас}}$ . На рис. 3 с участием выходных характеристик транзистора построена нагрузочная прямая, соединяющая на абсциссе (напряжение коллектор-эмиттер  $U_{кэ}$ ) точку напряжения питания каскада  $U_0$  и на ординате  $I_k$  точку предельного тока коллектора равную отношению напряжения питания каскада  $U_0$  к коллекторной нагрузке, т. е. к сопротивлению обмотки реле  $R_k$ . На рис. 3 исходному режиму насыщения соответствует точка С на нагрузочной прямой. При этом через обмотку реле Р протекает ток  $I_{к \text{ нас}}$ . Этот ток удерживает нормально разомкнутые контакты  $S_1-S_3$  в замкнутом состоянии, следовательно нагрузка Н подключена к напряжению сети. Заметим, что резистор R7 в эмиттерной цепи транзистора выполняет функцию сопротивления обратной связи каскада и обеспечивает стабильность режима в функции температуры. В исходном состоянии напряжение коллектор-эмиттер  $U_{кэ \text{ нас}}$  достаточно мало.

Рассмотренное состояние электронного ключа будет сохраняться до тех пор, пока амплитуда фазного напряжения сети (точка Ф по рис. 1) не превысит наперед заданного уровня. Принцип получения управляющего сигнала

иллюстрируется рис. 2, где выделен фрагмент схемы рис. 1. В точку А схемы каждый период фазного напряжения сети поступает отрицательная полуволна напряжения  $U_A$ . Амплитуда полуволны фазного напряжения уменьшена делителем  $R_1-R_2$ , а положительная полуволна отсекается выпрямительным диодом VD6. Происходит сравнение амплитуды фазного напряжения  $U_A$  с опорным напряжением  $U_0$ , которое обеспечивает стабилитрон VD5. Если напряжение  $U_A$  превысит опорный уровень  $U_0$ , то в точке В схемы появится разностный импульс  $U_B$ . Для наглядности на рис. 2-в этот импульс заштрихован. Подчеркнем, что сравнение происходит на отрицательных потенциалах.



**Рисунок 3. Нагрузочная характеристика электронного ключа**

Обратимся к электронному ключу. Выделенный отрицательный импульс  $U_B$  через разделительный конденсатор C2 поступает на эмиттер транзистора VT и понижает его потенциал по отношению к потенциалу общей шины, что эквивалентно повышению потенциала базы транзистора. Повышенный потенциала базы для транзистора проводимости p-n-p является запирающим, следовательно, так базы скачком уменьшается до уровня  $I_{б} \approx 0$  (см. рис. 3)

и транзистор на время рассматриваемого импульса  $U_B$  переходит из режима насыщения в режим отсечки — точка D на нагрузочной прямой, при этом ток коллектора транзистора принимает значение  $I_{ко}$ . Этот ток меньше тока удержания электромеханического реле P. Реле переключается и его контакты  $S_1—S_2$  отключают нагрузку H. Одновременно контактом  $S_3$  отключается цепь питания электронного ключа.

После устранения неисправностей в питающей сети защитное устройство включают нажатием кнопки Кн, которая подает питание на электронный ключ, и защитное устройство возвращается в исходное состояние.

Таким образом, предлагаемое защитное устройство предельно просто, не содержит сложных и дорогих комплектующих, не предусматривает особых затрат на обслуживание в процессе эксплуатации.

#### **Список литературы:**

1. Счетчик электрической энергии с защитным отключением. Патент RU2498322, МПК G01R 11/00. Оpubл. 10.11.2013.
2. Статистический анализатор качества параметров электрической энергии. Авт. свид. SU1223156, МПК G01R 21/00. Оpubл. 07.04.1986.
3. Устройство для определения качества коммунальных услуг. Патент RU2408892, МПК G01R 21/00. Оpubл. 10.01.2011.

## СЕКЦИЯ 6. МЕТАЛЛУРГИЯ

### ЛОКАЛЬНОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ОТЛИВОК

*Моисеенко Андрей Александрович*  
*студент 6 курса, кафедра МиТЛП ВолгГТУ,*  
*РФ, г. Волгоград*  
*E-mail: [dron13-13@mail.ru](mailto:dron13-13@mail.ru)*

*Гребнев Юрий Владимирович*  
*научный руководитель, доцент ВолгГТУ,*  
*РФ, г. Волгоград*

Наименее изучены и редко применяются в производстве литейные технологии получения композиционных материалов и заготовок. Это объясняется, сложностью и многообразием литейных технологий, большим количеством применяемых литейных сплавов. В тоже время композиционные, биметаллические отливки — это существенный резерв литейного производства, рычаг для резкого повышения конкурентоспособности отливок по сравнению с другими заготовками для машиностроения. Использование композиционных материалов позволяет успешно решать многие сложные технологические и конструктивные задачи, решение которых обычными способами литья затруднительно, а иногда и невозможно.

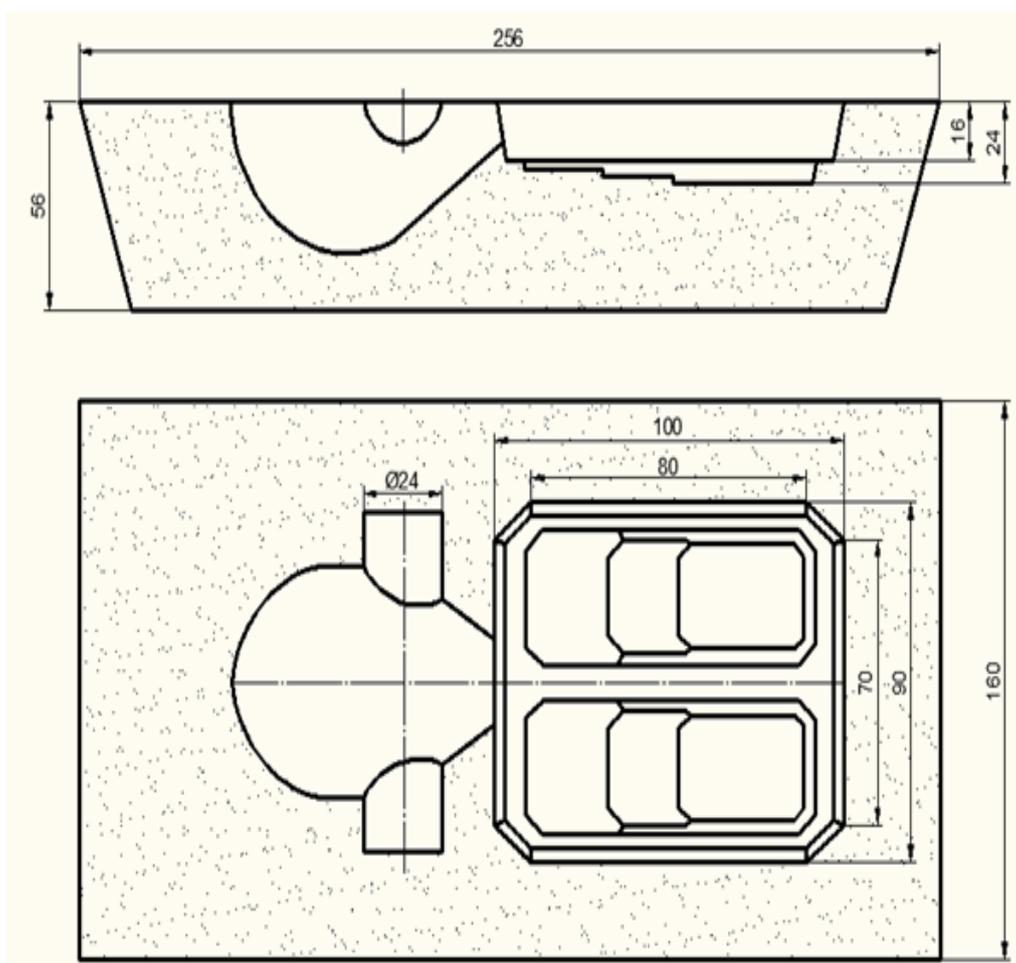
Упрочняющему поверхностному легированию подвергаются отливки из углеродистых, высокомарганцовистых, сложнолегированных сталей и чугуна. Наиболее распространённые отливки упрочнённые в литейной форме: звенья гусениц, зубья ковшей экскаватора, лапки культиватора, лемехи плуга.

В качестве основного металла композиционных отливок была выбрана литая конструкционная сталь 45Л. Выбор в качестве материала исследования именно этой стали обусловлен ее широким применением в машиностроении для ответственных деталей, работающих в условиях высоких контактных и знакопеременных нагрузок, а также абразивного износа.

Сталь 45Л обладает удовлетворительными литейными и механическими свойствами. Однако, ее абразивная износостойкость в закаленном состоянии относительно низкая.

В соответствии с представлениями о процессах наплавки износостойких слоев на поверхность отливки исследовали механизмы сплавления легирующих порошков различной фракции и разных химических составов. В качестве материалов для поверхностного легирования использовались смеси дробленых ферросплавов, наплавочных порошков для сварочных процессов, стружки легированной, флюсов и других материалов [1, 2].

Качество легирующих смесей: сплавляемость с основным металлом и склонность к размыву заливаемым в форму жидким металлом проверялась на специально разработанной пробе (рисунок 1).



**Рисунок 1. Стержневая проба для исследования качества поверхностного легирования отливок различными материалами**

Конструкция пробы позволяет одновременно испытывать два легирующих материала при различных толщинах засыпки материала в форму. Также конструкция формы позволяет исследовать качество легирующих стержневых красок.

Температура заливки проб на металлографические и технологические испытания составляла 1450—1500 °С и контролировалась оптическим пирометром и термопарами погружения ТПР30/6. Различия в температуре стали при заливке проб одной партии не превышали 5...10 °С.

Отлитые пробы и отливки для исследований износостойкости подвергались термической обработке по действующей технологии. Температура нормализации по рабочим термопарам составляла 880...920° С ±10 °С. Следует также отметить, что нормализация отливок не приводит к снижению твёрдости наплавленного слоя. Для разложения карбидов хрома и марганца при температурах нормализации (880—900 °С) не хватает времени выдержки ( $\tau \leq 1$  час).

Получение отливок из композиционных материалов с требуемыми свойствами возможно только достижением прочного соединения слоёв по всей поверхности контакта, сохраняющегося при всех последующих операциях механической и термической обработки, а также в условиях эксплуатации.

Критериями качества порошковых наплавочных композиций были выбраны следующие характеристики:

- склонность порошка к размыву потоком металла;
- процент усвоения жидким металлом порошка композиций;
- равномерность наплавочного слоя на поверхности образца;
- качество сплавления порошка с основным металлом (наличие дефектов в поверхностном слое наплавленного металла).

Образцы подвергались металлографическому исследованию, Задачей металлографических исследований было выявление дефектов в зоне сплавления основного металла отливки с наплавленным износостойким слоем и исследование структуры наплавленного слоя.

Исследование микрошлифов и изломов отливок проводили с помощью стереоскопического микроскопа MST-131 при увеличении 4х...100х. Выявление микроструктуры проводили путём травления в четырёхпроцентном спиртовом растворе азотной кислоты. В исследованиях использовались микроскопы МИМ-8, дающий увеличение 50х...500х. При измерении микротвёрдости структурных составляющих в зоне сплавления и в наплавленном слое использовался прибор ПМТ-3 при нагрузке 100Г. Результаты исследований сведены в таблицу.

**Таблица 1.**

**Состав и свойства наплавочных композиций**

Номер варианта	Материал для наплавки	Содержание, %	Максимальная глубина легированного слоя, мм	Твёрдость, НRC	Количество наплавленного слоя
1	Легирующий порошок ПГС-27	100	2,6	54—56	Удовлетворительное.
2	Легирующий порошок ПГС-27 Металлический шлам Волжского подшипникового завода	90 10	3,0	52—56	Удовлетворительное.
3	Легирующий порошок ПГС-27 Металлический шлам Волжского подшипникового завода	70 30	3,2	52—56	Удовлетворительное. В зоне сплавления микродефекты.
4	Ферромарганец высокоуглеродистый ФМн-78	100	5,4	48—52	Хорошее.
5	Ферромарганец высокоуглеродистый ФМн-78 Металлический шлам Волжского подшипникового завода	70 30	4,8	53—55	Хорошее.

Анализируя данные исследований можно сделать следующие выводы:

1. Наплавка отливок в литейной форме – высокоэффективный процесс позволяющий значительно повысить износостойкость изделия.

2. Наиболее рациональным следует считать процесс наплавки отливок с использованием композиционного материала, состоящего из ферромарганца и шлама Волжского подшипникового завода, и буры.

Вышеприведённый состав порошка позволяет получить на стальных отливках наибольшую толщину наплавленного слоя, бездефектность этого слоя, максимальную твёрдость до 55 HRC и высокую износостойкость. Трудоёмкость изготовления порошковой композиции и затраты на материалы при этом минимальны.

### **Список литературы:**

1. Попилов Л.Я. Советы заводскому технологу. Справочник / Л.Я. Попилов Л, Лениздат, 1975. — с. 48—49.
2. Гребнев Ю.В. Наплавка износостойкого слоя на детали почвообрабатывающего инструмента в литейной форме /Ю.В. Гребнев, В.В. Шлепин, Г.Г. Захаров, И.Е. Афонин, В.П. Каляева, О.А. Богатырева // Литейное производство — 2000, — № 4. — с. 11—12.

## СЕКЦИЯ 7. МОДЕЛИРОВАНИЕ

### УПРОЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНВЕКТИВНОЙ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ

***Астапченко Александр Владимирович***

*студент 5 курса, кафедра управления в технических  
и биомедицинских системах, СКФУ,*

*РФ, г. Пятигорск*

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

***Воронин Алексей Юрьевич***

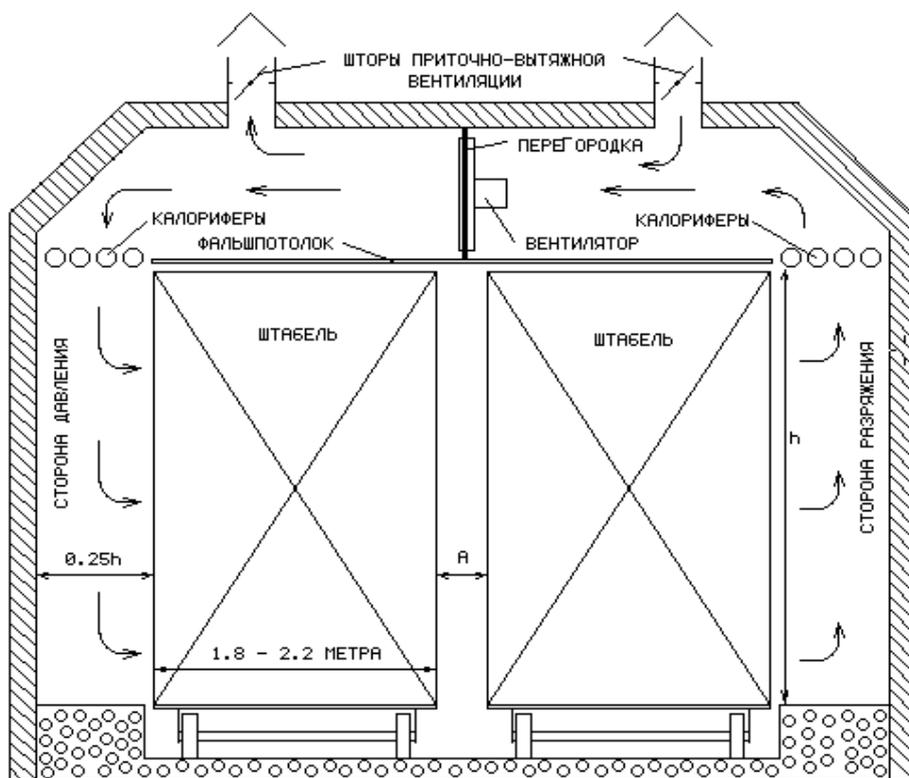
*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент, СКФУ,*

*РФ, г. Пятигорск.*

В современных условиях большое распространение получили технологические процессы с большим количеством материальных и информационных потоков. Физические процессы, протекающие в той или иной системе, зависят не только от времени, но и от пространственных координат. Такие системы называют системами с распределенными параметрами [1, с. 7].

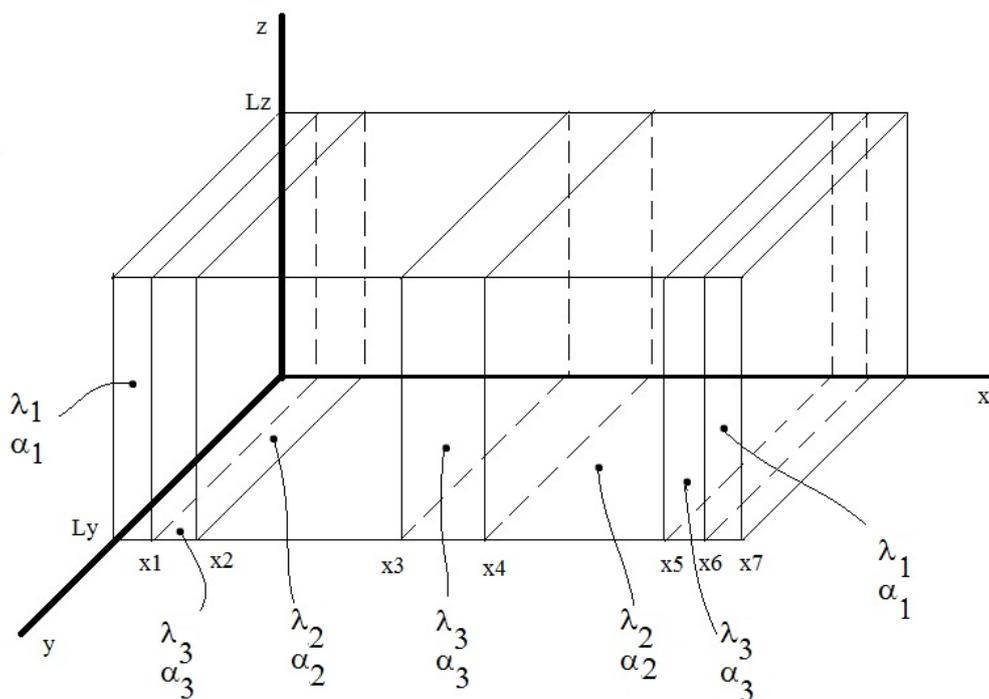
Процесс сушки древесины так же можно отнести к системам с распределенными параметрами. Схема конвективной сушильной камеры приведена на рис. 1. Типовая сушильная камера древесины состоит из:

1. Стены
2. Калориферы
3. Вентиляторы
4. Шторы приточно-вытяжной вентиляции



**Рисунок 1. Схема конвективной сушильной камеры**

С учетом вышеизложенного материал упрощенную схему сушильной камеры представим в виде:



**Рисунок 2. Упрощенная схема конвективной сушильной камеры**

Система уравнений теплопроводности [2], описывающие процессы, протекающие в объекте можно записать в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_1 \cdot \nabla^2 T, \quad (1.1)$$

$$0 < x < x_1, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_3 \cdot \nabla^2 T - 91 \cdot \frac{\partial T}{\partial z}, \quad (1.2)$$

$$x_1 < x < x_2, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_2 \cdot \nabla^2 T - 92 \cdot \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (1.3)$$

$$x_2 < x < x_3, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_3 \cdot \nabla^2 T - 93 \cdot \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (1.4)$$

$$x_3 < x < x_4, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_2 \cdot \nabla^2 T - 94 \cdot \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (1.5)$$

$$x_4 < x < x_5, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_3 \cdot \nabla^2 T + 95 \cdot \frac{\partial T}{\partial z}, \quad (1.6)$$

$$x_5 < x < x_6, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_1 \cdot \nabla^2 T, \quad (1.7)$$

$$x_6 < x < x_7, \quad 0 < y < Ly, \quad 0 < z < Lz, \quad \tau > 0;$$

Где:

$$T = f(x, y, z, \tau),$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z};$$

$a_1$  — коэффициент температуропроводности глиняного кирпича;

$a_3$  — коэффициент температуропроводности воздуха;



$$s10 \quad T(x, y, z, \tau) = 0, \quad x_3 \leq x \leq x_5, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad z = 0, \quad \tau > 0;$$

$$s11 \quad T(x, y, z, \tau) = 0, \quad x_1 \leq x \leq x_2, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad z = 0, \quad \tau > 0;$$

$$s12 \quad T(x, y, z, \tau) = 0, \quad 0 < x < x_1, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad z = 0, \quad \tau > 0.$$

Входные воздействия распределены по границам S3 и S5:

$$\lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = q_1, \quad x_1 \leq x \leq x_2, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad z = Lz;$$

$$\lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = q_2, \quad x_6 \leq x \leq x_7, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad z = Lz.$$

Граничные условия раздела сред s13, s14, s15, s16, s17, s18:

$$\lambda_1 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z}, \quad x = x_1, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad 0 \leq z \leq Lz;$$

$$\lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_2 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z}, \quad x = x_2, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad 0 \leq z \leq Lz;$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z}, \quad x = x_3, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad 0 \leq z \leq Lz;$$

$$\lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_2 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z}, \quad x = x_4, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad 0 \leq z \leq Lz;$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z}, \quad x = x_5, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad 0 \leq z \leq Lz;$$

$$\lambda_3 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z} = \lambda_1 \frac{\partial T(x, y, z, \tau)}{\partial z}, \quad x = x_6, \quad 0 \leq y \leq Ly, \quad 0 \leq z \leq Lz.$$

где:  $\lambda_1$  — коэффициент температуропроводности глиняного кирпича;

$\lambda_3$  — коэффициент температуропроводности воздуха;

$\lambda_2$  — коэффициент температуропроводности (воздух и древесина).

Начальные условия считать нулевыми

Геометрические и теплофизические параметры объекта приведены в таблицах:

**Таблица 1.****Геометрические параметры объекта**

$x_1, м$	$x_2, м$	$x_3, м$	$x_4, м$	$x_5, м$	$x_6, м$	$x_7, м$	$L_y, м$	$L_z, м$
0.6	2	5.4	6.5	9.9	11.3	12	20	4

**Таблица 2.****Теплофизические параметры объекта**

$a_1, \text{Вт}/(\text{мК})$	$a_2, \text{Вт}/(\text{мК})$	$a_3, \text{Вт}/(\text{мК})$	$\lambda_1, \text{м}^2/\text{с}$	$\lambda_2, \text{м}^2/\text{с}$	$\lambda_3, \text{м}^2/\text{с}$
$5.2 \cdot 10^{-7}$	$10.50026 \cdot 10^{-3}$	0,0237	0.56	0.5837	$10.50026 \cdot 10^{-3}$

Для решения полученной математической модели необходимо преобразовать ее в дискретный вид и решить с использованием ЭВМ.

**Список литературы:**

1. Першин И.М. Анализ и синтез систем с распределенными параметрами. Пятигорск: РИА КМВ, 2007 — 244 с.

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О МОДЕЛИРОВАНИИ ЗАВИСИМОСТИ  
КОЛИЧЕСТВА СОВЕРШЕННЫХ ПРЕСТУПЛЕНИЙ  
ОТ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ  
МЕТОДОМ ПАРНОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ**

*Новикова Ксения Алексеевна*

*студент 2-го курса, факультет СПО, ТИУиЭ,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [ksun-novikova-22@yandex.ru](mailto:ksun-novikova-22@yandex.ru)*

*Самойленко Екатерина Николаевна*

*студент 2-го курса, факультет СПО, ТИУиЭ,  
РФ, г. Таганрог  
E-mail: [samoilenko.e2014@yandex.ru](mailto:samoilenko.e2014@yandex.ru)*

*Сахарова Ольга Николаевна*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ТИУиЭ,  
РФ, г. Таганрог*

В настоящее время является актуальным поиск методов моделирования и прогнозирования роста количества совершаемых преступлений. Для решения этой задачи может быть использован метод линейной парной регрессии, хорошо зарекомендовавший себя в моделировании экономических систем. Метод линейной парной регрессии достаточно прост и позволяет с заданным уровнем погрешности проводить моделирование и прогнозирование различных процессов.

Уравнение линейной парной регрессии имеет вид (1) [4]:

$$y = a + bx + \varepsilon \quad (1),$$

где:  $y$  — зависимая переменная (результативный признак);

$x$  — независимая, объясняющая переменная (признак-фактор),

$\varepsilon$  — случайная величина, характеризующая отклонения реального значения результативного признака от теоретического, найденного по уравнению регрессии.

Официальным источником данных для анализа в РФ является РОССТАТ, который содержит официальные результаты статистических исследований. Все действия и отчеты РОССТАТа подвергаются международной проверке, и были признаны надежными. Поэтому для проведения данного исследования были использована информация официальной статистики, опубликованные на федеральном портале РОССТАТа [2].

В данном случае была поставлена задача провести моделирование зависимости количества совершенных преступлений в год от количества потребления алкоголя, а также от количества беженцев и вынужденных переселенцев в нашу страну. Исходные данные задачи представлены в таблице 1 и таблице 2.

**Таблица 1.**

**Данные РОССТАТа для решения задачи линейной парной регрессии (зависимость количества совершенных преступлений от количества зарегистрированных больных алкоголизмом)**

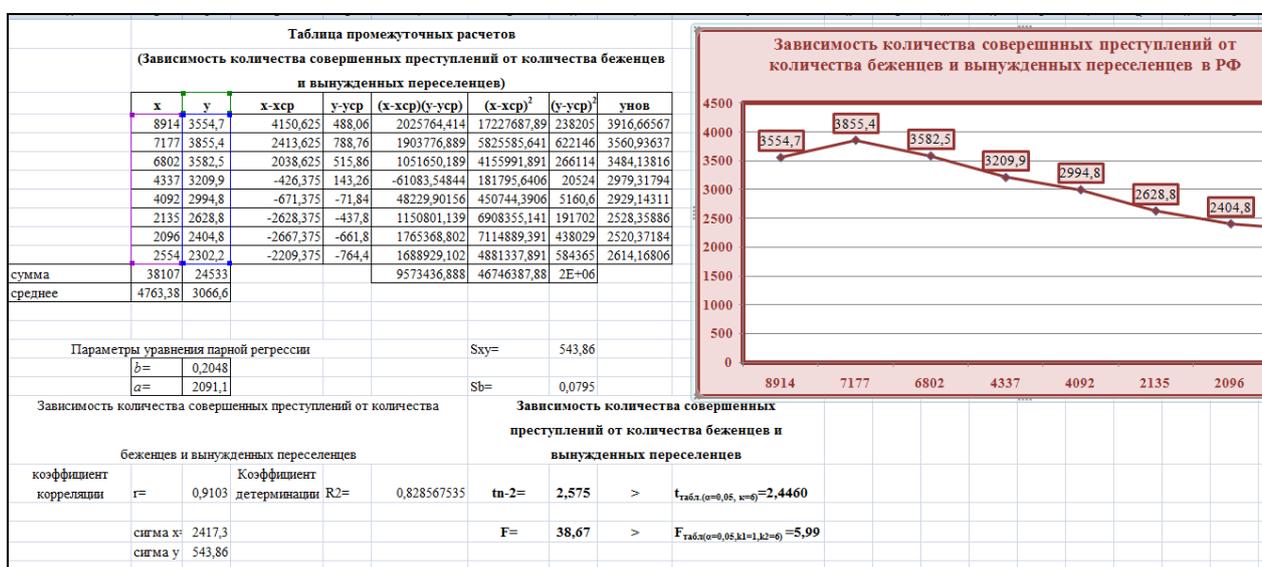
Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Зарегистрировано больных алкоголизмом, тыс.чел	209,2	192,9	174,9	173,4	159,7	153,9	138,1	122,8
Количество преступления в год, тыс.чел	3554,7	3855,4	3582,5	3209,9	2994,8	2628,8	2404,8	2302,2

**Таблица 2.**

**Данные РОССТАТа для решения задачи линейной парной регрессии (зависимость количества совершенных преступлений от количества вынужденных переселенцев и беженцев РФ)**

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Количество вынужденных переселенцев и беженцев, тыс.чел	8914	7177	6802	4337	4092	2135	2096	2554
Количество преступлений в год, тыс.чел	3554,7	3855,4	3582,5	3209,9	2994,8	2628,8	2404,8	2302,2

Моделирование проводилось с помощью встроенных функций табличного процессора Microsoft Excel [5]. Для этого была разработана специальная форма (рисунок 1), которая позволяет провести анализ зависимости количества совершенных преступлений от любых факторов. Для проведения расчетов в качестве независимой переменной выступают количество зарегистрированных больных алкоголизмом и количество беженцев и вынужденных переселенцев в РФ, а в качестве результативного признака — соответственно количество зарегистрированных преступлений.



**Рисунок 1. Форма для проведения расчетов парной линейной регрессии в MS Excel**

Решение задачи включает в себя 4 основных этапа:

1. *Построение поля корреляции.* Для построения поля корреляции необходимо сформировать область данных, на основании которых с помощью встроенной опции График табличный процессор MS Excel автоматически строит поле корреляции зависимостей уровня преступности от количества эмигрантов и количества потребления алкоголя (рисунок 2) [1].



**Рисунок 2. Поле корреляции**

## 2. Нахождение параметров уравнения парной линейной регрессии.

Для оценки параметров регрессий, линейных по параметрам, используется метод наименьших квадратов (МНК) [3], который позволяет получить такие оценки параметров, при которых сумма квадратов отклонений фактических значений результативного признака  $y$  от теоретических минимальна. Для оценки параметров уравнения парной линейной регрессии используются следующие формулы [3]:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, a = (\bar{y} - b\bar{x}), \quad (2)$$

где:  $x_i$  — значение независимой переменной, взятое из таблицы исходных данных,

$\bar{x}$  — среднее значение независимой переменной,

$y_i$  — значение результативного признака,

$\bar{y}$  — среднее значение результативного признака. Для определения значение параметров уравнения парной регрессии в табличном процессоре MS Excel была создана специальная форма проведения промежуточных расчетов (рисунок 3) [5].

Таблица промежуточных расчетов						
x	y	x-хср	y-уср	(x-хср)(y-уср)	(x-хср) <sup>2</sup>	(y-уср) <sup>2</sup>
209,2	3554,7	43,5875	488,063	21273,42422	1899,87	238205
192,9	3855,4	27,2875	788,763	21523,35672	744,608	622146
174,9	3582,5	9,2875	515,863	4791,072969	86,2577	266114
173,4	3209,9	7,7875	143,263	1115,656719	60,6452	20524,1
159,7	2994,8	-5,9125	-71,837	424,7392187	34,9577	5160,63
153,9	2628,8	-11,7125	-437,84	5128,171719	137,183	191702
138,1	2404,8	-27,5125	-661,84	18208,80422	756,938	438029
122,8	2302,2	-42,8125	-764,44	32727,48047	1832,91	584365
сумма	1324,9	24533,1		105192,7063	5553,37	2366245
среднее	165,6125	3066,64				

Таблица промежуточных расчетов						
x	y	x-хср	y-уср	(x-хср)(y-уср)	(x-хср) <sup>2</sup>	(y-уср) <sup>2</sup>
8914	3554,7	4150,63	488,063	2025764	1,7E+07	238205
7177	3855,4	2413,63	788,763	1903777	5825586	622146
6802	3582,5	2038,63	515,863	1051650	4155992	266114
4337	3209,9	-426,38	143,263	-61084	181796	20524,1
4092	2994,8	-671,38	-71,837	48229,9	450744	5160,63
2135	2628,8	-2628,4	-437,84	1150801	6908355	191702
2096	2404,8	-2667,4	-661,84	1765369	7114889	438029
2554	2302,2	-2209,4	-764,44	1688929	4881338	584365
сумма	38107	24533,1		9573437	4,7E+07	2366245
среднее	4763,38	3066,64				

Параметры уравнения парной регрессии	
b=	18,9421
a=	-70,418

Параметры уравнения парной регрессии	
b=	0,2048
a=	2091,12

**Рисунок 3. Таблицы промежуточных расчетов**

Таким образом, в результате расчетов получаются следующие уравнения парной линейной регрессии:

$$y = -70,418 + 18,9421x \quad (3) \quad \text{— уравнение зависимости количество совершенных преступлений от количества зарегистрированных больных алкоголизмом;}$$

данное уравнение показывает, что на каждую единицу изменения (для расчетов рассматривались тыс. человек, на каждую тысячу) больных алкоголизмом, приходится почти 19 тыс. преступлений;

$$y = 2091,12 + 0,2048x \quad (4) \quad \text{— уравнение зависимости количество совершенных преступлений от количества беженцев и вынужденных переселенцев в РФ,}$$

соответственно на каждую тысячу беженцев и вынужденных переселенцев приходится почти 205 преступлений.

3. *Расчёт линейного коэффициента корреляции и коэффициента детерминации.* Проведенные на третьем этапе предварительные расчеты позволяют достаточно быстро рассчитать (рисунок 4) коэффициент корреляции (5) и коэффициент детерминации (6) [4]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}, \quad \text{где } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (5) \quad \text{и } R^2 = r^2 \quad (6)$$

Зависимость количества совершенных преступлений от количества зарегистрированных больных алкоголизмом					Зависимость количества совершенных преступлений от количества беженцев и вынужденных переселенцев						
коэффициент			Коэффициент			коэффициент			Коэффициент		
корреляции	$r=$	0,918	детерминации	$R^2=$	0,842083113	корреляции	$r=$	0,91	детерминации	$R^2=$	0,828567535
	сигма x=	26,35		Sxy=	543,8572215		сигма x=	2417		Sxy=	543,8572215
	сигма y =	543,9		Sb=	7,298046792		сигма y	543,9		Sb=	0,079544631

а

б

**Рисунок 4. Расчет коэффициентов корреляции и детерминации**

Полученный коэффициент корреляции (рисунок 4а), подтверждает вывод, сделанный в пункте 1, связь между количеством зарегистрированных больных алкоголизмом и количеством совершенных преступлений прямая и довольно сильная (т.к. значение коэффициента  $r=0,9177$  близко к 1). Квадрат коэффициента корреляции называется коэффициентом детерминации ( $R^2$ ) и показывает долю вариации результативного признака, объясненную вариацией факторного признака. В данной задаче  $R^2 = 0,8421$ , т.е. 84,21 % вариации результативного признака (количество совершенных преступлений) объясняется вариацией факторного признака (количеством зарегистрированных больных алкоголизмом) [1].

Полученный коэффициент корреляции (рисунок 4б), подтверждает вывод, сделанный в пункте 1, связь между количеством беженцев и вынужденных переселенцев в РФ и количеством совершенных преступлений прямая и довольно сильная (т.к. значение коэффициента  $r=0,91$  близко к 1). Соответственно коэффициент детерминации  $R^2 = 0,82857$ , т.е. порядка 83 % вариации результативного признака (количество совершенных преступлений) объясняется вариацией факторного признака (количеством беженцев и вынужденных переселенцев) [1].

4. *Оценка значимости коэффициента регрессии и уравнения регрессии в целом.* Проверка статистической значимости коэффициента регрессии проверяется с помощью t-критерия Стьюдента. Для этого необходимо сформулировать гипотезы:  $H_0: \beta=0$  (линейной зависимости нет) и  $H_1: \beta \neq 0$

(линейная зависимость есть). Для определения фактического значения t-критерия: использовались следующие формулы (7) [3]:

$$t_{n-2} = \frac{b - \beta}{S_b}, \text{ где } S_b = \frac{S_{xy}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}, \quad S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-2}} \quad (7).$$

Таким образом, было получено расчетное значение  $T_{\text{набл}} = 2,59551$  (рисунок 4а) и из таблиц критерия Стьюдента — табличное значение  $t_{\text{табл.}(\alpha=0,05, k=6)}=2,4460$ . Так как,  $T_{\text{набл}} > t_{\text{табл.}}$ , то следовательно с вероятностью 95 % можно принять альтернативную гипотезу о статистической значимости коэффициенты регрессии.

Оценка статистической значимости построенной модели регрессии в целом производится с помощью F-критерия Фишера. Для этого необходимо сформулировать гипотезы:  $H_0: R^2=0$  и  $H_1: R^2 \neq 0$ . Определение фактического значения F-критерия осуществляется в соответствии с формулой (8):

$F_{\text{набл}} = \frac{R^2}{(1-R^2)/(n-2)}$  (8) [3]. Далее необходимо сравнить расчетные значения F-критерия Фишера и табличные:  $F_{\text{набл}} = 42,6596$  и  $F_{\text{табл}} = 38,6665$ ,  $F_{\text{табл.}(\alpha=0,05, k_1=1, k_2=6)} = 5,99$ . Так как и в первом и во втором случае  $F_{\text{набл}} > F_{\text{табл.}}$ , построенная модель регрессии в целом значима и может быть использована для построения прогнозных моделей более высокого уровня [1].

Таким образом, в данной работе описан метод решения задачи о регрессионном анализе зависимости количества совершенных преступлений двух факторов количества зарегистрированных больных алкоголизмом и количества беженцев и вынужденных переселенцев в Россию. Предложенная форма в табличном процессоре MS Excel позволяет использовать данный алгоритм решения подобной задачи всех пользователей. Следовательно,

при необходимости можно изменить исходные данные в таблице MS Excel и система сама проведет все необходимые расчеты и сделает базовые выводы о корреляции между признаками.

### **Список литературы:**

1. Богатов Д.Ф., Богатов Ф.Г. Конспект лекций и практикум по математике для юристов: Учебное пособие для образовательных учреждений юридического профиля. М.: «Приор-издат», 2003. — 448 с.
2. Данные федеральной службы государственной статистики: [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.gks.ru/>
3. Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика: учебник. М.:Юнити-Дана, 2010 г. — 328 с.
4. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: учеб. 8-е изд., исправленное. М: ДЕЛО, 2007 — 504 с.
5. Полянский Ю., Вепрев С., Лушников М. Эконометрика. Решение задач с использованием электронных таблиц Microsoft Excel. Практикум. М: Академия экономической безопасности МВД России, 2005 г. — 146 с.

## ПОСТАНОВКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ РАСКРЯЖЕВКИ ФАУТНЫХ ХЛЫСТОВ

*Сурикова Мария Александровна*  
*студент 5 курса, кафедра АПП ВГЛТА,*  
*РФ, г. Воронеж*  
*E-mail: [m-surikova89@yandex.ru](mailto:m-surikova89@yandex.ru)*

*Хухрянская Елена Станиславовна*  
*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ВГЛТА,*  
*РФ, г. Воронеж*

Каждое лесозаготовительное предприятие наряду с объемными показателями производства лесоматериалов имеет сортиментный план, который составляется с учетом лесосечного фонда и заявок потребителей и является законом для производственной деятельности предприятия. Основой наиболее эффективной эксплуатации лесных ресурсов является следующее: наиболее полное использование лесосечного фонда без технической порчи при лесозаготовках; получение наибольшего количества деловых сортиментов в общем выходе лесоматериалов, т. е. тщательное отделение деловой древесины от дров; постоянная работа по повышению сортности и качества заготавливаемых деловых сортиментов, т. е. получение наиболее ценных лесоматериалов [3].

Каждый хлыст имеет свои особенности. Поэтому для осуществления рациональной заготовки древесины необходима индивидуальная разметка и раскряжевка каждого хлыста с учетом его диаметра, длины, сбега, а также наличия, расположения и размеров пороков древесины. Основное в работе оператора полуавтоматической линии, разметчика, раскряжевщика — полное использование каждого хлыста, максимальное снижение потерь древесины при раскряжевке, получение наибольшего выхода деловой древесины наивысшего качества [1]. Для успешного решения стоящих перед ними задач указанные работники обязаны хорошо знать: сортиментный план, действующие стандарты на производимые лесоматериалы; пороки древесины способы их измерения и закономерности проявления в хлыстах, отпускные цены на заготавливаемые

сортименты; основные правила и приемы рационального раскроя хлыстов различных пород.

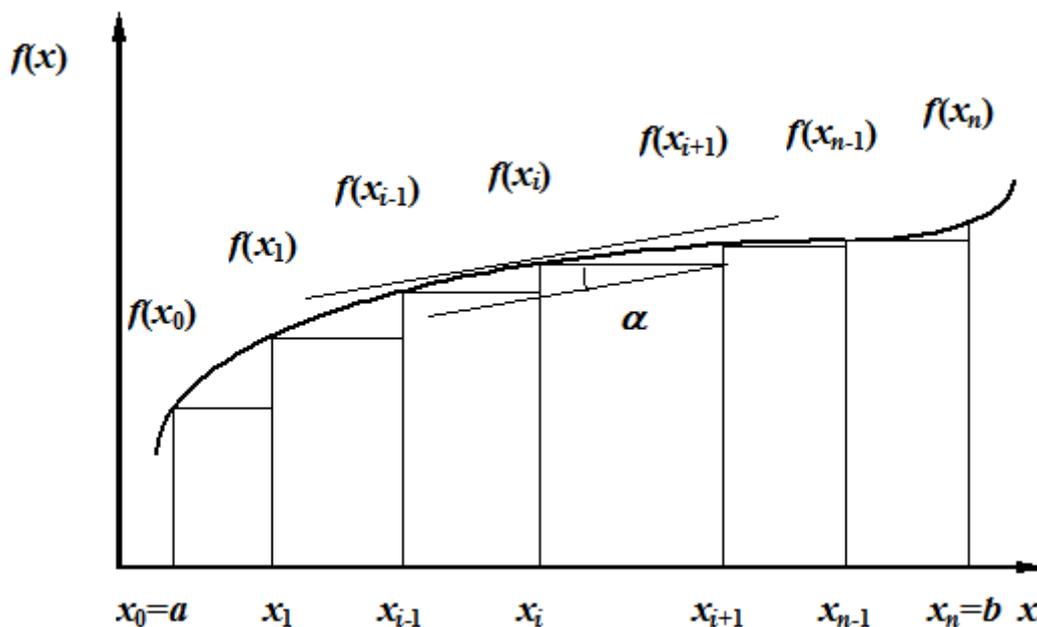
Раскряжевку хлыстов начинают с комля. Это относится, прежде всего, к здоровым стволам, а также к таким фаутным стволам, на которых размеры пороков и характер их распространения могут быть определены путем осмотра. Когда распространение порока по стволу определить затруднительно, раскряжевку необходимо начинать с наиболее пораженного участка чтобы лучше вскрыть влияние порока на выход сортиментов.

Каждый хлыст должен быть раскроен оптимально. Степень оптимальности раскроя определяется критериями [6]. Критерий оптимальности раскряжевки — это технико-экономический показатель раскроя, характеризующий количественный и качественный выход продукции. В теории и практике раскроя хлыстов используют следующие критерии оптимальности: объемный выход деловых сортиментов, спецификационный выход сортиментов, выход цилиндрического объема, объемный выход спецификационных пиломатериалов или заготовок.

Остановимся на одном из критериев оценки эффективности раскроя хлыстов — выходе цилиндрического объема сортиментов [5]. В работах [5, 6] была использована процедура отыскания размеров определенного количества отрезков хлыста, описываемого математически его образующей  $d = d(x)$  — зависимостью диаметра  $d$  от расстояния  $x$  вдоль оси хлыста, заданной на интервале  $[a, b]$ . Данная аналитическая зависимость получена эмпирически для основных промышленных пород [4].

Остановимся на модели раскряжевки здорового хлыста, чтобы затем обобщить ее. Рассмотрим функцию  $f(x) = 0,25\pi d^2(x)$ , которая представляет собой площадь сечения хлыста на некотором расстоянии  $x$  от его вершины (или комля) (рис. 1). Если заданы координаты некоторого сортимента хлыста  $x_{i-1}$  и  $x_i$ , тогда произведение  $(x_i - x_{i-1})f(x_{i-1})$ , т. е. площадь ступеньки под функцией  $f(x)$ , будет равно цилиндрическому объему соответствующего сортимента. Очевидно, что лучший в смысле максимума цилиндрического выхода раскрой

хлыста на  $n$  сортиментов будет обеспечен выбором  $n-1$  расстояний вдоль хлыста (узлов) таких, чтобы площадь под ступенчатой функцией (рис. 1) оказалась максимальной.



*Рисунок 1. Пояснение к модели раскряжевки*

Площадь под ступенчатой функцией, расположенной под кривой  $f(x)$ , представляет собой, в свою очередь, функцию  $n-1$  переменных  $x_1, \dots, x_{n-1}$ , непрерывную на интервале  $[a, b]$ , принимающую минимальные значения при  $x_1 = \dots = x_{n-1} = a$  и  $x_1 = \dots = x_{n-1} = b$ , и имеющую максимум при  $a < x_1 < \dots < x_{n-1} < b$ . Следовательно, условием максимума площади

$$F(\vec{x}) = \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1}) f(x_{i-1}) \quad (1)$$

под ступенчатой функцией является равенство

$$\left. \frac{\partial F(\vec{x})}{\partial x} \right|_{x=x_i} = 0, \quad \forall i = 1, \dots, n-1 \quad (2)$$

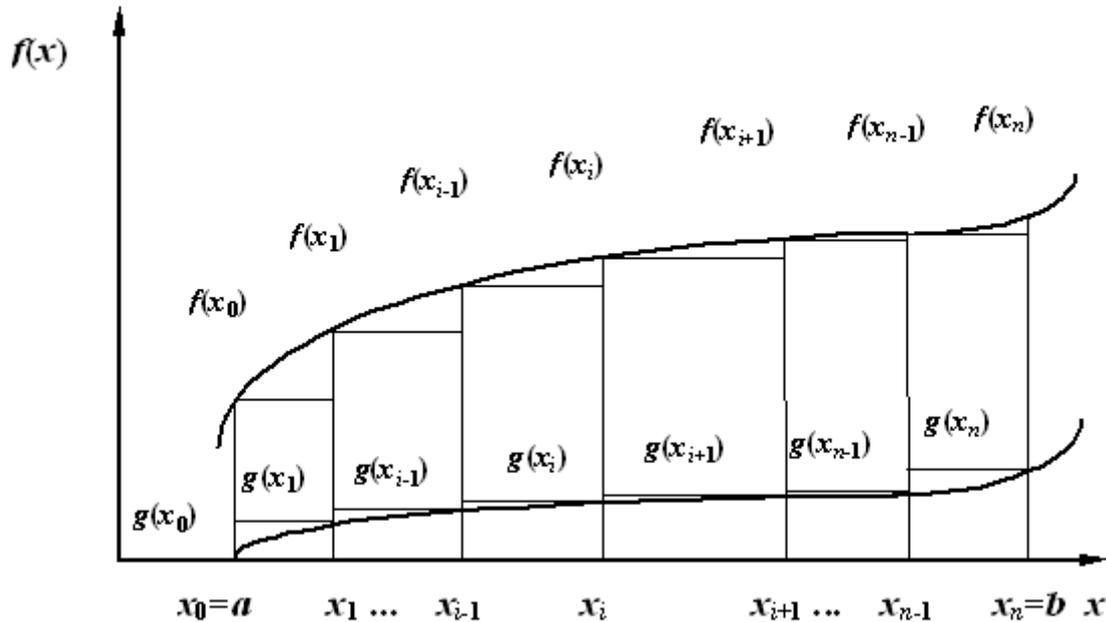
Дифференцируя (1), получим

$$x_{i+1} = x_i + \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{f'(x_i)} \quad (3)$$

Поскольку абсцисса начального узла  $x_0 = a$  известна и соответственно известно значение функции в этом узле  $f(x_0) = f(a)$ , то если некоторое заданное значение очередной абсциссы  $x_1$  обеспечит в соответствии с (3) в конечном итоге вычислений всех  $x_i$  ( $\forall i = 1, \dots, n$ ) значение  $x_n = b$ , то задача решена. Если же окажется, что  $x_n > b$  или  $x_n < b$ , то соответственно и значение абсциссы  $x_1$ , необходимое для выполнения условий максимума площади под ступенчатой функцией, либо завышено, либо занижено. Эти математические выкладки позволяют построить простой итерационный алгоритм, последовательно уточняющий некоторое произвольно заданное значение абсциссы  $x_1$  до такого, которое обеспечит нахождение всех оставшихся узлов, удовлетворяющих условиям (2).

Отметим, что обычно в функции, определяющей образующую хлыста  $d = d(x)$ , расстояние  $x$  отсчитывается от комлевого среза, что вполне допустимо и для применения данного алгоритма [2].

Предположим теперь, что хлыст имеет центральную гниль, образующая  $h = h(x)$  которой также известна. Обозначим  $g(x) = 0.25\pi h^2(x)$  — функцию, представляющую собой площадь сечения области гнили на расстоянии  $x$  от вершинного среза (рис. 2). Для решения задачи максимизации выхода цилиндрического объема деловой древесины  $n$  сортиментов, получаемых из хлыста с центральной гнилью, необходимо будет выбрать расположение  $n-1$  узлов так, чтобы обеспечить максимум площади фигуры, образованной ступенчатыми функциями под кривой  $f(x)$  и над кривой  $g(x)$ .



**Рисунок 2. Модель раскряжевки при наличии центральной гнили**

Площадь такой фигуры представляет собой функцию  $n-1$  переменных  $x_1, \dots, x_{n-1}$ , непрерывную на интервале  $[a, b]$ , принимающую минимальные значения при  $x_1 = \dots = x_{n-1} = a$  и  $x_1 = \dots = x_{n-1} = b$  и имеющую максимум при  $a < x_1 < \dots < x_{n-1} < b$ . Условием максимума площади

$$G(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1}) [f(x_{i-1}) - g(x_i)] \quad (4)$$

ступенчатой фигуры является равенство нулю частных производных

$$\left. \frac{\partial G(\mathbf{x})}{\partial x} \right|_{x=x_i} = 0, \quad \forall i = 1, \dots, n-1 \quad (5)$$

при граничных условиях

$$x_0 = a, \quad f(x_0) = f(a), \quad x_n = b, \quad g(x_n) = g(b). \quad (6)$$

Дифференцируя (4), получим

$$\left. \frac{\partial G(\bar{x})}{\partial x} \right|_{x=x_i} = (x_{i+1} - x_i) f'(x_i) - [f(x_i) - f(x_{i-1})] - (x_i - x_{i-1}) g'(x_i) + [g(x_{i+1}) - g(x_i)] = 0. \quad (7)$$

Система (7) представляет собой систему  $n-1$  нелинейных уравнений относительно  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n-1$ ), каждое из которых представляет собой непрерывно дифференцируемую действительную функцию переменных  $x_{i-1}$ ,  $x_i$ ,  $x_{i+1}$ . Данную систему также можно численно решить методом Ньютона.

Отметим, что при численной реализации указанного алгоритма можно и необходимо учитывать то обстоятельство, что функция  $g(x)$  определена, как правило, не на всем интервале  $[a, b]$ .

Итогом решения задачи максимизации выхода цилиндрического объема сортиментов при раскряжке фаутного хлыста являются длины сортиментов, обеспечивающие максимум объема деловой древесины, заключенной в кольцевом цилиндре (без учета сбеговой части сортимента и центральной гнили), т.е. обеспечивающие максимум выхода пиломатериалов.

### Список литературы:

1. Болдырев В.С. Технологические основы раскря сырья и пиломатериалов: Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. Гос. лесотехн. акад., 2002. — 366 с.
2. Болдырев В.С., Лимонов Е.А., Хухрянская Е.С. К вопросу оптимизации раскряжки древесных хлыстов мягких лиственных пород//Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Пенза: ПГТУ, 1998. — С. 163.
3. Редькин А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок / А.К. Редькин, С.Б. Якимович М.: Изд-во МГУЛ, 2005 — 503 с.
4. Петровский В.С. Оптимальная раскряжка лесоматериалов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1989. — 288 с.
5. Червинский В.А. Методы максимизации выхода цилиндрического объема сортиментов при раскряжке древесных хлыстов// Изв. вузов. Лесн. журн. — 1978. — № 3. — С. 113—117.
6. Червинский В.А. Раскрой древесных хлыстов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1982. — 64 с.

## СЕКЦИЯ 8.

### ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

#### КИСЛОТНЫЙ ГОМОГЕННЫЙ И ГЕТЕРОГЕННЫЙ КАТАЛИТИЧЕСКИЙ ГИДРОЛИЗ ИНУЛИНА ИЗ КОРНЯ ЦИКОРИЯ

*Билявичюс Роман Эугениюсович*

*магистрант 2 курса, кафедра биотехнологии и химии ТвГТУ,*

*РФ, г. Тверь*

*E-mail: [sidorov\\_science@mail.ru](mailto:sidorov_science@mail.ru)*

*Хенрик Гренман*

*научный руководитель, доктор наук, химико-технологический факультет,*

*Университет Або Академи,*

*РФ, г. Турку*

*Сидоров Александр Иванович*

*научный руководитель, канд. хим. наук, профессор ТвГТУ,*

*РФ, г. Тверь*

#### **Введение**

В последнее время большое количество литературы посвящено изучению процесса гидролиза инулина, как способа получения фруктозы. Как правило, сообщается о происхождении и свойствах сырья, об использовании реакторов для производства фруктозы, об условиях проведения реакции. Но, несмотря на это, полные кинетические исследования не проводились, ограничиваясь оптимизацией реакторов для гидролиза и прогнозированием результатов [6, с. 1110]. Фруктоза имеет много преимуществ по сравнению с другими сахарами:

- по сравнению с обычным сахаром фруктоза имеет более приятный медовый вкус. Фруктоза на 60—70 % слаще сахарозы, это свойство помогает уменьшить калорийность продукта и, следовательно, имеет большое значение в диетологии;

- фруктозу, в отличие от глюкозы могут использовать больные сахарным диабетом;
- фруктоза менее вредна для зубов, чем сахар;
- она имеет хорошую растворимость и низкую вязкость;
- фруктоза оказывает положительное влияние на организм человека, повышает активность бифидобактерий;
- фруктоза способствует удалению спирта из крови больных алкоголизмом;
- улучшает всасывание железа у детей;
- снижает уровень холестерина в крови;
- фруктоза более стабильна по сравнению со многими другими моносахаридами.

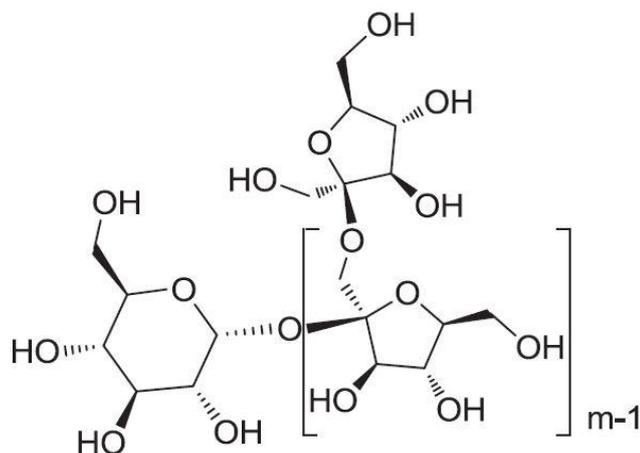
### ***Характеристика исходного сырья***

Инулин относится к классу углеводов, известных как фруктаны и представляет собой линейный полимер, мономерные звенья которого представлены остатками фруктозы. Инулин имеет низкую молекулярную массу по сравнению с другими полисахаридами [7, с. 27]. Степень полимеризации (СП) инулина полученного из корня цикория колеблется обычно от 2 до 60 [5, с. 1110]. Инулин встречается в клубнях и корнях нарцисса, гиацинта, георгина, одуванчика, цикория, топинамбура и других растений и является запасным углеводом. Экстракт сырого корня цикория содержит инулин (10—12 %), пектин, сахарозу и белки. Рисунок 1 иллюстрирует структуру инулина [5, с. 1111].

Инулин используется в промышленности для изготовления фруктозы или олигофруктозных сиропов. Олигофруктоза является пребиотиком и имеет положительное влияние на здоровье человека [7, с. 27]. Инулин может быть использован для замены жира, сахара и муки. Он увеличивает всасывание кальция и магния и усиливает рост полезных кишечных бактерий.

Фруктозу, как продукт полного гидролиза инулина, используют в качестве подсластителя. Она слаще сахарозы (в 1,5 раза), имеет низкую стоимость

и функциональные свойства, которые улучшают вкус, цвет и стабильность продукта. Фруктозные сиропы могут быть использованы для профилактики диабета, ожирения и кариеса зубов.



**Рисунок 1. Химическая структура инулина ( $GF_m$ ,  $m = 2-60$ ), где  $G$  соответствует глюкозильной части,  $F$  — фруктозильной части и  $m$  степень полимеризации**

Химический гидролиз инулина может быть осуществлен путем взаимодействия с органическими или минеральными кислотами, а также с помощью гетерогенного катализа с использованием твердых кислотных катализаторов, таких как кислоты катионообменных смол, цеолитов или окисленного активированного угля. Однако данный химический подход в настоящее время связан с некоторым недостатком, а именно, образованием нежелательных побочных продуктов [7, с. 28].

### **Особенности гидролиза инулина**

Как написано выше, фруктоза может быть получена путем кислотного гидролиза инулина гомогенным или гетерогенным катализом. В первом случае взаимодействие кислоты происходит непосредственно в растворе, тогда как во втором случае необходимы ионы  $H^+$ , которые образуются в результате взаимодействия с ионообменными смолами или из цеолитов [3, с. 430]. Инулин в силу своей структуры обладает стойкостью к окислительно-восстановительным агентам. Он устойчив к гидролизу в водных системах при

комнатной температуре и нейтральном pH. Тем не менее, при высоких температурах в присутствии кислоты, гидролиз инулина протекает активно, что приводит к распаду полимера на составные моносахариды. Гидролиз инулина также может быть вызван щелочной средой. Это процесс может произойти только с инулином, содержащим восстанавливающий конец в структурной формуле [1, с. 117].

При кислотном гомогенном каталитическом гидролизе изменение структуры и молекулярная изомеризация может происходить при комнатной температуре. Гидролиз проходит в течение нескольких минут, часов, дней и даже месяцев, в зависимости от pH реакционной смеси или концентрации кислоты [2, с. 507]. Многие неорганические и органические кислоты могут быть использованы в качестве катализаторов при гидролизе инулина, например, соляная, серная, фосфорная, уксусная, щавелевая, и т. д. Также возможно использование смешанных кислот, таких как HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и т. д. Использование слабых органических кислот позволяет исключить стадию нейтрализации [4].

В кислотном гетерогенном каталитическом гидролизе первым шагом является адсорбция. В результате диффузии, молекулы реагента подходят к поверхности катализатора, где они адсорбируются. Взаимодействие частиц реагентов с поверхностью катализатора приводит к увеличению энергии. Этот процесс называется активной адсорбцией, которая происходит только в определенных местах, активных центрах (различные поверхностные дефекты). Число активных центров определяет активность катализатора и зависит от его способа приготовления, размера и поверхности.

Основная положительная сторона гетерогенного каталитического процесса гидролиза инулина заключается в значительном уменьшении побочных продуктов, легком отделении и повторном использовании катализатора, а также отсутствии стадии нейтрализации [1, с. 117].

Глубокое понимание кислотного гидролиза инулина путем гомогенного и гетерогенного катализа очень важно для его коммерческого использования.

## ***Экспериментальная часть***

### ***Исходные материалы.***

Для получения фруктозы использовали кристаллический инулин из корня цикория, а также соляную кислоту (36—38 %) и Smorex-101 в качестве катализатора.

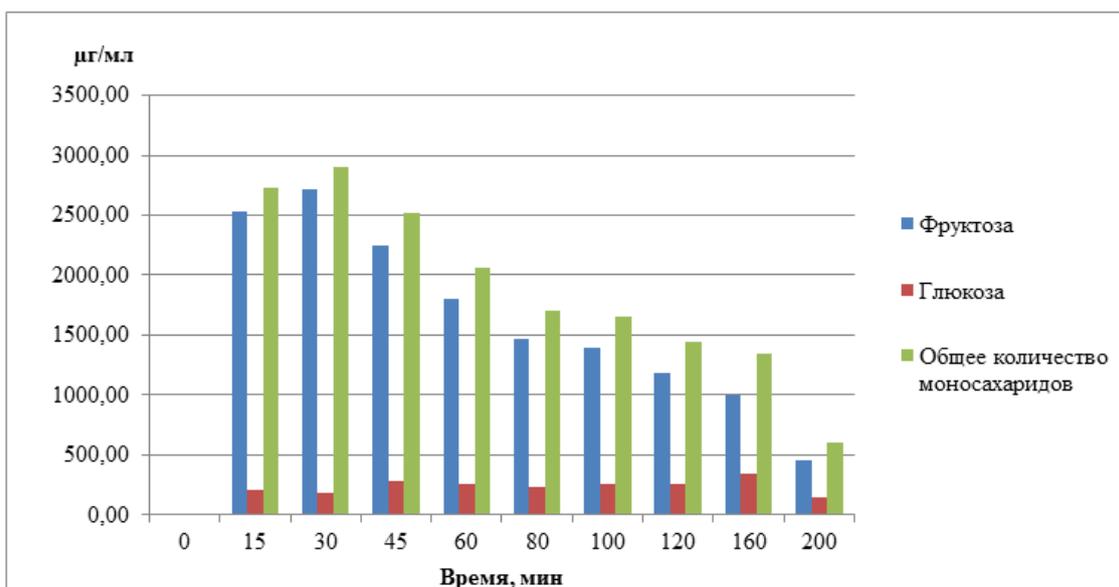
### ***Оборудование***

Для проведения экспериментов был использован изотермический реактор периодического действия. Нагревание и охлаждение реактора осуществлялось с помощью циркуляционного термостата. Контроль и поддержание точной температуры в реакторе проводят, используя температурный датчик. Температура фиксировалась каждые 30 секунд в течение всей реакции. Датчик с тефлоновым покрытием может быть использован в агрессивной среде.

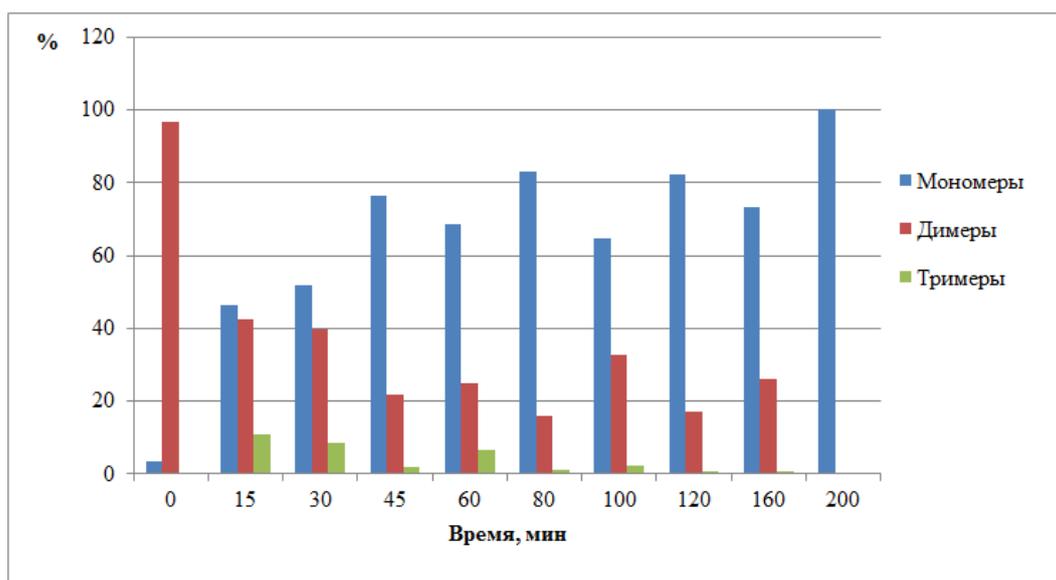
Анализ проводился на газовом хроматографе GC-2010 Plus.

### ***Результаты и их обсуждения***

Для понимания процесса кислотного гидролиза инулина был проведен ряд экспериментов при различных условиях с разными катализаторами. На рисунке 2 показаны результаты опыта, в котором, в качестве катализатора использовали соляную кислоту. Максимальная концентрация фруктозы, приблизительно 2900 мкг/мл, была достигнута к 30 минуте. Далее с течением времени концентрация моносахарида уменьшалась (к 200 минуте снизилась до 600 мкг/мл), возможно, вследствие денатурации. К 30 минуте концентрация глюкозы составила 200 мкг/мл, что сопоставимо с соотношением фруктозы и глюкозы в исходном инулине. Известно, что глюкоза более устойчива к процессам деструкции, по сравнению с фруктозой. Поэтому до 160 минуты мы наблюдаем рост концентрации глюкозы, что вероятно связано с наличием в реакционной массе олигомерных источников глюкозы. Это подтверждают и результаты качественного анализа, показанные на рисунке 3. К 200 минуте опыта уменьшается количество как фруктозы, так и глюкозы, поскольку негидролизованные источники моносахаридов исчерпаны и основным является процесс деструкции.

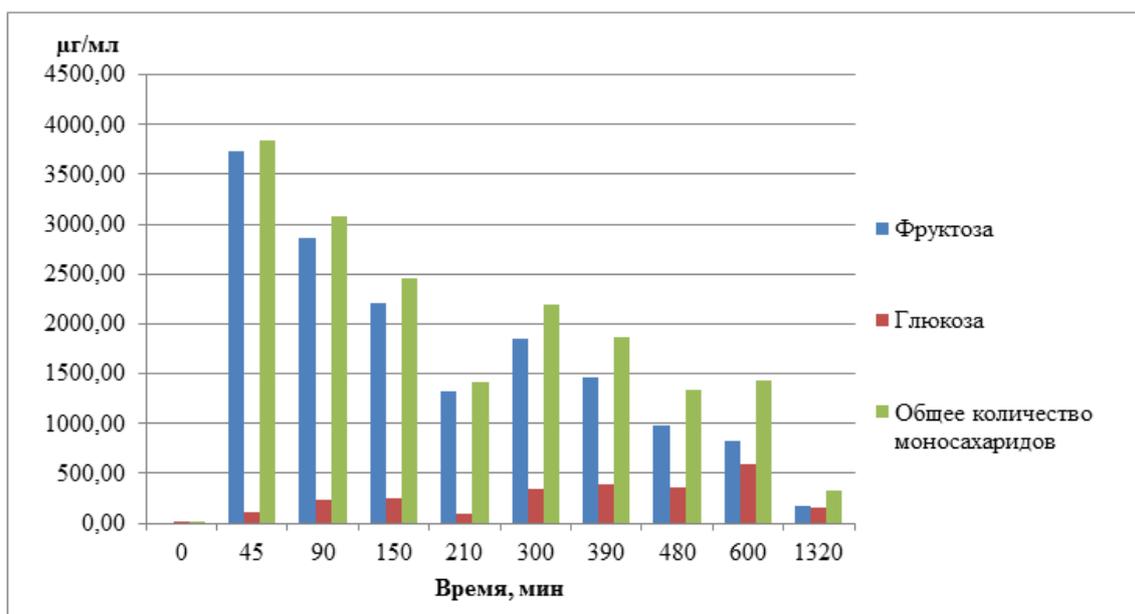


**Рисунок 2. Выход моносахаридов в результате кислотного гидролиза при использовании инулина (5 мг/мл) и соляной кислоты (36—38 %), рН=0.5, температура 95°С**



**Рисунок 3. Выход сахаров в результате кислотного гидролиза при использовании инулина (5 мг/мл) и соляной кислоты (36—38 %), рН=0.5, температура 95 °С**

При использовании в качестве катализатора Smorex-101 максимальная концентрация фруктозы, приблизительно 3850 µг/мл, была достигнута к 45 минуте (рисунок 4). Закономерности процесса аналогичны полученным для гомогенной системы. Концентрация глюкозы в гидролизате увеличивалась до 600 минуты, и далее наблюдали уменьшение обоих моносахаридов.



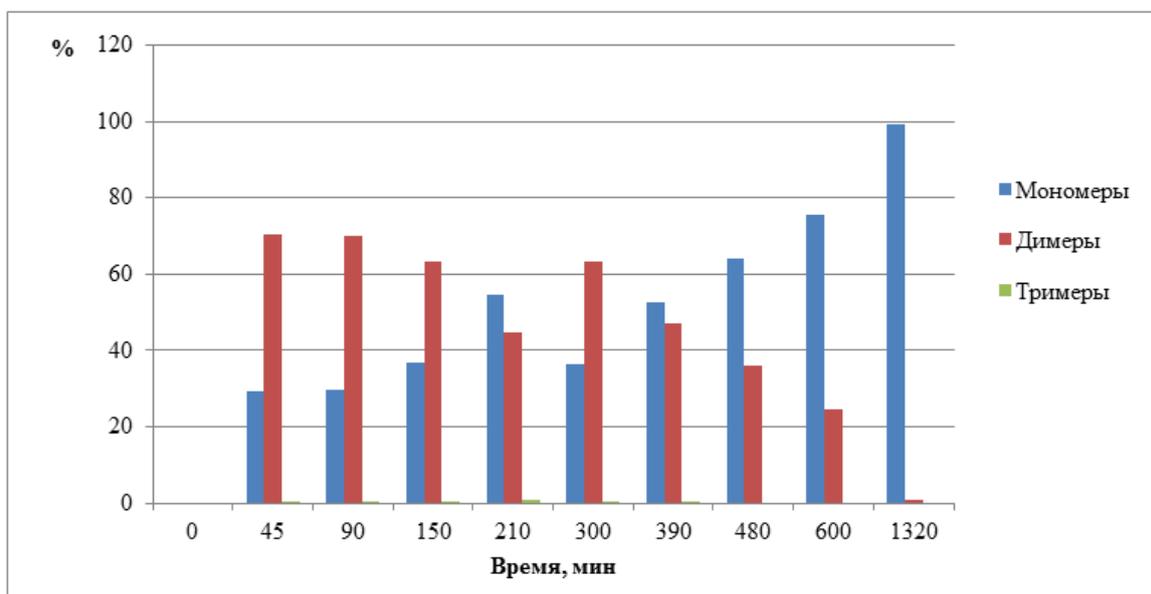
**Рисунок 4. Выход моносахаридов в результате кислотного гидролиза при использовании инулина (5 мг/мл) и *Smorex-101*, pH=0.5, температура 95 °С**

Полное расщепление негидролизованых олигосахаридов произошло к 1320 минуте. Количество димеров с течением времени уменьшалось (рисунок 4).

### **Заключение**

Проведение опытов в одинаковых условиях с разными катализаторами показало преимущество гетерогенного каталитического гидролиза. Наибольшая полученная концентрация фруктозы равняется 3850 µг/мл, что превышает результат полученный при использовании гомогенного катализатора — 2900 µг/мл.

Процесс гетерогенного гидролиза более технологичен, благодаря легкому отделению катализатора и возможности его повторного использования, а также отсутствию стадии нейтрализации.



**Рисунок 4. Выход сахаров в результате кислотного гидролиза при использовании инулина (5 мг/мл) и *Storax-101*, pH=0.5, температура 95° C**

#### Список литературы:

1. Barclaya T., Ginic-Markovic M., Johnston M.R., Cooper P.D., Petrovsky N. Analysis of the hydrolysis of inulin using real time  $^1\text{H}$  NMR spectroscopy. *Carbohydrate Research* 352 (2012) 117—125.
2. Lam M.K., Lee K.T., Mohamed A. R. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. *Biotechnology Advances* 28 (2010) 500—518.
3. Lima D.M., Fernandes P., Nascimento D.S., Ribeiro R., Aparecida de Assis S. Fructose Syrup: A Biotechnology Asset. *Fructose Syrup, Food Technol. Biotechnol.* 49 (4) 424—434 (2011).
4. Mäki-Arvela P., Salmi T., Holmbom B., Willför S., Murzin D.Y. Synthesis of Sugars by Hydrolysis of Hemicelluloses A Review. 2010.
5. Morros J., Levecke B., Infante M.R. Hydrophobically modified inulin from alkenyl succinic anhydride in aqueous media. *Carbohydrate Polymers* 84 (2011) 1110—1116.
6. Ricca E., Calabro V., Curcio S., Iorio G. Fructose production by chicory inulin enzymatic hydrolysis: A kinetic study and reaction mechanism. *Process Biochemistry* 44 (2009) 466—470.
7. Rocha J.R., Catana R., Ferreira B.S., Cabral J.M.S., Fernandes P. Design and characterisation of an enzyme system for inulin hydrolysis. *Food Chemistry* 95 (2006) 77—82.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА И ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА И ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Журавлёва Яна Юрьевна*

*Моисеенков Евгений Геннадьевич*

*студенты 3 курса, специальности «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» Сафоновский филиал  
ОГБОУ СПО «Смоленский промышленно-экономический колледж»,  
РФ, г. Смоленск  
E-mail: [olga-oksentyuk@mail.ru](mailto:olga-oksentyuk@mail.ru)*

*Оксентюк Ольга Николаевна.*

*преподаватель первой категории Сафоновский филиал  
ОГБОУ СПО «Смоленский промышленно-экономический колледж» »,  
РФ, г. Смоленск*

Традиционно хлеб в России является основным продуктом питания, потребляемым ежедневно, причем основная его часть употребляется не как самостоятельный продукт, а как необходимая добавка к любой другой пище. Именно хлеб лежит в основе пирамиды правильного питания.

Принимая во внимание, что от качества и сбалансированности рациона питания зависит сохранение и укрепление здоровья населения, а также профилактика заболеваний, правительство Российской Федерации утвердило Основы государственной политики в области здорового питания на период до 2020 года.

Основным направлением реализации государственной политики в области здорового питания является увеличение доли производства продуктов массового потребления, обогащенных витаминами и минеральными веществами, включая массовые сорта хлебобулочных изделий.

Основной принцип создания функциональных продуктов: они должны реально влиять на физиологические реакции организма. Более того, такой продукт должен не просто влиять, но и выполнять профилактические и лечебные задачи.

Основным недостатком современных технологий переработки сельскохозяйственного сырья является снижение в них комплекса полезных веществ. В полной мере это касается и злаковых культур. Поэтому в последние годы в хлебопекарной промышленности широко стала применяться методика обогащения этих продуктов витаминами и минералами. В составе витаминно-минеральных премиксов могут быть как растительные компоненты, так и синтезированные витамины и микронутриенты. Технологии превращения хлеба в витаминизированный продукт хорошо разработаны на предприятии нашего города ЗАО «Сафоновхлеб».

Город Сафонов Смоленской области находится в экологически неблагоприятном районе, так как в нашем городе расположены такие предприятия как ОАО «Авангард», Сафоновский завод «Гидромедприбор», ОАО «Теплоконтроль», ЗАО СП «Компитал», которые ухудшают экологическую обстановку в городе.

В результате необходимо увеличить выпуск хлебобулочных изделий функционального, специального и диетического назначения. Разработка такой продукции не обходится без инноваций, так как включение в рецептуру функциональных ингредиентов или другого сырья, способствующего получению продукта с заданными свойствами, как правило, приводит к ухудшению его потребительских свойств. Поэтому перед технологами встает задача поисков новых подходов для производства продукта высокого качества с привычным вкусом и ароматом, и в тоже время содержащим необходимые для организма вещества.

Повышение пищевой ценности хлеба можно осуществлять регулированием химического состава изделий в результате использования традиционного для хлебопечения сырья, введением биологически активных добавок (БАД), а также применением нетрадиционного сырья позволяющего получить готовые изделия, обладающие функциональными свойствами и предназначенные для лечебного и профилактического питания.

Важно так же проанализировать существующий ассортимент и отобрать из него изделия с подчеркнута увеличенным содержанием функциональных ингредиентов, которые нас заинтересовали в данной проблеме. К числу таких изделий можно отнести хлеб и хлебобулочные изделия специального назначения, ассортимент которых в России явно недостаточен, но необходим для снижения онкологических заболеваний и их устранения.

Целью работы явилась разработка рецептуры хлеба для профилактического питания с добавкой из свеклы, лука, кураги, клюквы.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи:

- разработать рецептуру хлеба с применением нетрадиционного сырья;
- разработать технологическую схему приготовления данного вида изделий.

Материалы и методы исследования. Работа проводилась на базе Сафоновского филиала ОГБОУ СПО «Смоленский промышленно-экономический колледж» и на базе ЗАО «Сафоновхлеб».

В качестве повышения пищевой ценности хлеба для населения города Сафоново мною были разработаны следующие виды хлебобулочных изделий: хлеб свекольный, хлеб луковый, булочки с клюквой, булочки с сухофруктами (курагой).

### **Хлеб свекольный**

Свёкла — незаменимый продукт здорового (диетического) питания.

Витамины содержащиеся в свекле: ретинол (витамин А), тиамин (витамин В1), рибофлавин (витамин В2), ниацин (витамин В3), пантотеновая кислота (витамин В5), пиридоксин (витамин В6), фолацин (витамин В9), аскорбиновая кислота (витамин С), витамины Р и РР.

Минеральные вещества: железо, йод, калий, кальций, кобальт, магний, фосфор, цинк.

Соли кальция и кобальта необходимы кишечным бактериям для синтеза крайне необходимого организму витамина В12, который регулирует обмен веществ и распределение энергии.

Железо необходимо нашему организму для нормального кроветворения.

По содержанию йода, свекле практически нет "конкурентов", благодаря чему она очень полезна при атеросклерозе.

В свекле гораздо больше, чем в моркови и даже яблоках, пектиновых веществ.

В состав свеклы входят также: клетчатка, органические кислоты (винная, лимонная, молочная, яблочная и др.) и азотистые вещества, которые нормализуют пищеварение. Антоцианы, придающие корнеплодам фиолетово-красный цвет, способствуют усвоению витамина С, нормализуют содержание в крови холестерина и улучшают обмен веществ.

Органическое вещество бетанин, находящийся в свекле, способствует расщеплению и усвоению животных и растительных белков, участвует в образовании холина, улучшающего работу клеток печени и предохраняющего их от жирового перерождения. Кроме того, бетанин препятствует образованию злокачественных опухолей (рака).

Нами была разработана рецептура и произведена пробная лабораторная выпечка хлеба из свеклы.

Исследования показали, что употребление 500 мл свекольного сока хорошо снижает артериальное давление на протяжении суток. Оказалось, что минимальная доза в 100 мл существенно снизила давление в краткосрочной перспективе (до 4 часов) и долгосрочной перспективе (до 13 часов).

Воздействие свеклы объясняется содержанием нитратов. Эти химические вещества при попадании в организм становятся оксидом азота и увеличивают приток крови, что снижает давление. Красная свекла хорошо сдерживает гипертонию. То есть, эффект не зависит от пигмента, который обеспечивает цвет свеклы.

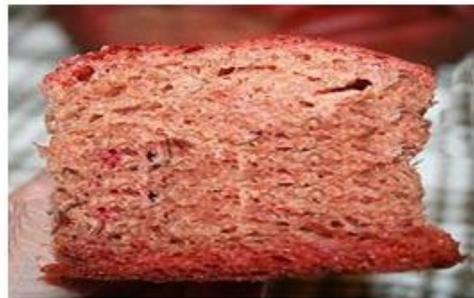
Производство обогащенного свеклой хлеба может стать новой мерой профилактики осложнений гипертонии.

Срок годности: 6 ч. Вес продукта: 0,25 кг

Пищевая ценность в 100 гр. продукта: белки — 8,2 г; жиры — 0,9 г; углеводы — 52,9 г. Калорийность хлеба 242 ккал.



А



Б

**Рисунок 1. Образцы хлеба с использованием свеклы: А — Внешний вид; Б) Состояние мякиша**

### **Хлеб с луком**

Исцеляющие свойства репчатого лука были известны людям еще в древности. В луке содержатся витамины А, В и С, эфирные масла, а также кальций, железо, магний, фтор, серу и флавоноиды.

В перьях зеленого лука содержится больше витаминов, чем в самой луковице. Зеленый лук — прекрасное средство для восполнения запаса витаминов, особенно в период весеннего авитаминоза. В 100 граммов зеленого лука содержится дневная норма витамина С для взрослого человека. В состав ростков зеленого лука входят также каротин и витамины группы В. Луковое перо кроме того содержит хлорофилл, что полезно для процесса кроветворения.

Еще одним важным полезным свойством лука является его положительное действие на функцию нашей сердечно-сосудистой системы. Зеленый лук рекомендуется всем тем, кто страдает от малокровия и слабости сердечной мышцы, кому необходимо укрепить стенки сосудов и нормализовать кровяное давление.

Нами была разработана рецептура и произведена пробная лабораторная выпечка хлеба из свеклы.



что свежие ягоды клюквы и клюквенный сок, нормализуют обмен холестерина и препятствуют образованию тромбов в кровеносных сосудах. Урсоловая кислота, содержащаяся в клюкве, способствует расширению коронарных сосудов сердца.

Кроме того, клюква является замечательным профилактическим средством онкологии. Оказывается, если ежедневно употреблять два стакана клюквенного сока (или чая), это снизит вероятность заболевания в десятки раз.

Ученые, исходя из результатов многочисленных исследований, выяснили, что входящие в состав клюквы лейкоантоцианы тормозят дальнейшее развитие опухоли, а катехины, так же входящие в состав этой ягоды, значительно повышают эффективность лечения злокачественных опухолей с помощью облучения.



*Рисунок 3. Образцы хлеба с использованием клюквы*

### **Булочки с сухофруктами (курагой)**

В силу особенностей приготовления курага теряет значительную долю витаминов, но зато приобретает более высокие содержания клетчатки, пектинов, органических кислот и минеральных веществ, в т. ч. калия, магния, кальция, железа, фосфора и йода, по сравнению со свежими абрикосами. Что и определяет ее лечебные свойства.

Курага полезна при ожирении и сахарном диабете (гликемический индекс кураги всего 30), анемии, ослабленном зрении, заболеваниях щитовидной железы и сердечно-сосудистой системы, в т. ч. гипертонии и сердечной

недостаточности, ее также назначают детям при гиповитаминозе, а взрослым в качестве мочегонного и общеукрепляющего средства.

В 100 г кураги в среднем содержится: вода — 30,1 г, белки — 3,4 г, жиры — 0,5 мг, углеводы — 62,6 г, пищевые волокна (клетчатка) — 7,3 г, органические кислоты — 1,5 г, зола — 4 г.

Витамины в кураге: витамин А (бета-каротин) — 3,5 мг, витамин В1 (тиамин) — 0,015 мг, витамин В2 (рибофлавин) — 0,074 мг, ниацин (витамин В3 или витамин РР) — 2,6 мг, холин (витамин В4) — 13,9 мг, витамин В5 (пантотеновая кислота) — 0,52 мг, витамин В6 (пиридоксин) — 0,14 мг, олеиновая кислота (витамин В9) — 10 мкг, витамин С (аскорбиновая кислота) — 1 мг, витамин Е (токоферол) — 4,3 мг, витамин К (филлохинон) — 3,1 мкг.

Макроэлементы в кураге: калий — 1160 мг, кальций — 55 мг, магний — 32 мг, натрий — 10 мг, фосфор — 71 мг, железо — 2,7 мг, марганец 235 мкг, медь — 343 мкг, селен — 2,2 мкг, цинк — 0,39 мг.



***Рисунок 4. Образцы булочек с использованием кураги***

На основании выше приведенных данных были составлены три рецептуры хлеба профилактического назначения.

При разработке рецептуры экспериментальные образцы хлеба были подвергнуты органолептическому и физико-химическому анализам, которые позволили определить оптимальное соотношение компонентов, входящих в рецептуру, и оценить качество выпеченного хлеба.

В качестве приоритетных задач государственной политики в области здорового питания является производство продуктов функционального назначения, к которым в частности относится и хлеб. Достойно выполнять

такое задание может и обязан каждый производитель, руководствуясь нормами здорового питания и соответствующими рекомендациями науки, к этому и стремимся мы студенты специальности «Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий» и предприятие нашего города ЗАО «Сафоновохлеб».

### **Список литературы:**

1. Ауэрман Л.Я., Технология хлебопекарного производства: Учебник. СПб.: Профессия, 2009 — 385 с.
2. Васюкова А.Т., Пучкова В.Ф.. Современные технологии хлебопечения: Учебно-практическое пособие. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К<sup>о</sup>», 2008. — 224 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГРИБАХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

***Левченко Светлана Петровна***

*магистрант 2 курса, кафедра технической физики и теплоэнергетики  
ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан, г. Семей  
E-mail: [levchenko\\_sveta\\_85@mail.ru](mailto:levchenko_sveta_85@mail.ru)*

***Салханова Әсел Нұрланқызы***

*студент 3 курса, кафедра технической физики и теплоэнергетики  
ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан, г. Семей  
E-mail: [aselya..93@mail.ru](mailto:aselya..93@mail.ru)*

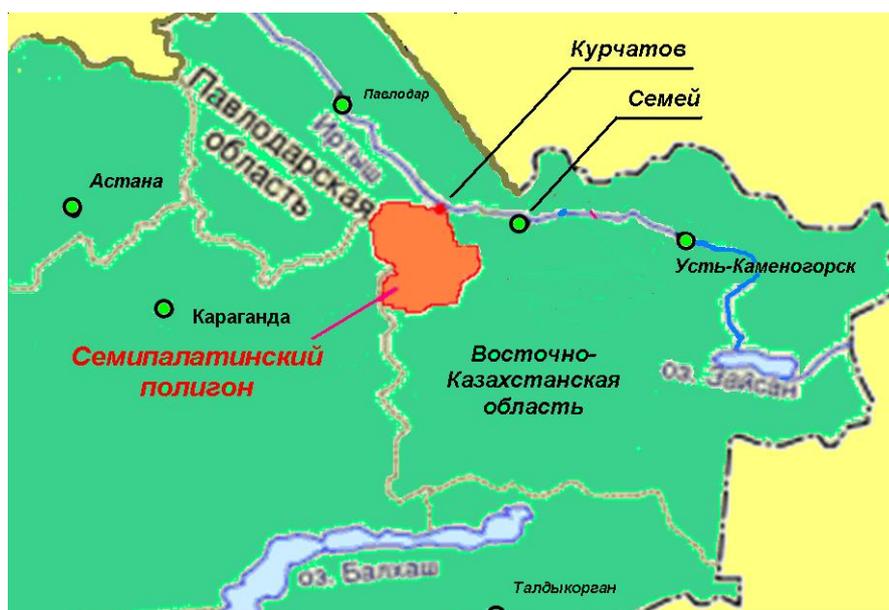
***Ермоленко Михаил Вячеславович***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан, г. Семей*

Радиоактивное излучение и его воздействие на человека представляют серьезную угрозу экологической безопасности Казахстана. Испытания ядерного оружия, которые проводились более 40 лет на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне (рисунок 1), причинили невосполнимый ущерб здоровью людей и окружающей среде. Вся территория Семипалатинской и прилегающие к полигону районы Павлодарской, Восточно-Казахстанской и Карагандинской областей признаны зоной экологического бедствия. Все более пагубно сказываются отдаленные последствия ядерных испытаний, которые передаются из поколения в поколение [8].

Макромицеты (плодовые тела грибов) являются ценным белковым продуктом растительного происхождения, богаты витаминами и микроэлементами.

Грибы являются одним из важнейших компонентов лесных экосистем. На них возложен широкий спектр биосферных функций, среди которых разложение органических веществ является наиболее существенной [6].



**Рисунок 1. Месторасположение Семипалатинского испытательного ядерного полигона**

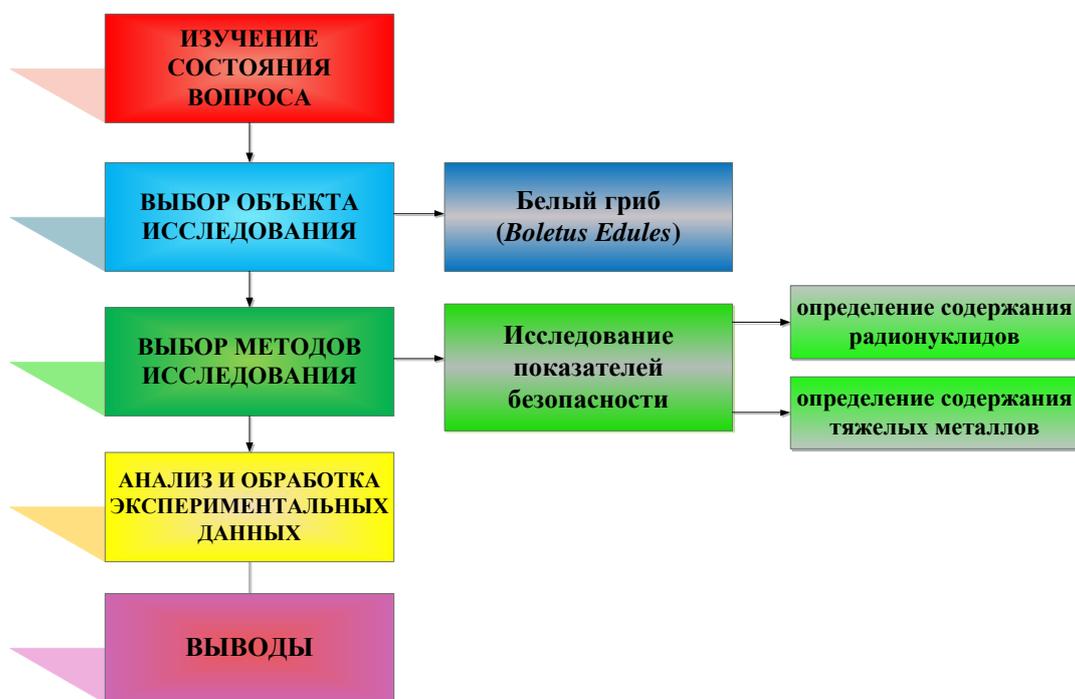
Содержание радионуклидов в грибах определяется многими факторами: видовой принадлежностью грибов, плотностью радиоактивных выпадений и формами их нахождения, свойствами почвы и особенностями водного режима, погодными и другими условиями произрастания [7].

Грибы представляют особый интерес, так как они обладают избирательной способностью к накоплению элементов, особенно опасных для здоровья людей. Опасность предоставляет тенденция съедобных грибов к накоплению тяжелых металлов. Эта способность выражена у них гораздо резче, чем у высших растений и других организмов. Если количество металлов в грибах превышает предельно допустимые концентрации (ПДК), то, поступая в организм человека, они вызывают патологические изменения внутренних органов [11].

Все выше сказанное раскрывает актуальность исследования содержания тяжелых металлов и радионуклидов грибах Восточного Казахстана, близко расположенного к территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона и признанного зоной экологического бедствия.

## **1 Этапы проведения работы**

Этапы проведения работы представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2. Этапы проведения работы**

## **2 Цель и задачи исследования**

*Цель исследования* — определение уровня загрязненности тяжелыми металлами и радиоактивными изотопами грибов, произрастающих на территории Восточного Казахстана.

В процессе выполнения работы ставились и решались следующие задачи:

- определение содержания радионуклидов в исследуемых образцах;
- определение содержания тяжелых металлов в исследуемых образцах;
- анализ и оценка полученных результатов.

## **3 Объект исследования**

В качестве объекта исследования выбран белый гриб (*Boletus edulis*), произрастающий в лесах Бородулихинского района ВКО (рисунок 3).

Исследованию подвергали экземпляры белых грибов различной формы и степени зрелости.

Идентификацию вида грибов проводили по общепринятым критериям, описанным в специальной литературе [4].



*Рисунок 3. Место сбора грибов*

Степень зрелости грибов определяли по комплексу показателей — диаметр шляпки, форма шляпки, размер и состояние ножки, цвет гименофора. Одним из определяющих показателей является диаметр шляпки [2]. По размеру к молодым были отнесены грибы, имеющие диаметр шляпки (2 ÷ 4) см, к грибам среднего возраста — (5 ÷ 6) см, к зрелым грибам — (7 ÷ 10) см.

#### **4 Методы исследования**

Показатели безопасности характеризуют особенности продукта, которые обеспечивают его безвредность и безопасность для человека при потреблении. В качестве показателей безопасности проводятся исследования на содержание в грибах радионуклидов и токсичных элементов.

Белые грибы исследовались в свежем виде на базе лабораторий кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика» и региональной испытательной лаборатории инженерного профиля «Научный центр радиэкологических исследований» ГУ имени Шакарима г. Семей.

Определение содержания радиоактивных элементов в грибах проводили с помощью гамма-спектрометра с электроохлаждаемым детектором GC2019 и цифровым многоканальным анализатором DSA-1000, фирмы «Canberra» (рисунок 4).



***Рисунок 4. Гамма-спектрометр с электроохлаждаемым детектором GC2019 и цифровым многоканальным анализатором DSA-1000***

Гамма-спектрометр снабжен электроохлаждаемым криостатом стержневого типа, имеет вакуумную камеру детектора с охлаждающим штырем, который вставляется в горловину сосуда Дьюара. Элемент детектора удерживается держателем, который электрически изолирован, но термически соприкасающийся с медным охлаждающим штырем. Охлаждающий штырь отводит тепло от узла детектора в резервуар с жидким азотом. Держатель детектора удерживается анти-микрофонным стабилизатором.

Детектор закрыт свинцовой защитой экранирующей воздействие внешних фоновых излучений. Сигнал от детектора поступает на цифровой анализатор спектра DSA-1000 представляет собой полный интегральный многоканальный анализатор с разрешением 16К каналов, построенный на основе современной технологии цифровой обработки сигналов (ЦСП). В сочетании с компьютером DSA-1000 образует законченную спектрометрическую станцию, обеспечивающую проведение набора и анализа спектра с наивысшим качеством. Полученные данные обрабатываются набором программ Genie-2000.

При подготовке проб продукт измельчается, удаляются твердые включения и полученный «фарш» помещают в сосуд Форда, который представляет собой пластиковый цилиндр с крышкой. Исследования проводились в течение 2 часов в соответствии с требованиями СТ РК 1623-2007 [10].

Содержание тяжелых металлов определяли с помощью жидко-плазменного спектрометра VARIAN 820 ICP-MS фирмы «VARIAN» (рисунок 5).



**Рисунок 5. Спектрометр индуктивно-связанной плазмы Varian 820 ICP-MS**

Исследование содержания токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) проводились методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Для перевода проб в раствор, требуется предварительное разложение проб с использованием специальной системы микроволнового разложения Speedwave MWS-2. Speedwave MWS-2 представляет собой СВЧ печь, снабженную десятью автоклавами из фторопласта, объемом по 60 мл каждый. Разложение происходит под давлением до 40 атм. [12].

### **5 Результаты экспериментальных данных**

Определение содержания радиоактивных элементов в грибах проводили согласно разделу 4. Результаты исследований сведены в таблицу 1.

**Таблица 1.**

#### **Содержание радиоактивных элементов в белых грибах**

№ п/п	Радионуклид		Содержание в грибах, Бк/кг	
			эксперимент	ПДК
1	Цезий	$^{137}\text{Cs}$	$15,36 \pm 2,14$	2500
2	Цезий	$^{232}\text{Th}$	$30,18 \pm 5,41$	не нормирован

Из искусственных радионуклидов определился цезий  $^{137}\text{Cs}$ , воздействие которого на живой организм наиболее опасно. Однако содержание радиоцезия

в белых грибах ВКО далеко до максимально допустимой дозы (2500 Бк/кг сухой массы).

Токсичные элементы являются наиболее распространенными загрязнителями пищевых продуктов. Потребление пищевых продуктов, содержащих повышенные количества тяжелых металлов, представляет риск для здоровья людей, который может проявляться острыми и хроническими интоксикациями, а также мутагенным, канцерогенным и эмбриотоксическим эффектами. Для предупреждения этих последствий необходим строгий контроль за попаданием в пищевую продукцию этих элементов [5], поэтому возникает необходимость исследования элементного состава белых грибов.

Определение содержания токсичных элементов в грибах проводили согласно разделу 4 в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53150-2008 [1]. Результаты исследований представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Элементный состав белых грибов (мг/кг сырой массы)**

Элемент	Белый гриб ( <i>Boletus edulis</i> )		ПДК*	АУП**	ВДУП***
	шляпка	ножка			
Железо	0,04	—	—	10—15	45
Кадмий	0,009	0,01	0,1	—	—
Калий	160,4	147,5	—	2500	3500
Кальций	3,46	2,54	—	1250	2500
Кобальт	0,07	0,05	—	0,01	0,03
Марганец	0,03	0,03	—	2	11
Медь	0,18	0,11	—	1	5
Мышьяк	—	—	0,5	—	—
Ртуть	—	—	0,05	—	—
Свинец	—	—	0,5	—	—
Стронций	0,0009	0,0006	—	—	—
Фосфор	995,2	1036,9	—	800	1600
Хром	7,1	7,1	—	0,05	0,25
Цинк	0,40	0,22	—	12	40

\* ПДК — предельно-допустимая концентрация, мг/кг сырой массы;

\*\* АУП — адекватный уровень потребления, мг/сутки;

\*\*\* ВДУП — верхний допустимый уровень потребления, мг/сутки [3].

В целом из полученных данных обращает на себя внимание высокий уровень накопления хрома и незначительный — для кобальта. Однако в таблице приведены данные в расчёте на 1 кг, но съесть килограмм грибов в день просто нереально. Согласно действующему законодательству РК, хром не нормируется ни в свежих растительных продуктах, ни в консервированных. Другими авторами, исследовавшими грибы Семипалатинского Прииртышья, также отмечено высокое содержание хрома (до 10,13 мг/кг) в плодовых телах [9].

#### **Выводы:**

1. Результаты исследований показали, что в рассмотренных образцах содержатся радионуклиды:

- цезий  $^{137}\text{Cs}$  (концентрация незначительна и равна  $15,36 \pm 2,14$  Бк/кг, не превышает максимально допустимую дозу — 2500 Бк/кг);
- торий  $^{232}\text{Th}$  (концентрация равна  $30,18 \pm 5,41$  Бк/кг, ПДК для данного элемента не установлена).

В целом, для белых грибов характерно преобладание естественной радиоактивности над техногенной.

2. Наиболее опасные для здоровья токсичные элементы, такие как свинец, мышьяк, ртуть в исследованных образцах не обнаружены. Содержание кадмия в плодовом теле белого гриба составляет 0,01 мг/кг, что не превышает ПДК (0,1 мг/кг) для этого элемента.

3. В макромицетах обнаружено довольно высокое содержание хрома (до 7,1 мг/кг) и кобальта (до 0,07 мг/кг), что характерно и для почв Восточно-Казахстанской области (для хрома составляет  $(6,9 \div 10,1)$  мг/кг, для кобальта — до 7,5 мг/кг).

4. Содержание остальных элементов, для которых ПДК не установлены, не превышает верхний допустимый уровень суточного потребления, а для некоторых элементов даже не достигает принятых показателей адекватного уровня потребления.

5. Плотность загрязнения белых грибов радионуклидами и тяжелыми металлами в Восточно-Казахстанской области опасности для здоровья человека в настоящее время не представляют.

### Список литературы:

1. ГОСТ Р 53150-2008 — «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении».
2. Дары природы — Статьи: Грибы Казахстана. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://innature.kz>. (дата обращения 05.12.2013).
3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащих санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299.
4. Клепинина З.А., Клепинина Б.В. Справочник грибника. М.: АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2006. — 256 с. — с. 33.
5. Никифорова Т.Е. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: учебное пособие/ ГОУ ВПО «Иван. гос. хим.- технол. ун-т», Иваново, 2007, 132 с. — 37 с.
6. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум: пер. с англ. М.: Мир, 1986. — 328 с. — с. 27—30.
7. Памятка для населения, проживающего на территории, загрязненной радиоактивными веществами, 2-е изд., Мн. 1997. — 24 с. — с. 10.
8. Семипалатинский испытательный полигон.- Павлодар: Дом печати. 2008, — 40 с. — 7 с.
9. Сибиркина А.Р. Аккумуляция хрома грибами соснового бора Семипалатинского Прииртышья Республики Казахстан // Электронный научный журнал: Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 2. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.science-education.ru/102-5449> (дата обращения: 19.12.2013).
10. СТ РК 1623-2007 — «Радиационный контроль. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка».
11. Цветнова О.Б., Щеглов А.И. Грибы — биоиндикаторы техногенного загрязнения // Природа. — 2002. — № 11. — С. 39—46.
12. Instruction manual Varian 820 ICP-MS, SINGLE PHASE EUR.

## СЕКЦИЯ 9. РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА

### TOUCHSIDE — КОМПЬЮТЕРНЫЙ МАНИПУЛЯТОР

*Солопченко Святослав Анатольевич*

*Горохова Екатерина Сергеевна*

*Стучков Антон Витальевич*

*Волиин Максим Евгеньевич*

*студенты 2 курса Института Кибернетики НИ ТПУ,  
РФ, г. Томск*

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

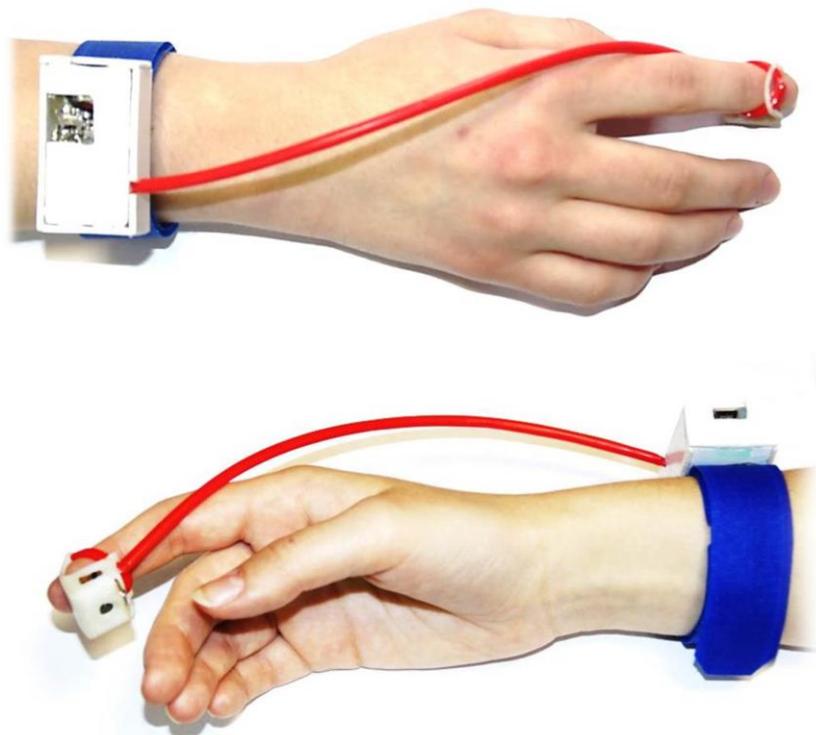
#### **Введение**

Сегодня жизнь современного человека тесно связана с компьютером, поэтому очень важно, чтобы работать с ним было комфортно и удобно. Однако при этом мы сталкиваемся с рядом проблем. Как правило, попеременное использование клавиатуры и мыши отнимает время. Также часто возникают ситуации, когда использовать мышь затруднительно, например, в дороге или при работе с компьютером на природе.

Для решения поставленных выше проблем была произведена модернизация компьютерной мыши. Разработанное нами устройство, под названием TouchSide, представляет собой компактный манипулятор, заменяющий компьютерную мышь, который одевается на указательный палец и управляется за счет его движения по поверхности. Как результат, созданное устройство TouchSide позволяет пользователям работать практически на любой поверхности и не требует затрат времени на перенос руки от клавиатуры к мыши и обратно.

Устройство будет полезно и интересно широкой аудитории. С одной стороны, школьникам, студентам и офисным сотрудникам, с другой стороны,

людям, которые работают с компьютером на природе, в транспорте и иных местах, где сложно найти ровную поверхность для управления мышью.



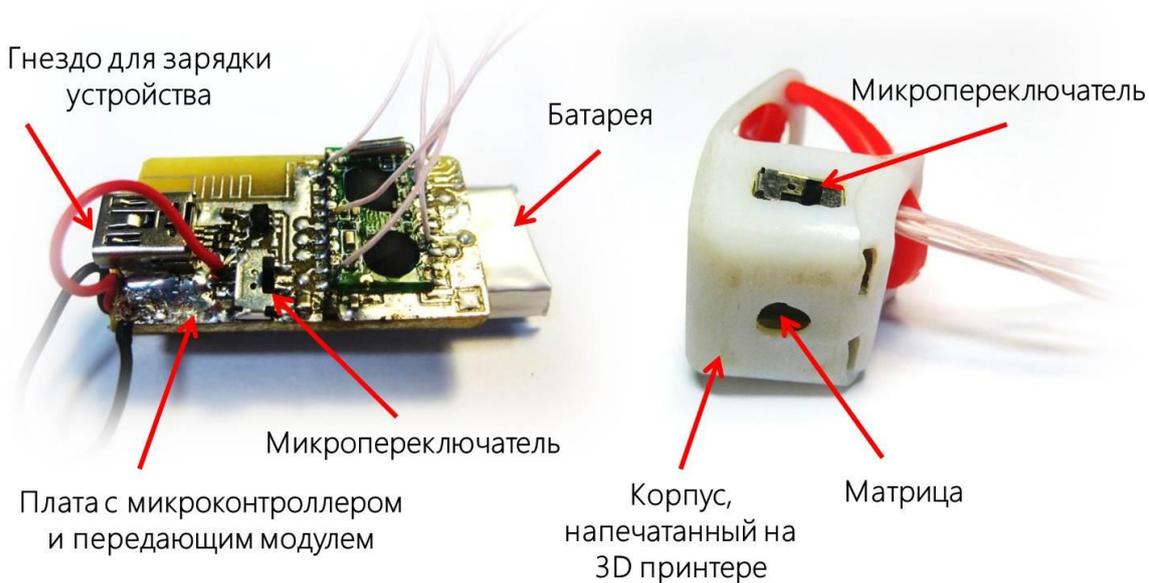
*Рисунок 1. TouchSide на руке пользователя*

### ***Описание технической части***

Остановимся подробнее на технической составляющей устройства. Принцип работы устройства такой же, как и у компьютерной мыши. Изображение опорной поверхности фокусируется на светочувствительной матрице при помощи линзы. Контроллер обрабатывает полученную последовательность изображений, определяя вектор перемещения устройства по поверхности. Эта информация передается на компьютер посредством беспроводного канала, затем она обрабатывается, и в результате мы наблюдаем движение курсора по экрану.

Сконструированное нами устройство состоит из нескольких частей. Пластиковый корпус содержит плату с микроконтроллером, передающим

модулем, а также аккумулятор. Он крепится на предплечье с помощью браслета. Сигнальные линии соединяют микроконтроллер с матрицей, закрепленной на кончике пальца, которая помещена для удобства в другой пластиковый корпус, сконструированный нами и напечатанный на 3D принтере. Также корпус содержит кнопку, расположенную под подушечкой пальца. При нажатии на неё происходит событие, аналогичное щелчку левой кнопки мыши. Слева на корпусе находится кнопка выключения устройства. Внешний вид TouchSide и его составных частей представлен на рисунках 1, 2 и 3.



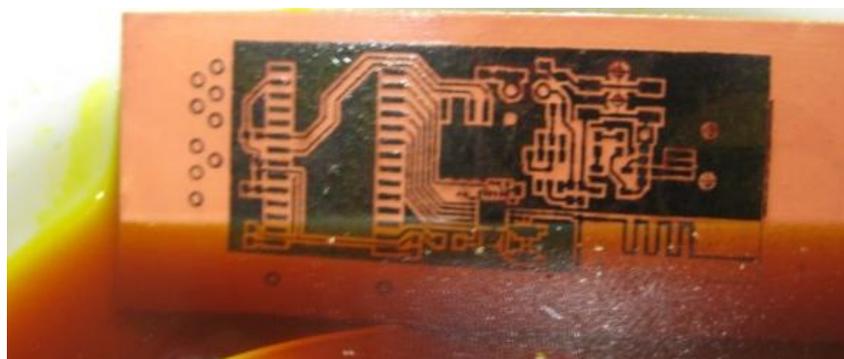
**Рисунок 2. Устройство TouchSide**



**Рисунок 3. Устройство кнопки TouchSide**

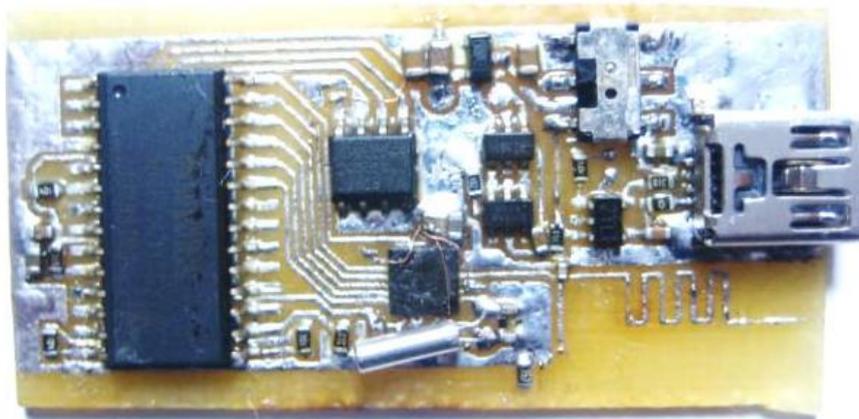
Одним из важных этапов создания устройства было проектирование и изготовление платы. Проектирование осуществлялось при помощи САПР DipTrace.

Изготовление платы производилось методом травления (рис. 4) [2]. На глянцевой бумаге был напечатан проект платы. Затем он крепился на фольгированный стеклотекстолит. Стеклотекстолит был помещен в раствор хлорного железа, по истечению некоторого времени не защищенная тонером фольга растворилась, оставшиеся, защищенные тонером линии образовали дорожки платы.



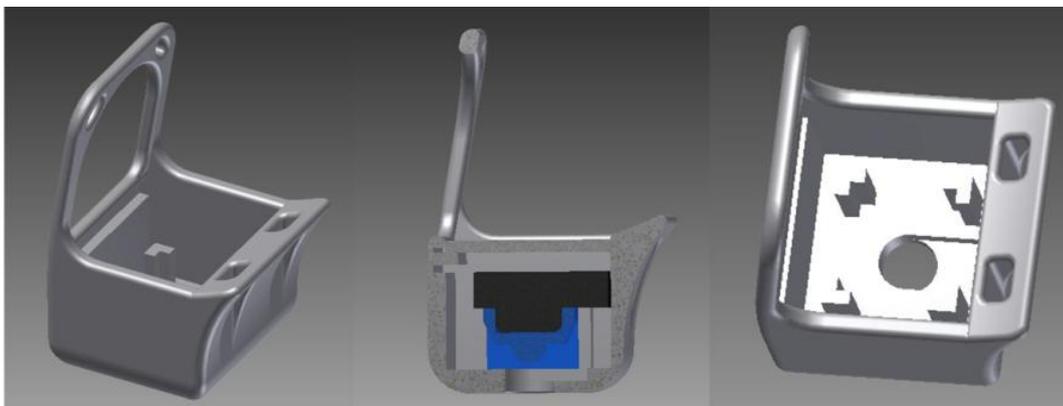
*Рисунок 4. Процесс травления платы*

Последний этап создания платы — распайка деталей, необходимых для функционирования TouchSide. Плата содержит микроконтроллер, чип памяти, содержащий программу для микроконтроллера, передающий модуль, а также MiniUSB разъем для зарядки аккумулятора TouchSide (рис. 5).



*Рисунок 5. Запаянная печатная плата*

При реализации устройства TouchSide кроме решения технической задачи, необходимо было решить и эстетическую задачу, то есть разработать корпус устройства. Проектирование корпуса производилось в 3D системе автоматизированного проектирования (САПР) Autodesk Inventor (рис. 6).



*Рисунок 6. Сборка корпуса в САПР Autodesk Inventor*

### ***Обзор аналогов устройства***

На рынке есть несколько аналогов устройства TouchSide. Рассмотрим несколько из них.

1. Устройство компании «Master Kit», которое имеет достаточно большие габариты и подключается к компьютеру с помощью шнура, что сильно ограничивает рабочую поверхность [3].

2. Разработка студентов Вустерского Политехнического Института (WPI) из США: данное устройство использует набор сенсоров для отслеживания положения руки в пространстве, однако его стоимость составляет около \$150 ≈ 5400 руб. [1].

Каждый из рассмотренных выше аналогов имеет свои достоинства и недостатки. Как известно стоимость и мобильность устройства, пожалуй, одни из важных параметров для потребителя. Созданное устройство TouchSide сочетает в себе мобильность и невысокую цену, что будет интересно потребителям.

## ***Результаты***

В ходе реализации проекта TouchSide создан один работающий опытный образец нового устройства ввода. Стоит отметить, что созданный образец имеет свои преимущества и недостатки, которые планируется исправить при дальнейшем развитии проекта. Также конструкция модели может быть улучшена за счет дизайна, уменьшения веса, добавления функции прокрутки и правой кнопки мыши.

## **Список литературы:**

1. 3D Computer Mouse Designed by WPI Undergraduates Wins One of 10 Invention Awards from Popular Science — WPI [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.wpi.edu/news/20067/popsciaward.html> (дата обращения: 24.02.2014).
2. Изготовление печатных плат [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://сhem.net/master/11.php> (дата обращения: 20.02.2014).
3. Оптическая мышь на палец MT6022 | Новости МАСТЕР КИТ [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.masterkit.ru/info/newsarcshow.php?num=2582> (дата обращения: 24.02.2014).

## СЕКЦИЯ 10. ТЕХНОЛОГИИ

### ИССЛЕДОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

***Николаева Наталья Викторовна***

*студент 2 курса, Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров, Сафоновский филиал областного государственного бюджетного образовательного учреждения среднего профессионального образования «Смоленский промышленно-экономический колледж»,  
РФ, г. Смоленск  
E-mail: [sptvc@mail.ru](mailto:sptvc@mail.ru)*

***Бовтунова Татьяна Николаевна***

*научный руководитель, преподаватель спец дисциплин Сафоновского филиала  
ОГБОУ СПО «Смоленский промышленно-экономический колледж»,  
РФ, г. Смоленск*

Важными видимыми результатами природной деятельности является образование отходов, среди которых отходы полимерных материалов и они занимают ведущее место, так как имеют специфические свойства.

Материалы из полимеров — вид синтетических материалов с различными технологическими, физическими, и эксплуатационными, и потребительскими свойствами. Мировое производство полимерных материалов в настоящее время составляет 180 млн. тонн, при этом в государствах Западной Европы, в странах Азии и Океании, а так же Северной Америки выпускается около 50 млн. тонн.

Прирост производства синтеза пластмасс за последние 10—15 лет в Китае, Пакистане, Малайзии, Индии происходит намного быстрее, чем в странах Северной Америки и Европы. По потреблению пластмасс на душу населения индустриально-развитые страны опережают намного развивающиеся страны. По прогнозам кратность опережения и в 2015 году сохранится.

Для полимеров характерен сложный состав, основной частью которого является синтетический полимер, а так же в него входят различные добавки, которые обеспечивают различные потребительские и технологические

свойства, а именно: пластичность, плотность, долговечность, звукопоглощение, тепло - или электропроводность.

Практически все добавки являются токсичными веществами. На первый план выдвигается создание новых добавок, по прогнозу аналитиков в 2000 г. выпуск вырос до 7500 т., а к 2013 г — достиг до 10200 т. Эти вещества будут введены в пластики, а затем потребляемые пластики обязательно перейдут в отходы.

По данным Европейской статистики более трети объема производства полимерных материалов используется на упаковку и тару, иначе говоря, на изготовление таких изделий, у которых потребительская ценность задолго теряется до того времени, когда свои исходные свойства полимерный материал теряет. Мониторинг использования пластмасс показал, что каждый год приблизительно из 45 млн. тонн полимерных материалов, расходуемых странами Европы, реальным вторичным сырьем являются около 25 млн. тонн, которое подлежит возврату в технологическую переработку. На упаковку пищевых продуктов расходуется 47 % из этого количества пластиков. Использование пластических масс при изготовлении упаковки являются высокая эстетика и низкая цена, удобство и безопасность. Высокую популярность пластмасс объясняет набор ценнейших служебных свойств, которые достигнуты в результате оптимизации условий синтеза. Важным конкурентом стеклу, керамике, металлу представляет упаковка из пластиков, т. к. при изготовлении стеклянных бутылей потребуется на 21 % энергии больше, чем на бутылки из полимеров.

Увеличение областей применения пластмасс во многих отраслях промышленности и расширение развития производства тары и упаковки из полимеров вместе с положительными результатами создало и проблему утилизации отходов полимерного сырья. Решение проблем утилизации отходов потребовало совершенствования и разработки новых научно и экологически обоснованных технологических решений.

Вследствие того, что мировое производство полимеров в начале 3-го тысячелетия по объему превысило такие традиционные отрасли, как цветная и черная металлургия, появилась еще очень важная экологическая проблема, которая неразрывно связана с полимерными технологиями — это защита окружающей среды.

### **Переработка отходов полимеров**

Для полимерной промышленности важной проблемой является вторичная переработка бывших в употреблении полимерных материалов. В связи с расширением ассортимента возвращаемых в технический оборот отходов из пластиков и разновидностями отработавших свой срок эксплуатации изделий, привели к необходимости разработки новых технологических решений, которые позволяют восстановить свойства деструктированных полимеров. В итоге образовалось перспективное направление — рециклирование полимеров, которое позволяет разрабатывать комбинированные специфические технологические процессы.

Утилизация полимерных отходов с точки зрения воздействия на окружающую среду может рассматриваться как серьезный экономический фактор, так как в повторное использование поступают материалы и энергия. В настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов приобретает актуальное значение не только со стороны охраны окружающей среды, но еще и с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся большим сырьевым и энергетическим ресурсом. При использовании отходов полимеров можно в большинстве случаев экономить первичное сырье и электроэнергию. Утилизация полимерных отходов связана с рядом проблем, которые имеют свою специфику.

В настоящее время в мире разрабатываются и предлагаются разнообразные методы вторичной переработки. Существенный прогресс достигнут в химической и механической переработке и в выделении энергии, но эти методы отличаются по своим недостаткам и достоинствам и по степени распространенности.

## Классификация вторичных отходов пластических масс:

1. Вторичные отходы производства, которые образуются при производстве и переработке термопластичных материалов. Эти отходы делятся на устранимые и неустраимые вторичные отходы. Обрезки, литники, кромки, облой, высечки относятся к неустраимым технологическим отходам. При производстве и переработке неустраимых отходов полимеров образуется от 5 до 35 %. Высококачественное сырье, относящееся к неустраимым отходам, не отличается от исходного первичного полимера по своим свойствам. Переработка такого сырья в изделия может изготавливаться на том же предприятии, так как не требует специального оборудования. Образование устранимых технологических отходов производства (технологический брак) происходит, если не соблюдаются режимы синтеза и переработки полимерных материалов. Из вторичных отходов производства изготавливаются различные изделия, а также их используют в качестве добавки к исходному сырью.

2. Отходы, которые накапливаются в результате деструкции изделий из полимерных материалов, используемых в разнообразных отраслях народного хозяйства (тара и упаковка, детали машин, использованные шины, мешки из-под удобрений, отходы сельскохозяйственной пленки). Эти отходы представляют собой более однородные, малозагрязненные массы и поэтому имеют наибольший интерес с точки зрения их повторной переработки;

3. Отходы в процессе бытового потребления, которые попадают на городские свалки; и в последствии становятся смешанными отходами.

Процесс переработки смешанных отходов связан с большими трудностями. Основная причина заключается в несовместимости термопластичных материалов, входящих в состав бытового мусора, что требует их фракционного выделения. Сбор утилизированных изделий из пластмасс у населения является очень сложным мероприятием, т. к. это процесс трудно организовать и пока еще не налажен в нашей стране. Огромное количество отходов уничтожают сжиганием или захоронением в почву. Уничтожение отходов сложно технически и экономически невыгодно. Затапление, захоронение, сжигание

отходов из полимеров ведет к загрязнению окружающей среды, организации свалок, что приводит к сокращению земельных угодий. Но эти способы остаются достаточно широко распространенными способами уничтожения отходов из полимерных материалов. Для получения пара и электроэнергии используют тепло, выделяется при сжигании полимерных материалов. Однако, калорийность сжигаемого сырья мала, и установки, в которых производят сжигание, являются малоэффективными с экономической точки зрения. Кроме того, в результате процесса сжигания происходит выделение токсичных газов, образуется сажа, так как идет неполное сгорание полимерных продуктов, и воздушные и водные бассейны повторно загрязняются, а за счет сильной коррозии происходит быстрый износ печей.

Работы по созданию био-, фото- и водоразрушаемых полимеров интенсивно начали развиваться в начале 1970-х годов прошлого века. Синтез деструктурированных полимерных материалов произвел огромную сенсацию, поэтому способ переработки, бывших в употреблении биополимеров, рассматривался, как самый лучший. Дальнейшие исследования в этом направлении показали, что в таких изделиях сочетать красивый товарный внешний вид, высокие физико-механические характеристики, низкую стоимость и способность к быстрому разрушению очень трудно.

Исследования в области отходов полимеров в последние годы значительно сократились, материальные затраты на производство таких полимеров, значительно выше, чем при получении обычных пластических масс, поэтому является экономически невыгоден такой способ уничтожения.

Важным способом использования отходов пластмасс является их повторное использование — утилизация. Затраты капитальные и эксплуатационные по основным способам утилизации отходов меньше, чем затраты на их уничтожение. Положительной стороной утилизации является получение дополнительного количества полезных продуктов для различных отраслей народного хозяйства и экологическая проблема минимальна.

К основным способам утилизации отходов пластических масс относятся:

- а. пиролиз полимера;
- б. получение исходных низкомолекулярных продуктов (олигомеров, мономеров);
- в. вторичная переработка отходов.

Процесс пиролиза — это термическое разложение органических продуктов в присутствии кислорода или без его участия. Этот процесс переработки полимерных отходов способствует получить высококалорийное топливо, полуфабрикаты и сырье, используемые в различных технологических процессах и мономеры, необходимые для синтеза высокомолекулярных соединений.

Газообразные продукты термического разложения пластмасс могут использоваться в качестве топлива для получения рабочего водяного пара. Жидкие продукты используются для получения теплоносителей. Спектр применения твердых (воскообразных) продуктов пиролиза отходов пластмасс очень разнообразен. Это компоненты различного рода защитных составов, пропиточных материалов, эмульсий, смазок.

Разработаны также процессы каталитического гидрокрекинга для превращения полимерных отходов в бензин и топливные масла. Многие полимеры в результате обратимости реакции образования могут снова разлагаться до исходных веществ. Способы расщепления полиэтилен-терефталата, вспененных полиуретанов и полиамидов имеют значение и для практического использования. Продукты расщепления используют снова в качестве сырья для проведения процесса поликонденсации или как добавки к первичному материалу. Имеющиеся в этих продуктах примеси, часто не позволяют получать высококачественные полимерные изделия, такие как, волокна, но чистота их достаточна для изготовления легкоплавких и растворимых клеев, литевых масс.

Процесс гидролиза является реакцией, обратной поликонденсации. Продукты поликонденсации разрушаются до исходных соединений с помощью

гидролиза при направленном действии воды к местам соединения компонентов. Используемые катализаторы и рН среды влияют на глубину протекания реакции.

Энергетически более выгоден гидролиз использования отходов, чем пиролиз, так как в оборот возвращаются высококачественные химические компоненты. Для расщепления отходов полиэтилентерефталата по сравнению с гидролизом более экономичен другой способ — гликолиз. При высоких температурах и давлении в присутствии двухатомного спирта-этиленгликоля и с участием катализаторов происходит разрушение до получения чистого дигликольтерефталата. Самым распространенным термическим методом переработки отходов полиэтилентерефталата является их расщепление с помощью одноатомного метилового спирта — метанолиз. Этот процесс протекает при определенных условиях: температуре выше 150<sup>0</sup>С и давлении 1,5 МПа, и ускоряется катализаторами реакции переэтерификации. Данный метод достаточно экономичен. В производственной практике применяют и комбинацию методов гликолиза и метанолиза.

Наиболее приемлемым для отечественной практики является вторичная переработка отходов полимерных материалов механическим рециклингом. Этот способ переработки не требует дорогого специального оборудования и может быть использован в любом месте накопления отходов.

### **Список литературы:**

1. Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов. Из-во ТГТУ, Тамбов, 2005.
2. Крыжановский В.К. Технология полимерных материалов. СПб: Профессия, 2008.
3. Ф. Ла Мантия (ред.); пер.с англ. под ред. Заикова Г.Е. Вторичная переработка пластмасс. СПб: Профессия, 2007.

## СЕКЦИЯ 11. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ПОДАВЛЕНИЯ ТОРРОИДАЛЬНОЙ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ С МАГНИТНЫМИ ЭКРАНАМИ ОТ ЧАСТОТЫ ПРОПУСКАЕМОГО ПО НЕЙ СИГНАЛА

*Корнев Игорь Александрович*

*студент 5 курса, кафедра физики полупроводников СГУ,  
РФ, г. Саратов  
Email: [sennsey51@gmail.com](mailto:sennsey51@gmail.com)*

*Тимофеев Антон Игоревич*

*студент 5 курса, кафедра прикладной физики СГУ,  
РФ, г. Саратов*

*Шаповалов Александр Степанович*

*научный руководитель, д-р физ.-мат. наук, профессор,  
зав. кафедрой прикладной физики СГУ,  
РФ, г. Саратов*

#### **1. Введение.**

В подвижных средствах электрического транспорта для снижения уровня помех, создаваемых двигателем и другим электрооборудованием, используются так называемые реакторы помехоподавления [2] — устройства, обладающие высокими значениями индуктивности и способные пропускать токи большой величины. Основной функцией таких устройств является пропускание с минимальными потерями потребляемого средствами электрического транспорта постоянного тока с одновременным максимальным снижением сопровождающих его гармоник переменного тока в широком диапазоне частот.

Одной из основных задач при создании реакторов помехоподавления является минимизация их габаритов, массы и стоимости [2]. В настоящей работе была предпринята попытка решить эту задачу за счет введения в конструкцию реакторов магнитных экранов, минимизирующих внешние магнитные поля рассеивания основы реактора — катушки индуктивности.

При этом введение экрана компенсировало минимизацию количества витков катушки, что и обеспечивало снижение ее габаритов и массы.

В настоящей работе проводится экспериментальное исследование зависимости индуктивности реакторов и их частотных характеристик подавления [1] от количества витков катушек индуктивности и параметров магнитных экранов.

## **2. Исследование зависимости величины индуктивности от количества витков катушек индуктивности и параметров магнитных экранов.**

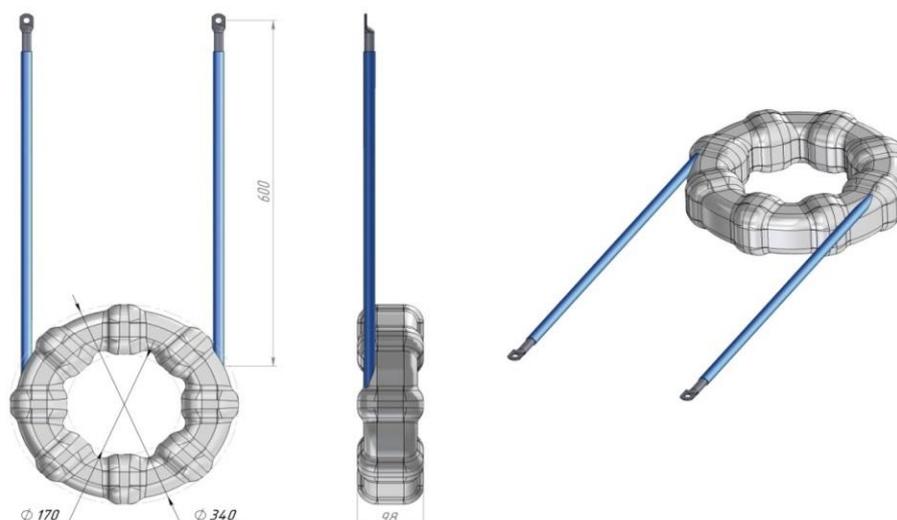
Индуктивность катушек реакторов помехоподавления измерялась с помощью цифрового измерителя RLC E7-8. С помощью этого прибора измерялся и комплексный импеданс реакторов.

В качестве объектов измерения использовались катушки с разным количеством витков (12, 18 и 24) и с различным количеством магнитных экранов.

Каждая катушка представляла собой отрезок соленоида из медного провода сечением  $50 \text{ мм}^2$ , намотанного на основание диаметром 195 мм, а затем снятого с него и зафиксированного. После фиксации витков (стягивания их лентой друг с другом) вокруг сечения катушки обматывалась лента из электротехнической (трансформаторной) стали, образуя магнитный экран [2].

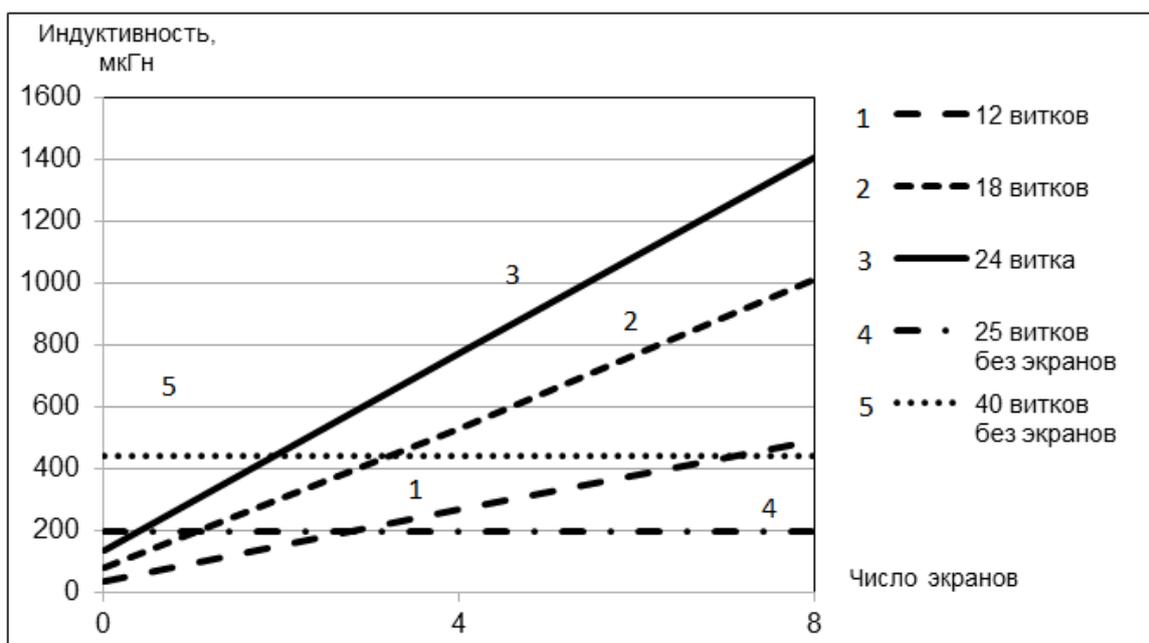
Внешний вид исследуемых катушек с максимальным количеством установленных на них магнитных экранов (по 8 на каждой катушке) представлен на рисунке 1.

Результаты измерений представлены кривыми 1÷3 на рис. 2. Каждая кривая отражает изменение индуктивности одного из типов катушек в зависимости от числа магнитных экранов. Для сравнения пунктирными линиями (см. кривые 4,5) представлено значения индуктивности прототипов исследуемых катушек — «воздушных» (без магнитных экранов) катушек с существенно большим числом витков токопровода (соответственно 25 и 40).



***Рисунок 1. Внешний вид и ориентировочные размеры реактора помехоподавления***

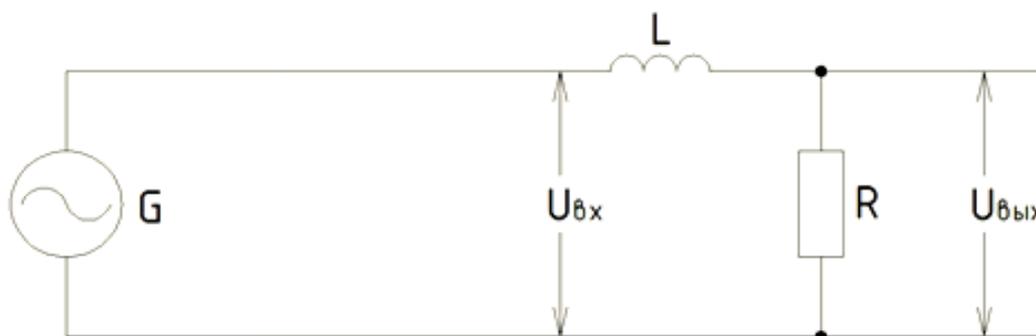
В результате этих измерений была показана принципиальная возможность существенного (минимум, в 2,2 раза) снижения количества витков катушки из токопровода за счет использования магнитных экранов [3]. При этом удалось даже несколько увеличить значения индуктивности каждой из исследуемых катушек. Однако для окончательного решения вопроса о применимости такого подхода к минимизации массогабаритных характеристик реакторов, представлялось необходимым экспериментально сравнить частотные характеристики подавления исследуемых катушек индуктивности [2] с различным количеством витков токопровода и различным числом магнитных экранов с катушками существующих на данный момент серийно выпускаемых изделий.



**Рисунок 2.** Результаты измерения зависимости индуктивности всех типов исследуемых реакторов от числа магнитных экранов

### 3. Экспериментальное исследование частотных характеристик подавления.

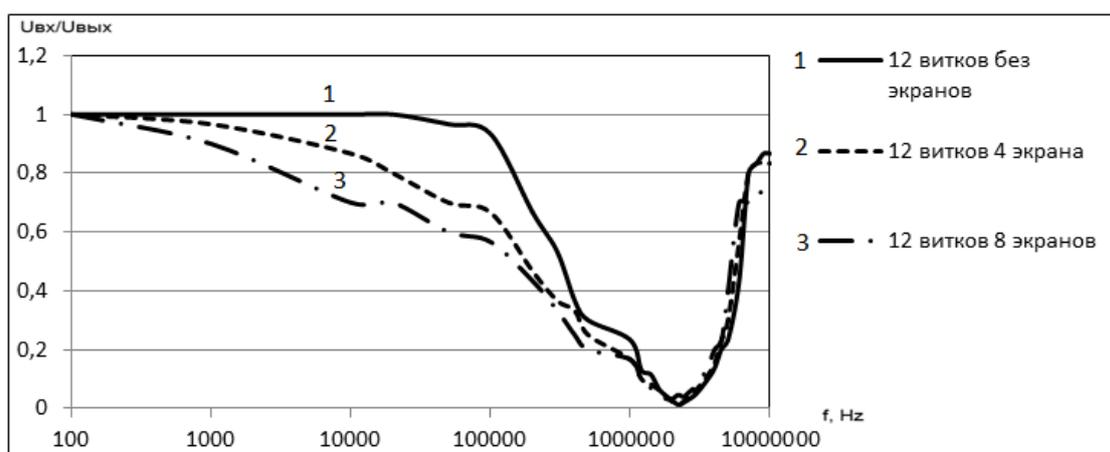
Для измерения частотной характеристики подавления реакторов была собрана схема, представленная на рисунке 3 [1]. В качестве основных приборов в нее входили генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112 и осциллограф DSO 5034A (300 MHz).



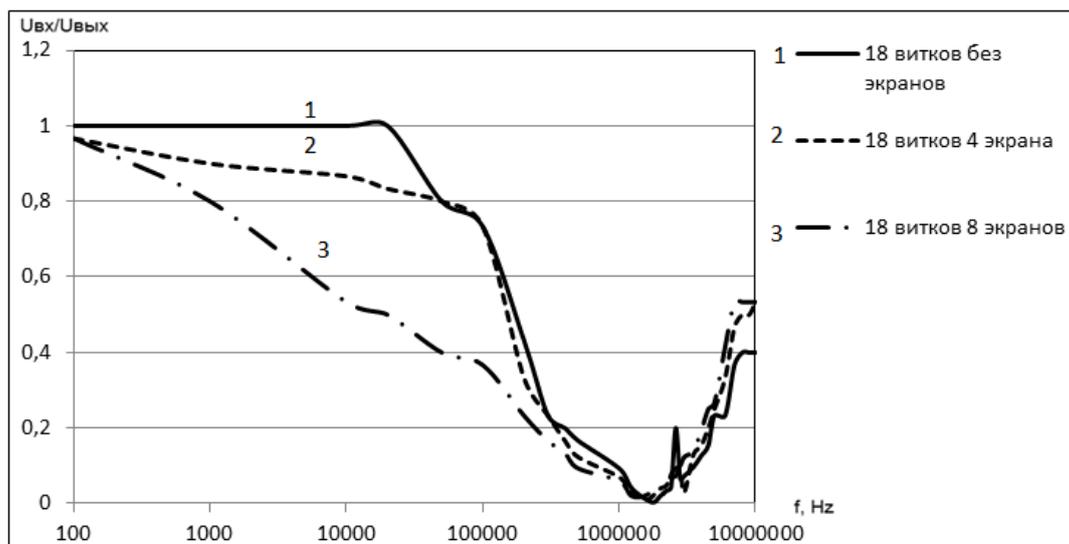
**Рисунок 3.** Измерительная схема для определения частотных характеристик подавления:  $L$  — испытываемый радиореактор;  $G$  — генератор гармонических сигналов;  $R = 55 \text{ Ом}$  — нагрузочный резистор

Измерения проводились в диапазоне частот от 100 Гц до 10 МГц.

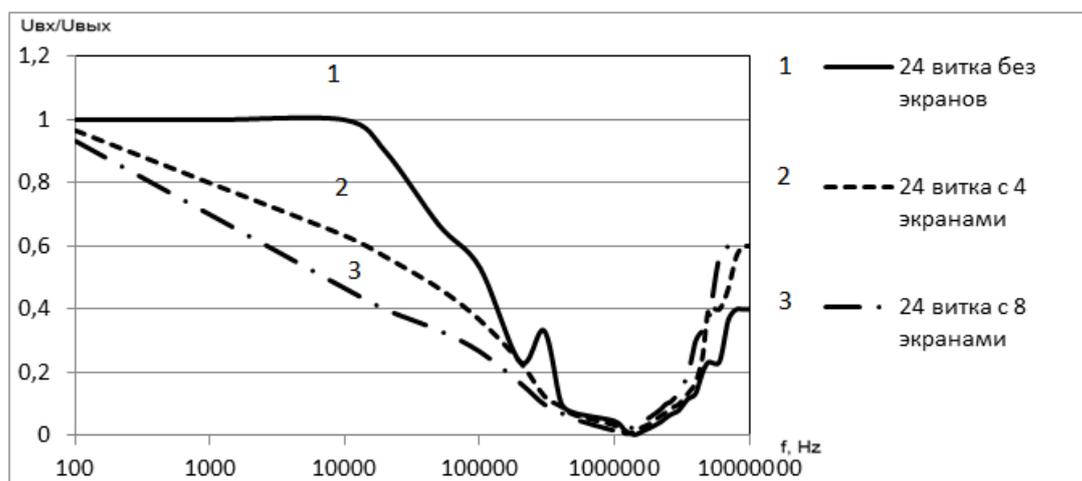
На рис. 4, 5, 6 представлены частотные характеристик исследуемых образцов реакторов помехоподавления с числом витков катушки соответственно 12, 18 и 24 витка. На каждом из этих графиков представлено по 3 частотных зависимости для каждого из реакторов, измеренных для каждой из катушек с различным числом магнитных экранов (0, 4 и 8).



**Рисунок 4. Частотная характеристика подавления образца реактора с 12 витками катушки индуктивности: кривая 1 — для катушки без магнитных экранов, 2 — с 4 магнитными экранами, 3 — с 8 магнитными экранами**



**Рисунок 5. Частотная характеристика подавления образца реактора с 18 витками катушки индуктивности: кривая 1 — для катушки без магнитных экранов, 2 — с 4 магнитными экранами, 3 — с 8 магнитными экранами**



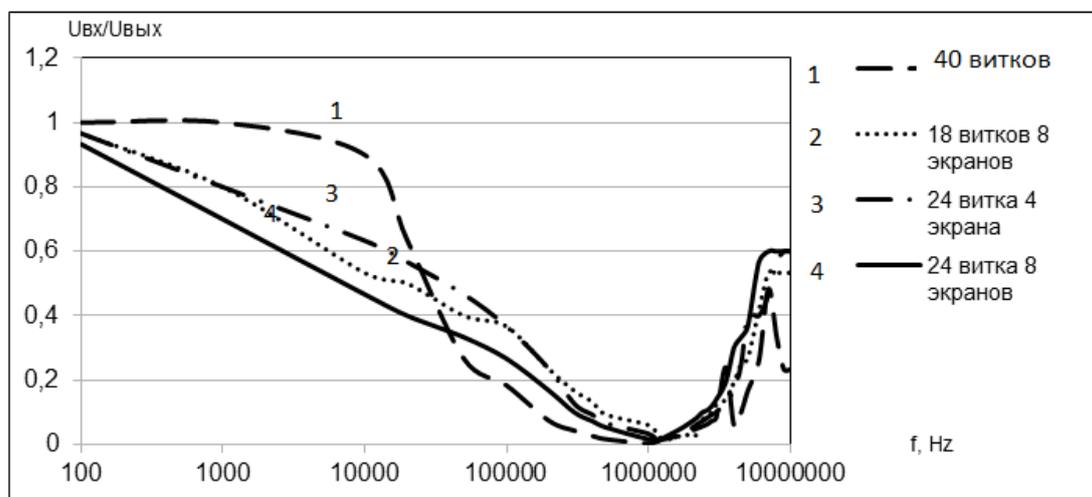
**Рисунок 6. Частотная характеристика подавления образца реактора с 24 витками катушки индуктивности: кривая 1 — для катушки без магнитных экранов, 2 — с 4 магнитными экранами, 3 — с 8 магнитными экранами**

Для сравнения полученных характеристик с характеристиками прототипов, построенных на основе «воздушных» катушек (без магнитных экранов), наиболее близкие к прототипам частотные характеристики образцов сведены на общие графики:

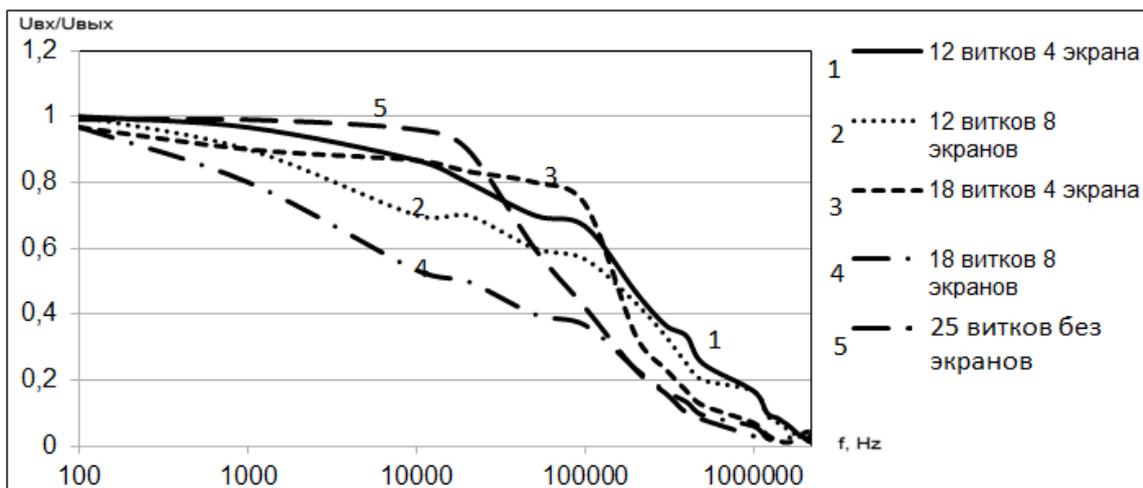
- воздушная катушка с общим количеством витков, равным 40, сравнивается с катушками с 18 и 24 витками с различным числом магнитных экранов (рисунок 7);
- воздушная катушка с общим количеством витков, равным 25, сравнивается с катушками с 12 и 18 витками, также с различным числом экранов (рисунок 8);

Проведенный анализ показывает, что по совокупности характеристик реактор без магнитных экранов с общим количеством витков, равным 40, может быть заменен на исследуемый образец с 18 витками катушки и 8 магнитными экранами, при этом будет реализован весьма существенный запас по коэффициенту подавления во всем исследуемом диапазоне частот. На образце с 12 витками катушки и 8 магнитными экранами в большей части диапазона частот коэффициент подавления также выше, чем на прототипе (воздушной катушке с общим количеством витков, равным 25) кроме частотной

области (от  $\sim 80$  кГц до  $\sim 1,5$  МГц), где он несколько меньше. Однако в наиболее важной (для этих типов устройств) области частот выше 1,5 МГц, коэффициент подавления высших гармоник [1] исследуемого образца выше, чем у прототипа.



**Рисунок 7.** Сравнение частотных характеристик подавления воздушной катушки с общим количеством витков, равным 40 (кривая 1), с наиболее соответствующими ей частотными характеристиками исследуемых реакторов



**Рисунок 8.** Сравнение частотных характеристик подавления воздушной катушки с общим количеством витков, равным 25, с наиболее соответствующими ей частотными характеристиками исследуемых реакторов

Причем, судя по полученным зависимостям, у исследуемых образцов с магнитными экранами отсутствуют в этой области достаточно высокочастотные резонансы, имеющиеся у их прототипов на основе «воздушных» катушек (см., например, рисунок 7). К положительным результатам следует отнести и сдвиг максимумов коэффициентов подавления в более высокочастотную область.

#### **4. О насыщении магнитных экранов.**

В качестве магнитных экранов использовалась лента из электротехнической стали марки 3408, сечением 0,35\*3,5 мм, достигающая предельной намагниченности при индукции поля  $\sim 2,2$  Тл [1]. Практически, заметное изменение свойств сердечников из такого материала начинается при индукции  $\sim 1,65$  Тл. Достигаемая в режиме максимального тока — 400 А индукция поля в катушке с 24 витками достигает максимального уровня 0,237 Тл. Это почти на порядок ниже порогового значения магнитного поля, при котором имеет место сколь либо заметное изменение свойств сердечников из упомянутого выше материала. Таким образом, опасность потери магнитных свойств из-за насыщения сердечников при протекании по нему постоянного тока фактически отсутствует.

#### **Заключение**

В результате проведенных экспериментальных исследований удалось получить достоверные данные о влиянии магнитных экранов на индуктивность тороидальных катушек. Показано, что количество необходимого для получения заданной индуктивности токопровода при использовании магнитных экранов может быть уменьшено в несколько раз.

Практическая значимость этой работы обусловлена тем, что полученная (за счет использования магнитных экранов) возможность уменьшения числа витков катушек индуктивности реакторов помехоподавления позволила значительно снизить массогабаритные характеристики реакторов, а соответственно и их себестоимость.

Проверка основной функциональной характеристики реакторов с магнитными экранами – их частотных характеристик подавления — позволила сделать окончательный вывод о целесообразности описываемого подхода. К тем же выводам приводит и оценка возможности насыщения экранов при протекании по токопроводу рабочего тока.

На основе проведенных исследований удалось создать два типа реакторов помехоподавления, широко используемых в настоящее время в отечественных моделях троллейбусов.

### **Список литературы:**

1. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. — 488 с.
2. Патент на полезную модель № 138345 «Устройство для подавления помех при работе подвижного состава городского электротранспорта»
3. Coil32. Программа расчёта индуктивности катушек. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:// <http://coil32.narod.ru/calculate-online.html> (Дата обращения 01.04.2014).

## СЕКЦИЯ 12. ЭНЕРГЕТИКА

### УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА МЕТОДОМ СНИЖЕНИЯ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА

***Жолбарысов Исахан Амантаевич***

*магистрант 2 курса, кафедры Техническая физика и теплоэнергетика,  
ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан, г. Семей  
E-mail: [mr.isahan@inbox.ru](mailto:mr.isahan@inbox.ru)*

***Степанова Ольга Александровна***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент кафедры Техническая физика  
и теплоэнергетика, ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан, г. Семей*

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Республики Казахстан оказывает определяющее влияние на развитие национальной экономики. Данный факт обусловлен не только значимостью ТЭК как одного из главных факторов инфраструктуры жизнедеятельности общества, но и как финансово-экономической деятельности производственных сил Республики и страны в целом.

В большей степени, такое положение ТЭК предопределяется наличием богатых природных ресурсов и крупным производственным потенциалом регионов [1, с. 5].

Теплоэнергетическая отрасль относится к межотраслевой энергетике, то есть, находится на стыке развития отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Сложная, многофункциональная инфраструктура является ее отличием. Теплоэнергетическую отрасль представляют предприятия, производящие тепловую, электрическую энергию (ТЭС, котельные и т. д.), а также потребители тепловой энергии, взаимодействие которых обеспечивается функционированием тепловых сетей. В связи с этим, положительная тенденция развития теплоэнергетической отрасли напрямую

оказывает свое влияние на уровень энергообеспечения предприятий всех отраслей национальной экономики, а также на качество и комфортные условия жизни населения Республики.

Хочется отметить важную, но далеко неблагоприятную роль воздействия энергетики на окружающую среду. Тепловые электрические станции (таблица 1) являются основными источниками загрязнения. Наиболее распространенными вредными выбросами от ТЭС являются оксиды азота. Они образуются при сжигании всех видов топлива, а их количество, выбрасываемые в атмосферу, зависит от вида используемого топлива, способов организации процесса горения и очистки уходящих газов [2].

**Таблица 1.**

**Усредненные показатели загрязнения атмосферы тепловыми электростанциями**

Загрязняющие вещества	Виды топлива			
	Каменный уголь	Бурый уголь	Мазут	Природный газ
Двуокись серы, %	6,0	7,7	7,4	0,002
Твердые частицы, %	1,4	2,7	0,7	—
Окислы азота, %	21,0	3,45	2,45	1,9
Фтористые соединения, %	0,05	0,11	0,004	—

Исследования проводились (рисунок 1) на ГКП «Теплокоммунэнерго» Семипалатинской ТЭЦ-1, с мощностью турбин 12 МВт.

Объектом исследования были выбраны котлоагрегаты при сжигании твердого топлива — БКЗ 90/75 (уголь разреза Каражыра) и жидкого топлива — ПТВМ-50 (мазут).

Содержание оксидов азота в составе дымовых газов измеряли газоанализатором марки ПЭМ 4М (рисунке 2).

В процессе окисления горючих веществ топлива происходят весьма сложные химические превращения, которые не могут быть описаны простыми уравнениями. Но их можно рассчитать, если знать состав и концентрации газов образующихся в результате горения, что позволяет сделать газоанализатор — прибор для измерения состава газовой смеси.



***Рисунок 1. Этапы проведения работы***



***Рисунок. 2 Газоанализатор ПЭМ 4М***

Переносной портативный газоанализатор ПЭМ 4 М предназначен для оперативного измерения концентрации оксида углерода, оксида азота, диоксида серы и кислорода в дымовых газах топливосжигающих установок на любом виде топлива, а также температуры отходящих газов, температуры и давления окружающей среды. Дополнительно вычисляются концентрации диоксида углерода, сумма оксидов азота, коэффициент избытка воздуха и коэффициент полезного действия [3].

Результаты экспериментов были обработаны на ПЭВМ с помощью Excel.

По результатам экспериментальных исследований был построен график изменения коэффициента избытка воздуха в зависимости от теплопроизводительности (рисунок 3).

Изменение коэффициента избытка воздуха в зависимости от теплопроизводительности для котла на угле описывается уравнением (1), которое было получено при обработке экспериментальных данных:

$$\alpha = -0,002 \cdot Q + 1,720 \quad (1)$$

где:  $Q$  — теплопроизводительность, ГДж/час;

$\alpha$  — коэффициент избытка воздуха;

$R^2$  — величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ),  $R^2 = 0,936$ .

Изменение коэффициента избытка воздуха в зависимости от теплопроизводительности для котла на мазуте описывается уравнением (2), которое было получено нами при обработке экспериментальных данных:

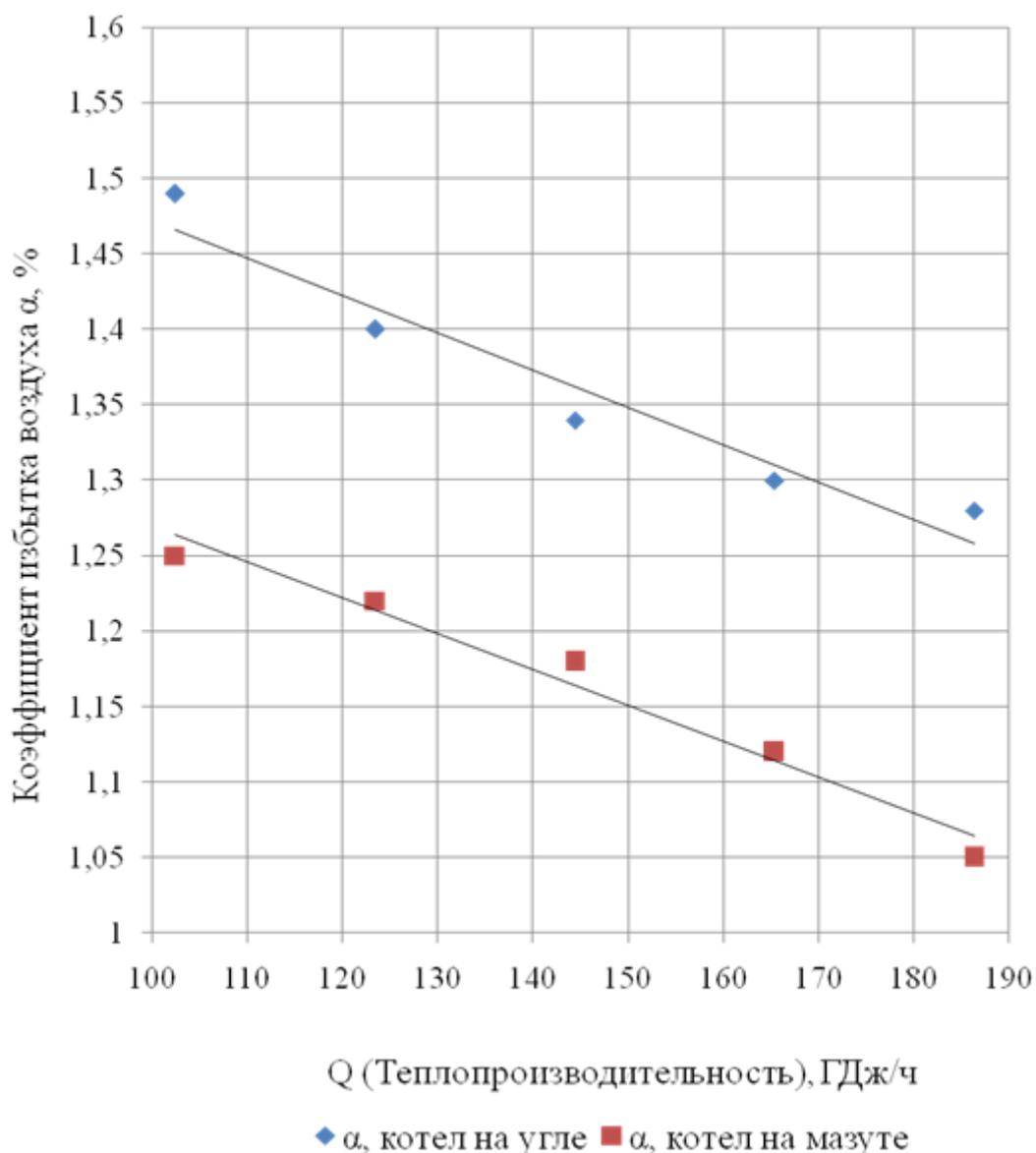
$$\alpha = -0,002 \cdot Q + 1,508 \quad (2)$$

где:  $Q$  — теплопроизводительность, ГДж/час;

$\alpha$  — коэффициент избытка воздуха;

$R^2$  — величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ),  $R^2 = 0,971$ .

Полученные результаты показывают, что коэффициент избытка воздуха уменьшается с ростом теплопроизводительности.



**Рисунок 3. Изменение коэффициента избытка воздуха в зависимости от теплопроизводительности**

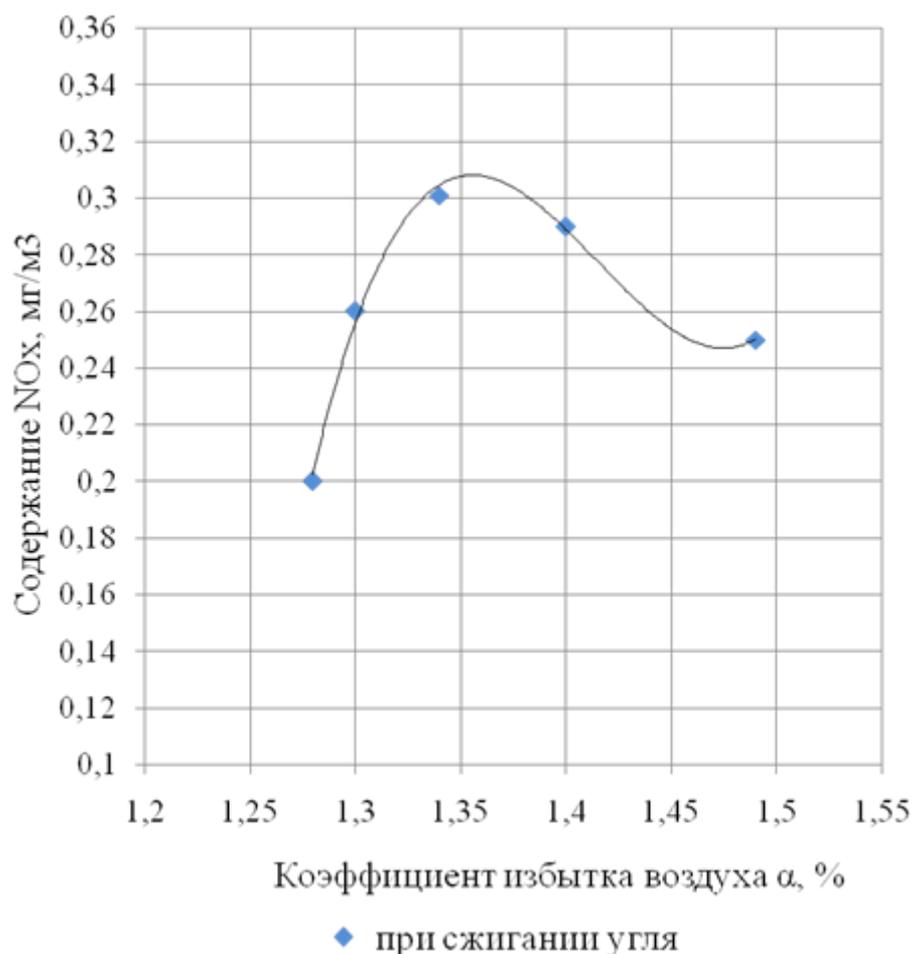
Изменение содержания оксида азота при сжигании угля в зависимости от коэффициента избытка воздуха описывается уравнением (3), которое было получено нами при обработке экспериментальных данных:

$$NO_x = 72,2\alpha^3 - 306,5\alpha^2 + 433,1\alpha - 203,3 \quad (3)$$

где  $\alpha$  — коэффициент избытка воздуха, %;

$NO_x$  — содержание оксида азота, мг/м<sup>3</sup>;

$R^2$  — величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ),  $R^2 = 0,993$ .



**Рисунок 4. Зависимость содержания  $NO_x$  от коэффициента избытка воздуха,  $\alpha$**

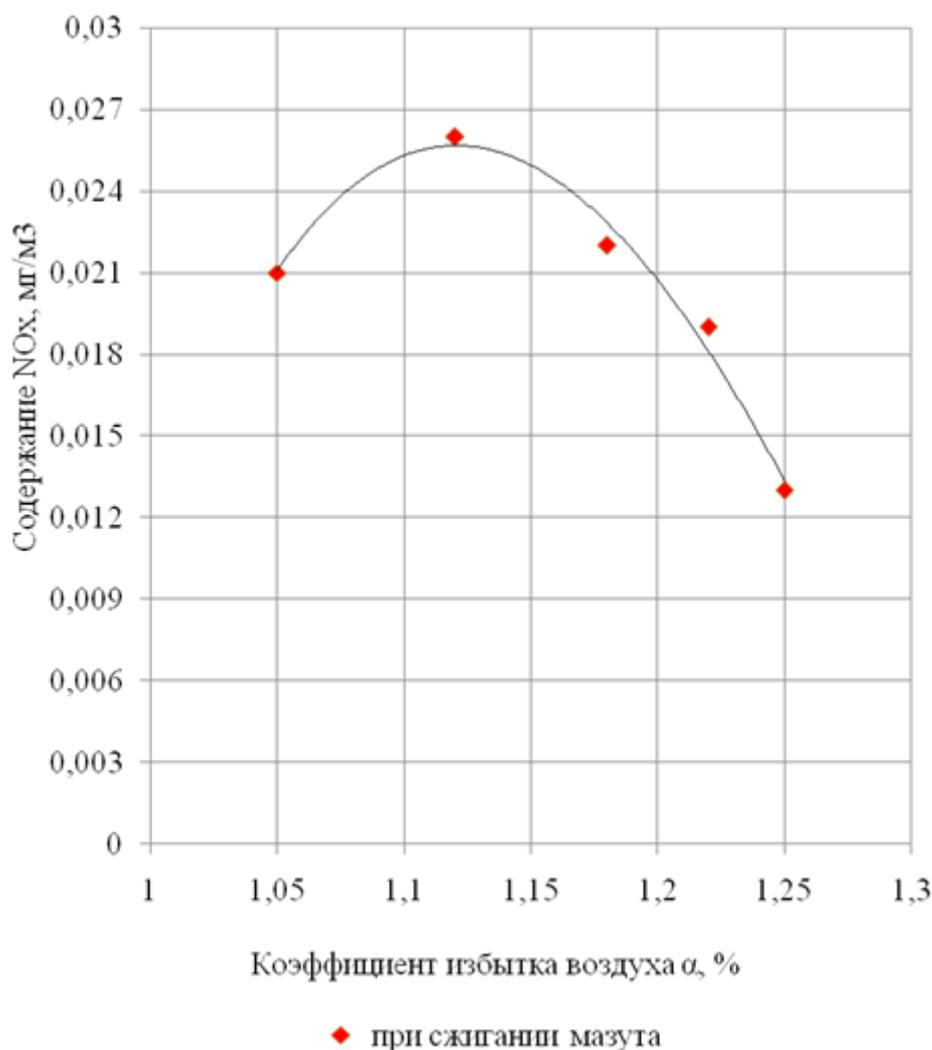
Изменение содержания оксида азота при сжигании мазута в зависимости от коэффициента избытка воздуха описывается уравнением(4), которое было получено нами при обработке экспериментальных данных:

$$NO_x = 0,944\alpha^3 - 4,035\alpha^2 + 5,483\alpha - 2,382 \quad (4)$$

где  $\alpha$  — коэффициент избытка воздуха, %;

$NO_x$  — содержание оксида азота, мг/м<sup>3</sup>;

$R^2$  — величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ),  $R^2 = 0,981$



**Рисунок 5. Зависимость содержания  $NO_x$  от коэффициента избытка воздуха,  $\alpha$**

### **Вывод**

Одним из наиболее распространенных методов по уменьшению выбросов оксидов азота, является снижение избытка воздуха в топочной камере. Эффективность данного метода зависит от вида сжигаемого топлива и особенностей котлоагрегата и процесса сжигания.

Из экспериментальных исследований видно, что большее значение  $NO_x$ , в составе дымовых газов соответствует такому значению коэффициента избытка воздуха, который достигается при полном сгорании топлива: для котла на мазуте при величинах  $\alpha = (1,05 \div 1,27)$  и для котла на угле -  $\alpha = (1,27 \div 1,5)$ .

## Список литературы:

1. Орумбаева Ш.Р. «Управление развитием теплоэнергетической отрасли Республики Казахстан: инновационный подход»: Дис. ... д-р. экон. наук: 6D050700. Алматы, 2012. — 203 с.
2. Приказ и.о. Министра здравоохранения Республики Казахстан. Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху. № 629 от 18.08.2004 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1050601&page=2](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1050601&page=2) (дата обращения 11.04.2014).
3. ПЭМ 4М газоанализатор многокомпонентный переносной электрохимический [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.gazoanalizator-ankat.ru/sozдание-materiala-produkcija.html-42> (дата обращения 11.04.2014).

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ УВЛАЖНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

***Николаенко Руслан Абдулмеджидович***

*магистрант 2 курса, кафедра технической физики и теплоэнергетики  
ГУ имени Шакарима города Семей,  
Республика Казахстан, г. Семей  
E-mail: [nik\\_ruslan@bk.ru](mailto:nik_ruslan@bk.ru)*

***Ермоленко Михаил Вячеславович***

*научный руководитель, канд. тех. наук, и. о. доцента  
ГУ имени Шакарима города Семей,  
Республика Казахстан, г. Семей*

Анализ мирового опыта в решении проблемы энергосбережения показывает, что экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является стратегической задачей государства. Одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей, что и является актуальностью данной работы.

Эксплуатация трубопроводов тепловых сетей в условиях не только увлажнения изоляции, но и в условиях полного затопления является достаточно распространенным явлением и встречается практически во всех крупных городах и промышленных центрах [2].

В настоящее время разработана методика оценки тепловых потерь трубопроводов тепловых сетей в условиях затопления каналов тепловых сетей, которая базируется на математическом моделировании процессов тепловлагообмена в пористой структуре теплоизоляционного слоя [4].

Затопление канальной прокладки трубопроводов может быть вызвано хорошей водопроницаемостью железобетонных конструкций ввиду некачественной заделки стыков стенок и швов конструкции при монтаже (в этом случае трубопровод затапливается грунтовыми и поверхностными водами) [5].

Теоретическому анализу работы трубопроводов тепловых сетей во внестатных условиях и в частности в условиях увлажнения изоляции посвящено много публикаций, в которых рассматриваются основные факторы, влияющие на интенсификацию процесса потерь тепловой энергии. В частности главным фактором роста тепловых потерь при эксплуатации трубопровода называется рост эффективного коэффициента теплопроводности тепловой изоляции при насыщении ее влагой [3, 1].

Однако экспериментальных работ по определению потерь тепловой энергии трубопроводов тепловых сетей в условиях увлажнения изоляции или затопления каналов трубопроводов в доступной научно-технической литературе нет.

Целью данной работы является разработка лабораторного стенда по исследованию тепловых режимов трубопроводов тепловых сетей и экспериментальное определение тепловых потерь теплопровода в условиях увлажнения тепловой изоляции.

При проведении эксперимента воссоздавались реальные условия работы трубопроводов тепловых сетей в условиях увлажнения тепловой изоляции, в масштабе, позволяющем без серьёзных капиталовложений, измерить все необходимые величины.

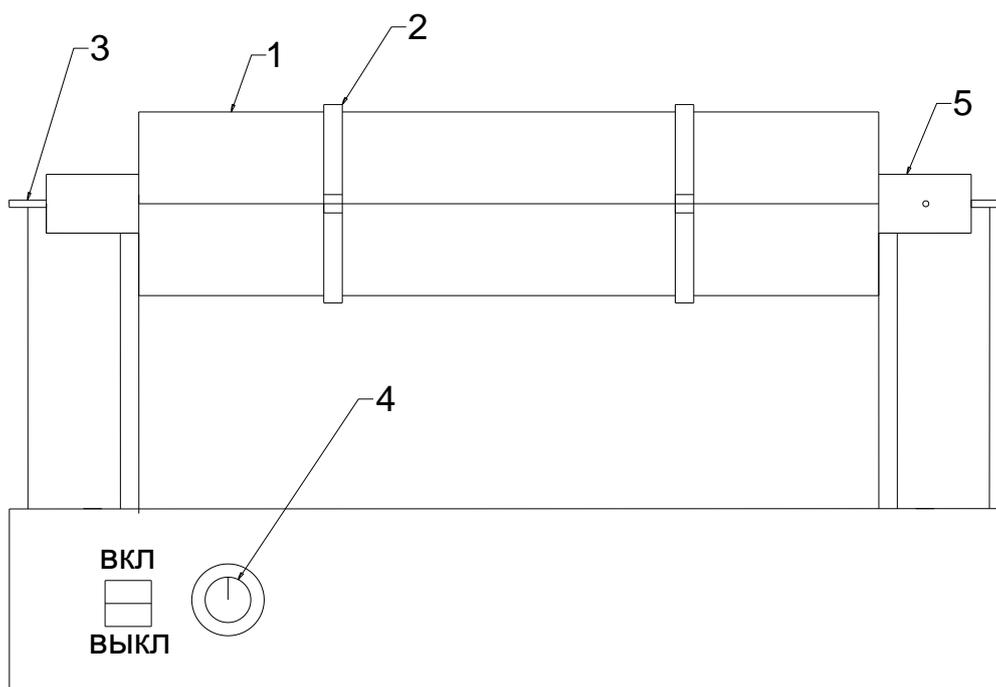
Для проведения эксперимента по определению тепловых потерь в условиях увлажнения тепловой изоляции использовалась лабораторная установка (рисунок 1), представляющая собой цилиндрический металлический кожух с внутренним диаметром 100 мм, длиной 0,5 м и электрический нагреватель, помещенный внутрь трубы внутренним диаметром 32 мм, длиной 0,6 м.

Внутри металлической трубы внутренним диаметром 32 мм, имитирующей трубопровод тепловой сети и покрытой слоем изоляции в виде минеральной ваты с толщиной 65 мм, располагается трубчатый электронагреватель (ТЭН), с диаметром 13 мм и длиной 0,62 м.

В качестве первичных преобразователей температуры термопары и Pt100 зонды.

Термопара под номером 1 находится на 1/2 толщины изоляции, 2 на внешней поверхности изоляции, 3 на поверхности металлического кожуха.

Температура внутри трубы имитирующей трубопровод тепловой сети измерялась при помощи Pt100 зонда.



**Рисунок 1. Внешний вид лабораторной установки: 1 — металлический кожух; 2 — скрепляющие хомуты; 3 — электрический нагреватель; 4 — терморегулятор; 5 — труба имитирующая трубопровод тепловой сети**

Электрический сигнал от термопар регистрировался при помощи прибора КИМО ТМ 200 позволяющего присоединять до шести вводов и контролировать значения в диапазоне изменения температур  $(-200 \div 1300)^\circ\text{C}$ .

Эксперименты проводились при фиксированных значениях температуры на поверхности ТЭНа. Эксперименты проводились для периода времени, который соответствовал выходу процесса на стационарный режим теплопроводности. Время выхода процессов на стационарный режим

составляло, при различных опытах, от 4 до 6 часов, в зависимости от температуры наружной поверхности ТЭНа.

При этом считалось, что стационарный режим наступает тогда, когда в течение 2 часов, значения температуры, в контролируемых точках не изменяется. В качестве изоляционного материала использовалась минеральная вата, так как это самый распространенный изоляционный материал, который применяется при канальной прокладке тепловых сетей.

Опыт проводился в следующем порядке: сначала теплоизоляционный материал смачивался водой до полного увлажнения изоляции, далее включался электронагреватель.

Эксперименты проводились для температур поверхности трубчатого электронагревателя от 70 °С до 90 °С, с шагом в 5 °С.

В таблицах 1, 2 приведены типичные результаты экспериментальных значений температур, при температуре поверхности ТЭНа 90 °С. В таблице 1 в условиях увлажнения тепловой изоляции, а в таблице 2 в условиях сухой изоляции.

**Таблица 1.**

**Сводная таблица экспериментальных данных в условиях увлажнения тепловой изоляции, при температуре 90 °С**

Зонд, °С	91,7	91	89,7	89,8	90,6	89,6	89,5	90,4
Термопара № 1, °С	72,9	77,2	79,6	81,7	82,3	82,3	82,4	82,7
Термопара № 2, °С	67,5	74,3	77,5	80,2	81,1	81	80,9	81,3
Термопара № 3, °С	52,2	65,3	68,5	69,3	70,4	70,2	70,1	70
Время, мин	-	60	120	230	305	370	405	430

**Таблица 2.**

**Сводная таблица экспериментальных данных в условиях сухой изоляции при температуре 90 °С**

Зонд, °С	89,4	90,1	89,5	89,8	90,6
Термопара № 1, °С	52,3	55,9	59	60,4	63,5
Термопара № 2, °С	36,9	39,6	43,7	45,2	47,2
Время, мин	-	30	90	150	230

Из данных приведенных в этих таблицах видно, что стационарный режим теплопроводности наступает через 6 часов при работе экспериментальной установки в условиях затопления и 1,5 часа при работе экспериментальной установки без затопления.

В таблице 3 сгруппированы результаты исследований величины тепловых потерь полученных экспериментальным путем в условиях увлажнения изоляции  $Q_1$ , в условиях сухой изоляции  $Q_2$ .

**Таблица 3.**

**Сравнение тепловых потерь**

Температура, °С	Тепловые потери, Вт/м		
	$Q_1$	$Q_2$	$\frac{(Q_1 - Q_2)}{Q_1} \cdot 100\%$
90	45,49	13,37	70
85	38,95	11,75	69,8
80	32,92	10,23	68,9
75	29,55	8,84	70
70	26,36	7,3	72,3

Результаты, приведенные в таблице 3, свидетельствуют о том, что тепловые потери теплопровода в условиях увлажнения возрастают на величину около 70 %.

**Список литературы:**

1. Иванов В.В., Букаров Н.В., Василенко В.В. Влияние увлажнения изоляции и грунта на тепловые потери подземных теплотрасс // Новости теплоснабжения. — 2002. — № 7. — С. 32—33.
2. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Затопление каналов тепловых сетей: причины и последствия // Новости теплоснабжения. 2006. № 8.
3. Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Численный анализ потерь тепла в магистральных теплотрубопроводах, в условиях полного или частичного затопления // ИФЖ. Том 81. № 2.
4. Петров-Денисов В.Г., Масленников Л.А. Процессы тепло- и влагообмена в промышленной изоляции. М.: Энергоатомиздат. 1983. — 156 с.
5. Шишкин А.В. Определение потерь тепла в сетях централизованного теплоснабжения // Теплоэнергетика. — 2003. — № 9. — 72—77 с.

# **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА Т-ОБРАЗНОЙ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ УЗЛОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С АСИНХРОННОЙ НАГРУЗКОЙ**

***Сатпаев Дмитрий Сергеевич***

*студент 4 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [satpaevdmitriy.kz@yandex.ru](mailto:satpaevdmitriy.kz@yandex.ru)*

***Иващенко Александра Валерьевна***

*студент 3 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ, РФ, г. Омск  
E-mail: [sandra\\_ivashenko@mail.ru](mailto:sandra_ivashenko@mail.ru)*

***Новикова Светлана Юрьевна***

*студент 3 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [svetlanchik\\_novikova@mail.ru](mailto:svetlanchik_novikova@mail.ru)*

***Розинкин Данил Анатольевич***

*студент 4 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [danil\\_2@mail.ru](mailto:danil_2@mail.ru)*

***Планков Александр Анатольевич***

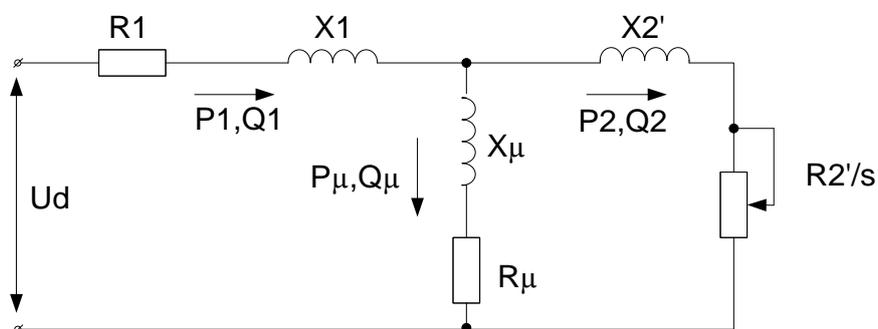
*научный руководитель, канд. техн. наук, старший преподаватель  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [mail\\_tochka\\_ru@mail.ru](mailto:mail_tochka_ru@mail.ru)*

При исследовании статической устойчивости узла с асинхронной нагрузкой с целью определения характеристик асинхронного двигателя (АД) и исследования его статической устойчивости необходимо рассчитать параметры АД, для чего используется схема замещения двигателя.

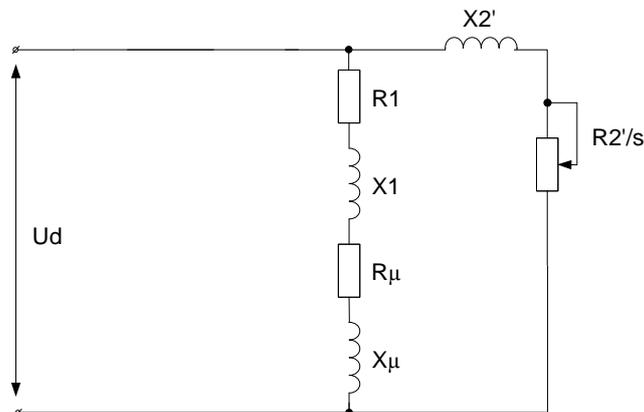
Наиболее полно характеристики АД и эффекты, происходящие в нем, отражает Т-образная схема замещения асинхронной машины (рисунок 1). Она позволяет найти точные расчетные формулы для всех величин, характеризующих электромагнитные процессы в машине [3]. Т-образная схема

замещения состоит из трех цепей: статорная цепь, роторная цепь и цепь намагничивания [7]. Электромагнитными параметрами при анализе Т-образной схемы замещения являются активное сопротивление  $R_1$  и индуктивность  $L_1$  статора, активное сопротивление  $R_2'$  и индуктивность  $L_2'$  ротора, активное сопротивление  $R_\mu$  и индуктивность  $L_\mu$  цепи намагничивания [8].

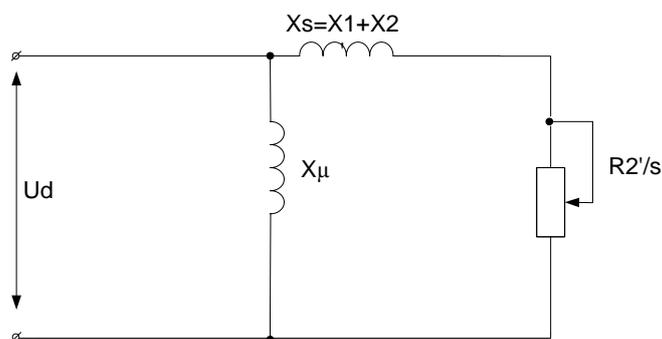
Однако в настоящее время в инженерных расчетах для упрощения математических операций используют Г-образную (рисунок 2) и упрощенную Г-образную (рисунок 3) схемы замещения АД [3, 1].



**Рисунок 1. Т-образная схема замещения асинхронного двигателя**



**Рисунок 2. Г-образная схема замещения асинхронного двигателя**



**Рисунок 3. Упрощенная Г-образная схема замещения асинхронного двигателя**

Данное упрощение производится на основании анализа соотношений между параметрами Т-образной и Г-образной схем замещения [3]. В ходе анализа Г-образной схемы замещения АД ветвь намагничивания «выносится» к месту приложения напряжения  $U_d$ . При переходе от Т-образной схемы к Г-образной используется коэффициент преобразования [2], что может вносить погрешность в расчет параметров АД. При расчете Г-образной схемы изменение нагрузки не влияет на намагниченный ток, и, следовательно, в номинальном режиме он оказывается завышенным примерно на 5 % [3].

При изучении статической устойчивости асинхронной нагрузки Г-образная схема замещения обычно упрощается [5]. Упрощенная Г-образная схема замещения достаточно точна только при идеальном холостом ходе: скольжении  $s=0$  [3]. В схеме не учитываются: коэффициент преобразования, активное сопротивление ветви намагничивания  $R_m$ , реактивное сопротивление статора  $X_1$ , активное сопротивление статора  $R_1=0$ . В результате чего может возникнуть погрешность при вычислении токов, перетоков активных и реактивных мощностей в АД.

Кроме того, как отмечается в [5], переход от Т-образной схемы замещения к упрощенной Г-образной приводит к погрешности 3—5 % в определении силы тока ротора. На величину вращающего момента оказывают влияние вихревые токи в стержнях ротора и нелинейность магнитных характеристик статора [3]. Использование Т-образной схемы замещения позволяет повысить точность

расчета вращающего момента асинхронного двигателя для номинального режима на 5 % по сравнению с расчетом по Г-образной схеме замещения [1].

Исходя из вышеизложенного, необходимо провести сравнительный анализ результатов расчетов параметров АД и его характеристик при использовании различных схем замещения: Т-образной, Г-образной и упрощенной Г-образной. При этом в расчет вносятся дополнительные допущения [5]:

1. Расчет производится для эквивалентного двигателя (ЭД).

В реальных случаях нагрузка в узле многообразна, при этом возможно наличие сразу нескольких АД с различными параметрами. Поэтому при исследовании устойчивости узла рассматривается ЭД с усредненными параметрами [4].

2. Расчет производится для новых машин, которые только выпущены заводом-изготовителем и не имеют дефектов [7, 8, 6], например, витковых и межвитковых замыканий, повреждений поверхности электротехнической стали, нарушения балансировки ротора.

3. Режим работы АД считается симметричным, поэтому расчет производится для одной фазы двигателя без взаимного влияния на другие фазы.

4. Согласно [5], в схемах замещения АД не учитывается активное сопротивление ветви намагничивания  $R_{\mu}$ .

Расчет параметров схем замещения производился для АД 0,4 кВ, параметры которых представлены в таблице 1 [5].

*Таблица 1.*

### Паспортные данные АД

Паспортные данные АД	Мощность АД, кВт						
	7,5	15	30	55	90	110	160
1	2	3	4	5	6	7	8
Номинальное напряжение, $U_H$ , В	380	380	380	380	380	380	380
Номинальная частота вращения, $n_H$ , об/мин	970	975	980	985	985	985	985
Номинальное скольжение, $s_H$ , о.е.	0,032	0,026	0,023	0,013	0,018	0,02	0,014
Номинальный коэффициент мощности, $\cos\varphi_H$ , о.е.	0,81	0,87	0,9	0,89	0,89	0,9	0,9

1	2	3	4	5	6	7	8
Кратность максимального момента, $b_M$ , о.е.	2,5	2	2	2,1	2,2	2,1	2,2
Кратность пускового момента, $b_P$ , о.е.	2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4
Номинальный КПД, $\eta_H$ , о.е.	0,855	0,875	0,905	0,915	0,925	0,93	0,935
Коэффициент загрузки двигателя, $k_3$ , о.е.	0,95	0,95	0,92	0,95	0,92	0,95	0,9

По исходным данным были рассчитаны токи и перетоки реактивных мощностей в ветвях схем замещения АД, определены погрешности расчетов при переходе от Т-образной схемы замещения АД к Г-образной и упрощенной Г-образной схемам замещения АД соответственно. Результаты расчетов сведены в таблицы 2—5, а также отражены на графиках (рисунок 4 и рисунок 5) [5].

**Таблица 2.**

**Результаты расчета токов в ветвях схем замещения АД**

Схема замещения		Мощность АД, кВт						
		7,5	15	30	55	90	110	160
		Ток, А						
Т-образная	Ветвь статора	16,454	29,938	55,961	102,614	166,099	199,675	288,883
	Ветвь ротора	13,767	26,816	51,043	82,007	143,846	179,351	234,012
	Ветвь намагничивания	2,686	3,122	4,918	20,607	22,253	20,324	54,871
Г-образная	Ветвь статора	—	—	—	—	—	—	—
	Ветвь ротора	14,214	27,435	52,553	85,459	150,251	186,342	245,573
	Ветвь намагничивания	2,943	3,420	5,421	22,471	24,570	22,479	60,160
Упрощенная Г-образная	Ветвь статора	—	—	—	—	—	—	—
	Ветвь ротора	15,071	28,894	55,16	88,849	156,999	195,037	225,540
	Ветвь намагничивания	2,995	3,457	5,473	22,988	24,966	22,748	61,537

**Таблица 3.**

**Погрешности расчета токов в ветвях схем замещения АД относительно Т-образной схемы замещения**

Схема замещения	Мощность АД, кВт						
	7,5	15	30	55	90	110	160
	Погрешность, %						
Г-образная	4,3	3,1	3,6	5,2	5,3	4,6	5,8
Упрощенная Г-образная	9,8	8,1	8,4	9,0	9,6	9,1	9,8

Таблица 4.

**Погрешности расчета перетоков реактивных мощностей в ветвях схем замещения АД относительно Т-образной схемы замещения**

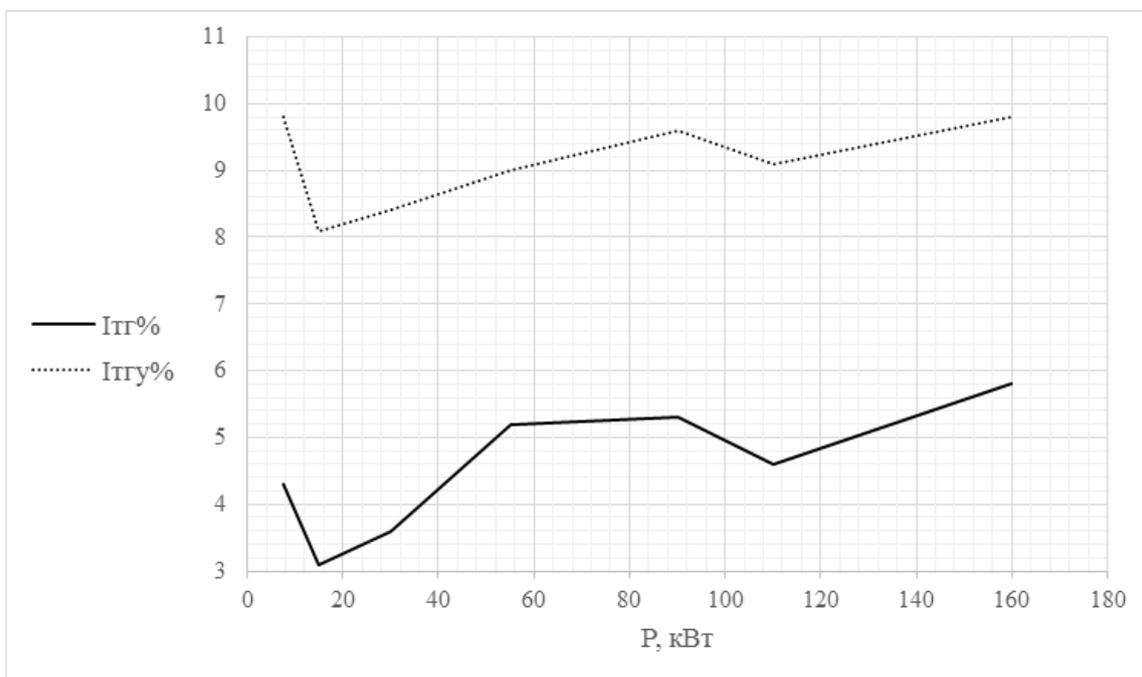
Схема замещения	Мощность АД, кВт						
	7,5	15	30	55	90	110	160
	Погрешность, %						
Г-образная	5,3	5,4	6,3	6,5	7,6	7,5	7,1
Упрощенная Г-образная	12,0	12,3	13,2	11,0	13,1	13,7	11,8

Таблица 5.

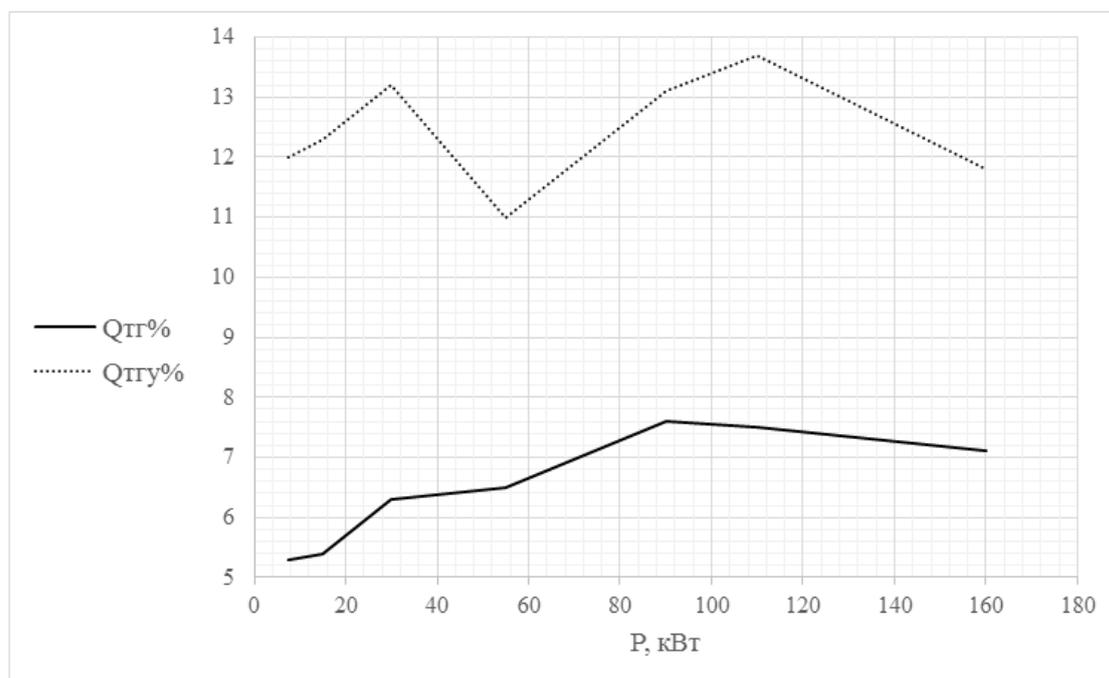
**Результаты расчета перетоков реактивных мощностей в ветвях схем замещения АД**

Схема замещения		Мощность АД, кВт						
		7,5	15	30	55	90	110	160
		Реактивная мощность, кВАр						
Т-образная	Ветвь статора	0,350	0,613	1,214	2,313	3,908	4,594	6,811
	Ветвь ротора	0,433	1,372	2,519	4,556	6,184	8,053	10,600
	Ветвь намагничивания	0,529	0,618	0,970	4,053	4,351	3,984	10,730
	Сумма	1,312	2,603	4,703	10,922	14,443	16,631	28,141
Г-образная	Ветвь статора	-	-	-	-	-	-	-
	Ветвь ротора	0,736	1,994	3,812	6,701	10,150	12,950	16,950
	Ветвь намагничивания	0,646	0,750	1,189	4,930	5,391	4,932	13,200
	Сумма	1,382	2,744	5,001	11,631	15,541	17,882	30,150
Упрощенная Г-образная	Ветвь статора	-	-	-	-	-	-	-
	Ветвь ротора	0,812	2,164	4,122	7,082	10,860	13,910	17,970
	Ветвь намагничивания	0,657	0,758	1,201	5,043	5,477	4,991	13,500
	Сумма	1,469	2,922	5,323	12,125	16,337	18,901	31,470

Расчеты показали [5], что при переходе от Т-образной схемы замещения АД к Г-образной в расчетах токов в ветвях АД возникает погрешность от 3,1 до 5,8 % в зависимости от мощности двигателя и от 5,3 до 7,6 % — при расчете перетоков реактивных мощностей. При переходе от Т-образной схемы замещения АД к упрощенной Г-образной погрешность в расчетах составила от 8,1 до 9,8 % и от 11 до 13,7 % соответственно.



**Рисунок 4. Погрешности расчета токов в ветвях схем замещения АД относительно T-образной схемы замещения**



**Рисунок 5. Погрешности расчета перетоков реактивных мощностей в ветвях схем замещения АД относительно T-образной схемы замещения**

Следовательно, при исследовании статической устойчивости узла с асинхронной нагрузкой расчеты необходимо выполнять для T-образной схемы замещения АД [5]. Это позволит повысить точность расчетов критического

напряжения, что в настоящее время имеет большое значение для предприятий промышленности.

### Список литературы:

1. Винокуров М.Р. Повышение точности расчета вращающего момента асинхронного двигателя с учетом поверхностного эффекта в стержнях ротора [Текст] / М.Р. Винокуров, А.А. Моисеенко, Н.Ю. Масловцева Днепродзержинск: Вестник ДГТУ. № 5(56). 2011.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока / А.И. Вольдек, В.В. Попов. Л.: Изд-во Питер, 2008. — 350 с.
3. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2-х т. Том 1: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство МЭИ, 2004. — 656 с., ил.
4. Планков А.А. Влияние электроприемников, искажающих синусоидальность формы кривой напряжения и тока, на значение критического напряжения при оценке устойчивости узла с асинхронной нагрузкой [Текст] / А.А. Планков, Д.С. Осипов, А.В. Бубнов, С.Ю. Долингер Омск: Омский научный вестник. — № 3 (103). — 2011. — С. 225—228.
5. Планков А.А. Учет несинусоидальности напряжения при исследовании устойчивости узлов систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А.А. Планков Омский государственный технический университет, Омск, 2013. — 125 с.
6. Родькин Д.И., Ромашихин Ю.В. Возможности энергетического метода в задачах идентификации параметров асинхронных двигателей [Текст] // XIV міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми іавтоматизованного електроприводу. Теорія і практика». Сборник научных трудов Днепродзержинского государственного технического университета. Днепродзержинск: ДГТУ, 2007. — С. 507—512.
7. Ромашихин Ю.В. Алгоритмы работы системы идентификации электромагнитных параметров асинхронных двигателей / Ю.В. Ромашихин Електромеханічні і енергозберігаючі системи [Текст] : наук.-вироб. журн./ Кременчуц. держ. політехн. ун-т ім. М. Остроградського, Ін-т електромеханіки, енергозбереження і комп'ютерних технологій. Кременчуг, 2008. — С. 56—59.
8. Ромашихин Ю.В. Обоснование схем замещения асинхронных двигателей в задачах идентификации их электромагнитных параметров / Ю.В. Ромашихин, Д.И. Родькин Електромеханічні і енергозберігаючі системи [Текст] : наук.-вироб. журн./ Кременчуц. держ. політехн. ун-т ім. М. Остроградського, Ін-т електромеханіки, енергозбереження і комп'ютерних технологій. Кременчуг, 2007. — С. 40—48.

# **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ НА РАСЧЕТ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

***Сатпаев Дмитрий Сергеевич***

*студент 4 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [satpaevdmitriy.kz@yandex.ru](mailto:satpaevdmitriy.kz@yandex.ru)*

***Логунова Яна Юрьевна***

*студент 4 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [jana\\_logunova@mail.ru](mailto:jana_logunova@mail.ru)*

***Розинкин Данил Анатольевич***

*студент 4 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [danil\\_2@mail.ru](mailto:danil_2@mail.ru)*

***Мохова Дарья Владимировна***

*магистрант 1 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [gvadamichdi2009@yandex.ru](mailto:gvadamichdi2009@yandex.ru)*

***Осипов Дмитрий Сергеевич***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [ossipovdmitriy@list.ru](mailto:ossipovdmitriy@list.ru)*

Проблема обеспечения качества электроэнергии (КЭ) является одной из важнейших, определяющих надежность и эффективность электроснабжения потребителей. Отрицательное действие некачественной электроэнергии для энергосистем имеет следующие отрицательные последствия [2]:

1. Возникают дополнительные потери мощности и энергии;
2. Повышается температура проводов линий электропередачи, а также обмоток трансформаторов и вращающихся электрических машин, которая может превысить допустимый уровень;

3. Ускоряется процесс старения изоляции;

4. Ухудшается работа потребителей электроэнергии, вследствие чего могут возникать сбои технологических процессов;

5. Могут возникать нарушения работы устройств релейной защиты, автоматики и телемеханики;

6. Увеличивается погрешность электроизмерительных приборов;

7. Сокращается срок службы конденсаторных установок из-за их перегрузки токами высших гармоник.

Ущерб в целом по Российской Федерации от некачественной электроэнергии по таким её свойствам, как отклонение и несинусоидальность напряжения, а также несимметрия трехфазной системы напряжения, составил, по экспертным оценкам, примерно 20 млрд. руб. в год. Попытки практической реализации требований в АО Энерго выявили целый ряд нерешенных вопросов по научному, организационно-методическому, нормативно-правовому и приборному обеспечению этих мероприятий. Поэтому в данной работе сделана попытка рассмотрения возможных подходов к решению вопросов, связанных с обеспечением качества электроэнергии и ее сертификацией. На практике возникают задачи оценки экономичности и допустимости несинусоидальных режимов, а также выбора мероприятий по снижению уровня несинусоидальности.

Несинусоидальные режимы являются в большинстве случаев неэкономичными и могут быть технически недопустимыми. Для решения задач оценки экономичности и допустимости этих режимов, а также для выбора мероприятий по снижению уровня несинусоидальности необходимо более точное моделирование элементов сети, нагрузок и источников питания.

Элементы сети при расчете несинусоидальных режимов обычно представляются в виде схем замещения с линейными сопротивлениями и проводимостями [2]. Однако в действительности часть этих сопротивлений и проводимостей являются нелинейными. Одним из видов этой нелинейности

является нелинейность активных сопротивлений проводников вследствие температурной зависимости, которая выражается формулой

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \Theta_n), \quad (1)$$

где:  $R_0$  — активное сопротивление при нуле градусов Цельсия;

$\alpha$  — температурный коэффициент сопротивления;

$\Theta_n$  — температура проводника;

$R$  — активное сопротивление при температуре  $\Theta_n$ .

Сопротивление элементов сети может за счет изменений температуры изменяться примерно на 40% и, настолько же могут измениться и потери мощности. Следовательно, в расчетах необходимо учитывать температуру.

Для того чтобы рассчитать несинусоидальный режим с учетом температуры, необходимо в той или иной форме задать функциональную зависимость температуры проводников от параметров режима электрической сети. Эта зависимость для разных элементов сети имеет разный вид, который определяется уравнениями теплового баланса. В простейшем случае при симметричной токовой нагрузке в стационарном тепловом режиме уравнение теплового баланса имеет следующий вид:

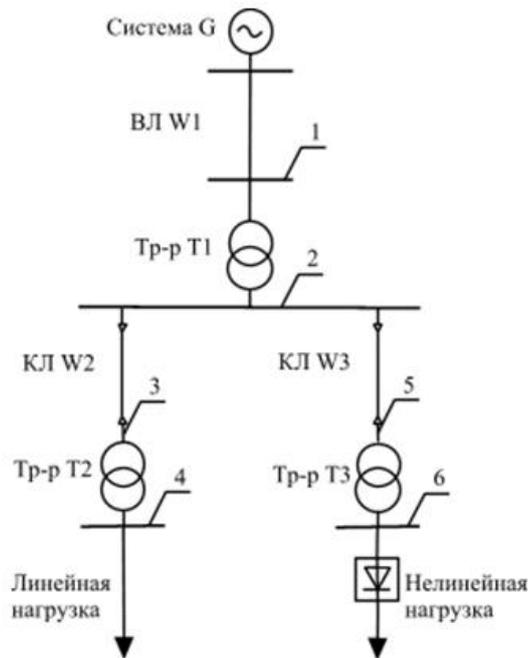
$$3(1 + \alpha \cdot \Theta_n) \sum_v I_v^2 R_{v,0} = A(\Theta_n - \Theta_{окр}), \quad (2)$$

где:  $I_v$  — действующее значение тока  $v$ -й гармоники;

$R_{v,0}$  — активное сопротивление току  $v$ -й гармоники при нуле градусов Цельсия;

$A$  — коэффициент теплоотдачи;

$\Theta_{окр}$  — температура окружающей среды.



**Рисунок 1. Исследуемая схема СЭС**

В ходе проводимых исследований автором ставилась задача оценить степень влияния учета высших гармоник на потери активной мощности.

Так, для схемы, представленной на рисунке 1 проводился ряд вычислительных экспериментов.

Так как температура проводника определяется всем спектром гармоник тока, то для расчета несинусоидальных режимов с учетом температуры метод наложения в чистом виде неприменим. Поэтому в разработанной методике предлагается использование итерационного подхода. Последовательность расчета в стационарном тепловом режиме представляет собой следующее:

1. Задаются начальные приближения температур проводников;
2. Производится расчет несинусоидального режима по методу наложения при принятых температурах;
3. Из уравнений теплового баланса определяются следующие приближения температур и сравниваются с предыдущими. Если все расхождения (невязки) находятся в пределах заданной точности, то расчет заканчивается. В противном случае осуществляется возврат к пункту 2.

Если тепловой режим нестационарен, то уравнения теплового баланса являются дифференциальными. В этом случае режим сети изменяется

во времени и может быть рассчитан путем численного решения уравнений нагрева совместно с электрическими уравнениями например, с уравнениями узловых потенциалов. Уравнения теплового баланса элементов сети приведены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Уравнения теплового баланса элементов сети**

Тип элемента	Уравнения	Пояснения
Кабель 6—10 кВ, проложенный в воздухе	$\Delta P = \frac{\Theta_{жс}}{S_k + A_k \Theta_n^{-0,25}} = \frac{\Theta_n^{1,25}}{A_k}$	<p><math>\Delta P</math> — потери активной мощности в ЛЭП; <math>\Theta_{жс}</math> — превышение температуры жилы кабеля над температурой окружающей среды; <math>\Theta_n</math> — превышение температуры поверхности кабеля над температурой окружающей среды; <math>S_k</math> — тепловое сопротивление кабеля; <math>A_k</math> — постоянный коэффициент, характеризующий интенсивность теплоотдачи от кабеля в воздух; <math>S_3</math> — тепловое сопротивление грунта; <math>F</math> — площадь поверхности провода; <math>\Theta_{np}</math> — температура провода; <math>\Theta_{окр}</math> — температура окружающей среды; <math>p</math> — давление воздуха, Па; <math>v</math> — скорость ветра м/с; <math>d</math> — диаметр провода, м. <math>\Delta P_m</math> — потери активной мощности в трансформаторе (потери в меди); <math>\Theta_M</math> и <math>\Theta_{об}</math> — превышение температуры соответственно средних слоев масла над температурой окружающей среды и температуры обмоток над температурой масла; <math>A_M</math> и <math>A_{об}</math> — коэффициент, характеризующий теплоотдачу соответственно от масла в воздух и от обмоток в масло; <math>\Theta_t</math> — превышение температуры обмоток трансформатора над температурой окружающей среды; <math>A_t</math> коэффициент теплопередачи от обмоток трансформатора в воздух</p>
Кабель 6—10 кВ, проложенный в земле	$\Delta P = \frac{\Theta_{жс}}{S_k + S_3}$	
Воздушная линия с неизолированными проводами	$\Delta P = kF(\Theta_{np} - \Theta_{окр}),$ $k = 2,8(1 + 0,006 \Theta_{np}) + 8,95 \sqrt{\frac{pv}{d}}$	
Сухой трансформатор	$\Delta P_m = A_m \Theta_m^{1,25}$	
Масляный трансформатор с естественной циркуляцией масла	$\begin{cases} P_{xx} + \Delta P_m = A_M \Theta_M^{1,25} \\ \Delta P_m = A_{об} \Theta_{об}^{1,25} \end{cases}$	
Масляный трансформатор с принудительной циркуляцией масла	$\begin{cases} P_{xx} + \Delta P_m = A_M \Theta_M \\ \Delta P_m = A_{об} \Theta_{об} \end{cases}$	

Параметры расчетной схемы электроснабжения (рис. 1) приведены в табл. 2 и 3.

**Таблица 2.**

**Параметры линий**

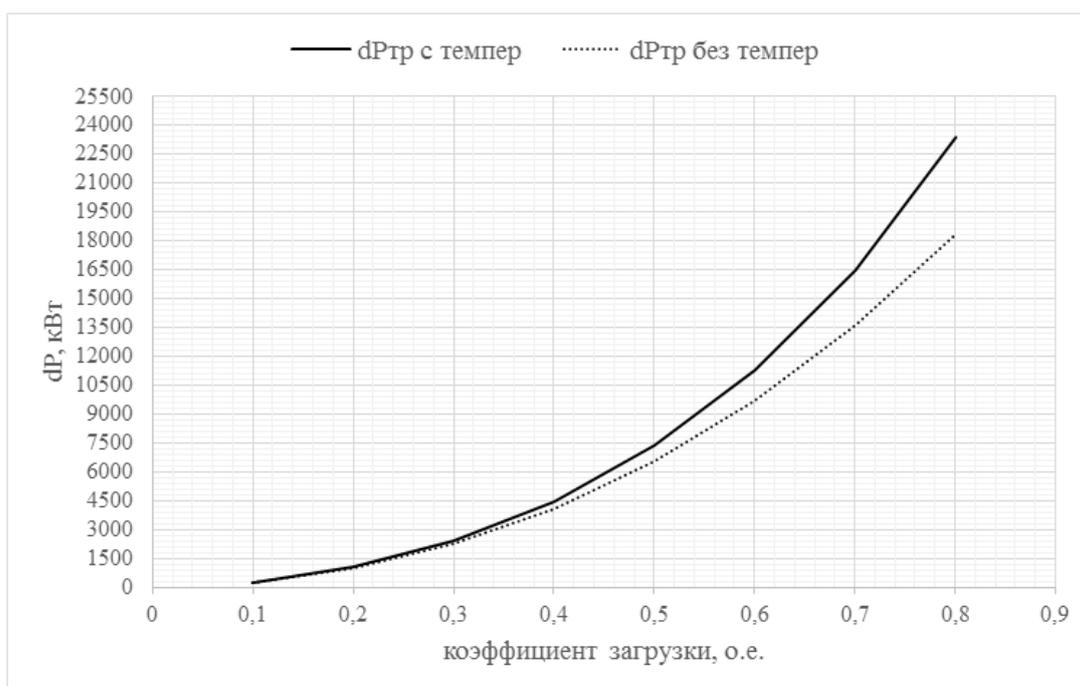
Тип и номинальное напряжение	№ линии	марка	Сечение F, мм <sup>2</sup>	Допустимый ток I <sub>доп</sub> , А	Допустимая температура t <sub>доп</sub> , °С	Длина L, км	Окружающая среда
ВЛЭП 110 кВ	W1	АС	120	390	+70	10	Воздух
КЛЭП 10 кВ	W2, W3	АПсшББШв	35	136	+90	5	Воздух

**Таблица 3.**

**Параметры трансформаторов**

№ трансформатора	Номинальная мощность S <sub>ном</sub> , кВ·А	Номинальное напряжение U <sub>вн</sub> /U <sub>нн</sub> , кВ	Допустимая температура t <sub>доп</sub> , °С	Тип
T1	6300	115/11	+85	Масляный
T2, T3	2500	11/0,69	+85	Масляный

Следует отметить, что неучет нагрева токоведущих частей может приводить к значительным погрешностям при расчете потерь мощности и энергии [3]. Так для трансформатора T3 был проведен вычислительный эксперимент по определению погрешности расчета потерь мощности при учете и неучете температуры (рис. 2, табл. 4.):



**Рисунок 2. Расчет потерь мощности в трансформаторе с учетом и без учета температуры**

На основании приведенных данных можно заключить, что при загрузке более некоторого значения погрешность начинает превышать допустимый предел точности 5 %. А для данного случая, при коэффициенте загрузки трансформатора 0,8 погрешность достигает 21,6 %, что довольно значительно.

**Таблица 4.**

**Расчет погрешности определения потерь мощности в трансформаторе**

Коэффициент Загрузки, о.е.	Потери мощности при учете температуры, $\Delta P^t$ , Вт	Потери мощности без учета температуры, $\Delta P$ , Вт	Погрешность определения потерь мощности, $\Delta P$ , %
0,1	250,5	240,1	4,2
0,2	1031,3	978,97	5,1
0,3	2405,1	2249,4	6,5
0,4	4465,9	4092,1	8,4
0,5	7347,8	6556,1	10,8
0,6	11246,4	9702,9	13,7
0,7	16447,3	13605,1	17,3
0,8	23407,3	18360	21,6

Неучет температуры окружающей среды может также внести определенного рода погрешность в расчет сопротивления. Для оценки этой погрешности был произведен вычислительный эксперимент [1] при базисных

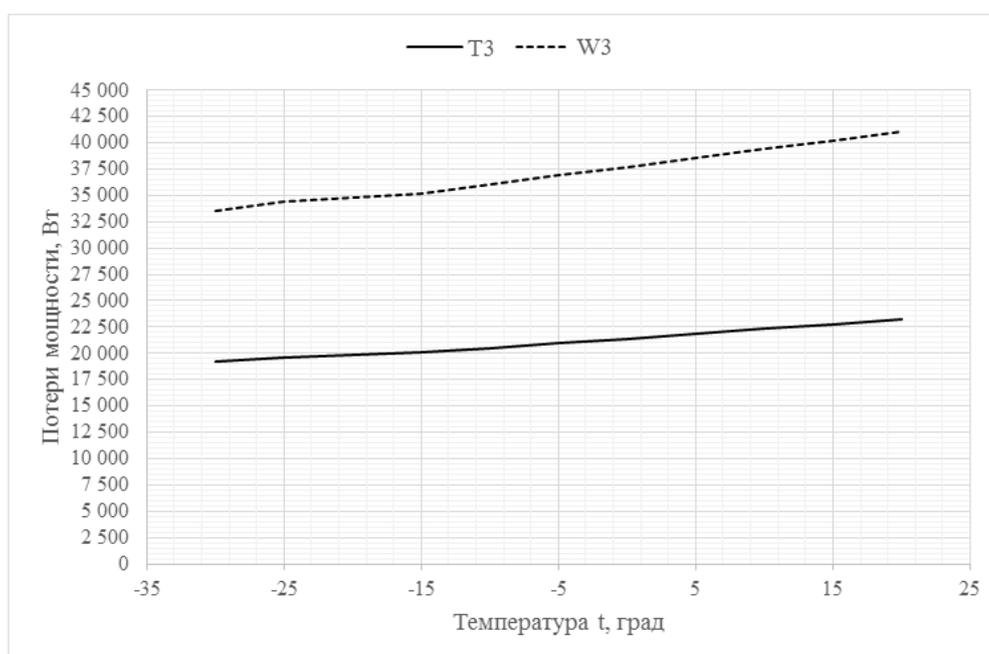
условиях, представленных в таблице 2,3 при изменении температуры окружающей среды от  $-30$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ . Были получены следующие (таблица 5, рисунок 3) результаты для элементов W3 и T3.

**Таблица 5.**

**Расчет потерь при различных температурах окружающей среды**

Температура окружающей среды $t, ^{\circ}\text{C}$	Потери активной мощности в трансформаторе T3, Вт	Потери активной мощности в линии W3, Вт
-30	19 160	33 559
-25	19 607	34 388
-15	20 054	35 218
-10	20 503	36 050
-5	20 952	36 883
0	21 402	37 718
5	21 853	38 555
10	22 304	39 393
15	22 756	40 233
20	23 209	41 075

Следует отметить, что при указанных базисных условиях диапазон изменения расчета потерь мощности составляет 20—25 % для кабельной линии и трансформатора.



**Рисунок 3. Расчет потерь мощности при различных температурах окружающей среды**

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что учет окружающей температуры, для кабельных линий, проложенных в воздухе и в случае значительных перепадов между зимними и летними температурами обязателен.

Полученная погрешность достаточно велика, чтобы считать обоснованным учет нагрева токоведущих частей при выборе мероприятия по снижению потерь. Уточнение расчета потерь позволит инженерным службам предприятий более точно рассчитывать балансы потребления электроэнергии при проведении энергетических обследований. Как правило, вследствие неточности расчета потерь существует практика относить невязку баланса к коммерческим потерям, что в конечном итоге пагубно отражается на потребителе энергоресурсов. Полученные в работе результаты могут быть полезны также на стадии проектирования, поскольку уточнение расчета потерь позволит в значительной степени уточнить технико-экономические расчеты.

### **Список литературы:**

1. Горюнов В.Н. Расчет потерь мощности от влияния высших гармоник / Горюнов В.Н., Осипов Д.С., Люгаревич А.Г. [текст] // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2009. — № 2. — С. 268—273.
2. Осипов Д.С. Учет нагрева токоведущих частей в расчетах потерь мощности и электроэнергии при несинусоидальных режимах систем электроснабжения: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук [текст] / Д.С. Осипов — Омский государственный технический университет. Омск, 2005. — 152 с.
3. Шидловский А.К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях / Шидловский А.К., А.Ф. Жаркин [монография] // Киев. Наукова думка. 2005. — 210 с.

## ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ТРУБ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ТЕЧЕНИЯ

*Скрыпник Артем Николаевич*  
студент 3 курса, ТуЭМ, КНИТУ-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [maggotself@gmail.com](mailto:maggotself@gmail.com)

*Игорь Александрович Попов*  
научный руководитель, д-р тех. наук, профессор, ТуЭМ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань

Одним из промышленно перспективных способов повышения эффективности теплообменного оборудования является использование дискретно шероховатых труб [1, 7]. В настоящее время хорошо изучены теплогидравлические характеристики интенсифицированных каналов при турбулентных и ламинарных режимах течения, имеются конкретные рекомендации по выбору оптимальных высот, шагов и т. д. интенсификаторов с целью получения максимальной теплоотдачи или теплогидравлической эффективности. В первую очередь выбор параметров интенсификаторов связан с необходимостью разрушения ламинарного погранслоя или вязкостного подслоя турбулентного погранслоя. При переходном режиме использование интенсификаторов с параметрами, оптимальными для ламинарного или турбулентного течения, может не привести к ожидаемому эффекту или резкому уменьшению теплогидравлической эффективности. Все это касается и интенсификаторов в виде 2D дискретной шероховатости (выступы поперечные). В современной мировой литературе имеется ограниченное количество работ посвященных исследованиям интенсификации теплоотдачи при переходных режимах течения [8]. В них не дается конкретных рекомендаций по выбору оптимальных параметров интенсификаторов и возможностям их изменения при изменении скорости при переходном режиме течения. Результаты последних исследований [4] позволяют утверждать, что поверхностные интенсификаторы могут обеспечить значительные

показатели теплогидравлической эффективности при переходных режимах течения.

Экспериментальные исследования гидродинамики и теплоотдачи проводились при вынужденном течении воды в трубах длиной  $L=1000$  мм, внутренним диаметром  $D=7,6$  и  $D=10,2$  мм, относительной длиной  $L/d=100$ . Характерные геометрические и безразмерные параметры труб с кольцевыми выступами (2D-шероховатость) представлены в табл.1.

*Таблица 1.*

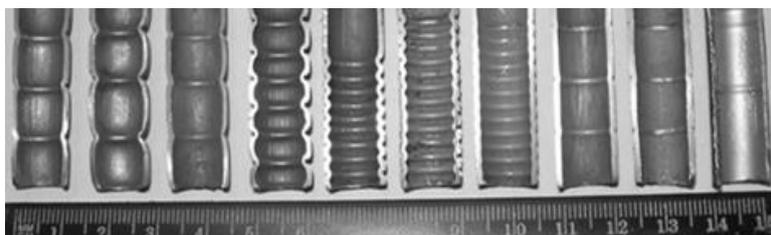
**Геометрические характеристики теплообменных труб с 2D шероховатостью**

№	h, мм	D, мм	L, мм	t, мм	d/D	t/D	t/h	Обозн.
1	0,11	10	1000	2,5	0,98	0,25	22,7	⊠
2	0,5	10	1000	2,5	0,9	0,25	5	⊞
3	0,6	10	1000	2,5	0,88	0,25	4,2	⊠
4	0,5	10	1000	5	0,9	0,5	10	△
5	1	10	1000	5	0,8	0,5	5	▲
6	1	7,6	1000	4	0,74	0,5	4	▲
7	0,15	10	1000	10	0,97	1	67	⊗
8	0,45	10	1000	10	0,91	1	22,2	⊙
9	0,5	10	1000	10	0,9	1	20	⊖
10	0,7	10	1000	10	0,86	1	14,3	⊕
11	1	10	1000	10	0,8	1	10	●
12	1	7,6	1000	7,5	0,74	1	7,5	●

В трубах осуществлялась вынужденная конвекция дистиллированной воды, подаваемой из накопительного бака с помощью насоса через систему гасителей пульсаций. Теплообменная труба нагревалась омическим способом (непосредственно пропусканием электрического тока по ней). Для стабилизации течения и исключения дополнительных возмущений потока устанавливались прямолинейные участки с внутренним диаметром 10,2 или 7,6 мм на входе с  $L/d=200$  и на выходе  $L/d=100$ . В ходе эксперимента измерялись: расход воды через теплообменную трубку, полное и статическое давление на входе и перепад давлений на теплообменной трубке, температуры теплоносителя на входе и выходе из теплообменной трубки, и температуры трубки по длине трубки в характерных точках, параметры электрического тока

системы нагрева трубки. По измеряемым данным определялись потери давления и коэффициенты гидросопротивления, тепловые потоки, воспринимаемые теплоносителем и средние коэффициенты теплоотдачи на участках трубы и по всей трубе.

Внешний вид дискретной шероховатости в виде кольцевых выступов (2D-шероховатость) представлены на рисунках 1 и 2. 2D дискретная шероховатость достигалась накаткой.



**Рисунок 1. Фотографии профилей сечения труб с кольцевой накаткой (2D-шероховатость)**

Результаты тестовых опытов по гидросопротивлению и теплоотдаче прямой трубы удовлетворительно — с отклонениями не более  $\pm 5 \div \pm 10 \%$  (показано далее на рис. 3 и 4) — согласуются с известными зависимостями:

для ламинарного режима —

$$\xi = 64 Re_D \quad (1)$$

для турбулентного режима —

$$\xi = 0.3164 Re_D^{0.25} \quad (2)$$

$$Nu_D = c Re_D^m Pr_f^n Gr Pr_f^k Pr_w^p \varepsilon_i \quad (3)$$

где  $c=0,15$ ;  $m=0,33$ ;  $n=0,33$ ;  $k=0,1$ ;  $p=0,25$  — для ламинарного режима;  $c=0,021$ ;  $m=0,8$ ;  $n=0,43$ ;  $k=0$ ;  $p=0,25$  — для турбулентного режима;  $n=0,43$ ;  $k=0$ ;  $p=0,25$ ;  $K_0 = c Re_D^m$  (по данным табл.3) — для переходного режима.

Зависимость величины  $K_0$  от критерия  $Re$ 

$Re_D \cdot 10^{-3}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3	4	5	8	10
$K_0$	1,9	2,7	3,3	3,8	4,4	7,0	10,3	15,5	27	33,3

### Гидросопротивление и теплоотдача в каналах с кольцевой накаткой

Гидросопротивление и теплоотдача труб с кольцевой накаткой при турбулентном режиме течения теплоносителя хорошо изучены [2]. Сегодня данный способ интенсификации теплообмена один из самых используемых в технических приложениях. Однако для ламинарной области течений и переходных режимов для данного вида интенсификаторов теплообмена имеется ограниченное количество данных, что не позволяет выбрать оптимальные размеры интенсификаторов для максимальной интенсификации теплоотдачи или достижения максимальной теплогидравлической эффективности теплообменных труб с данным видом интенсификаторов теплоотдачи.

На рис. 2 и 3 показаны данные по коэффициентам гидросопротивления и средним коэффициентам теплоотдачи в каналах с кольцевой накаткой.

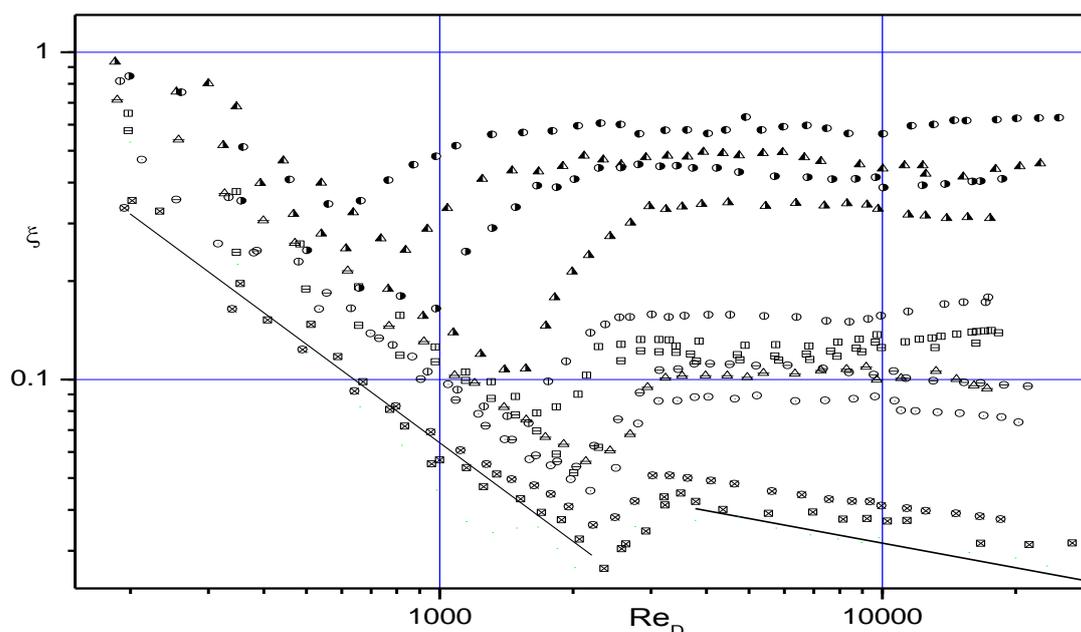
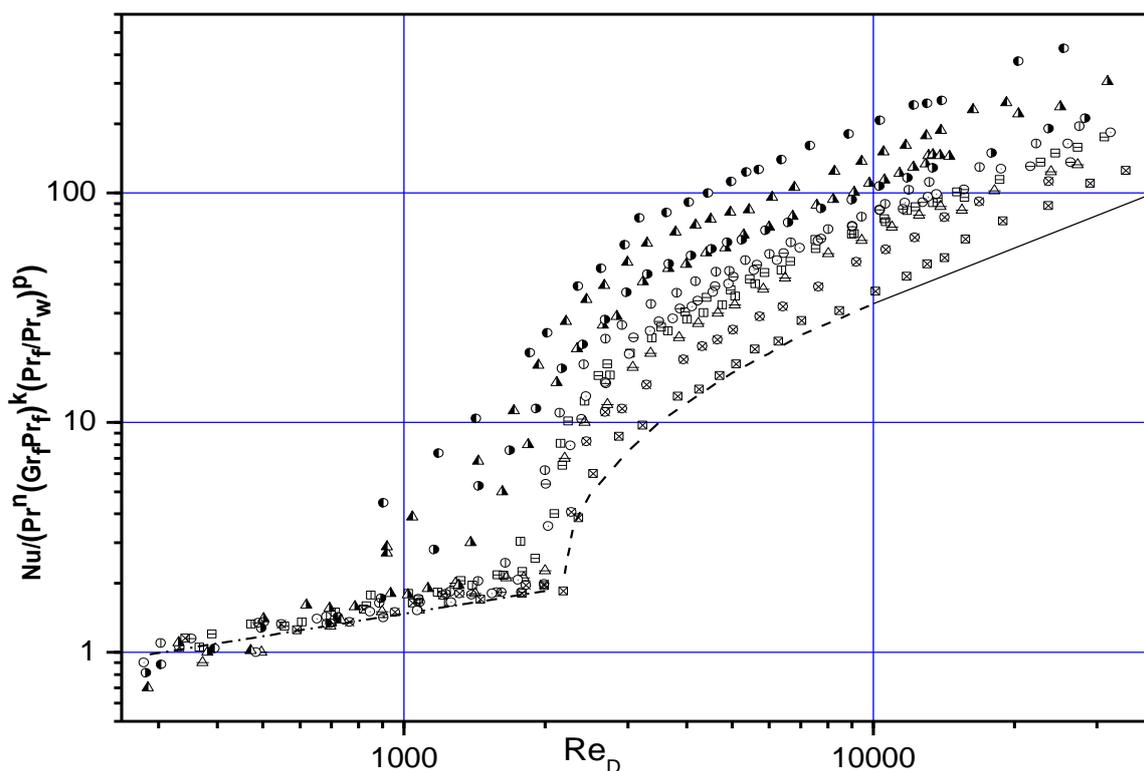


Рисунок 2. Экспериментальные данные по гидросопротивлению в каналах с кольцевой накаткой

Обозначение в табл. 1. Линии — расчет по (1) и (2)

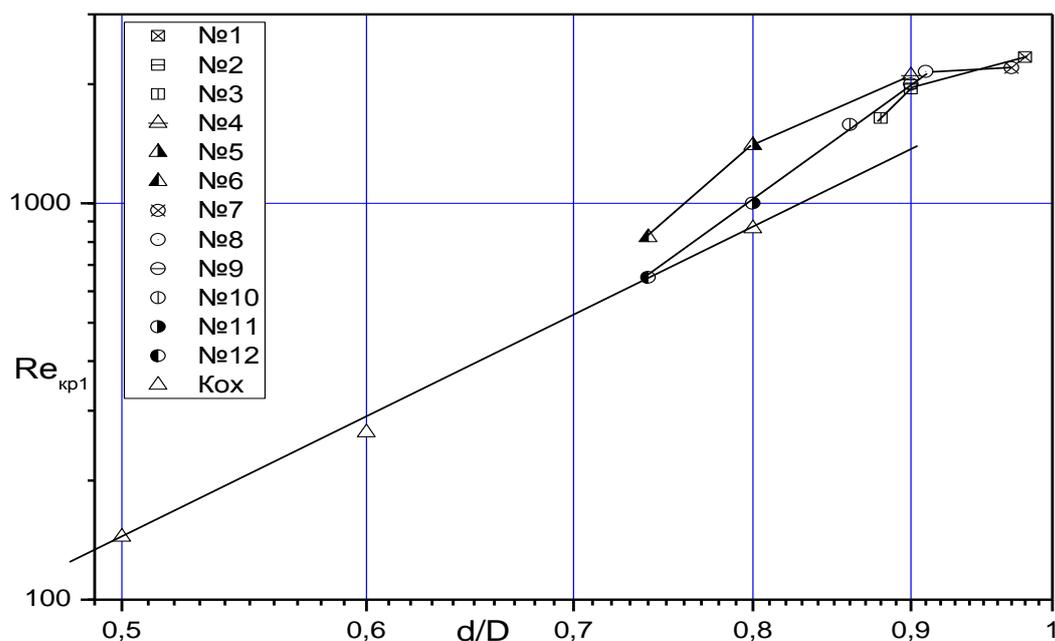


**Рисунок 3. Экспериментальные данные по средним коэффициентам теплоотдачи в каналах с кольцевой накаткой**

Обозначение в табл. 1. Линии — расчет по (3)

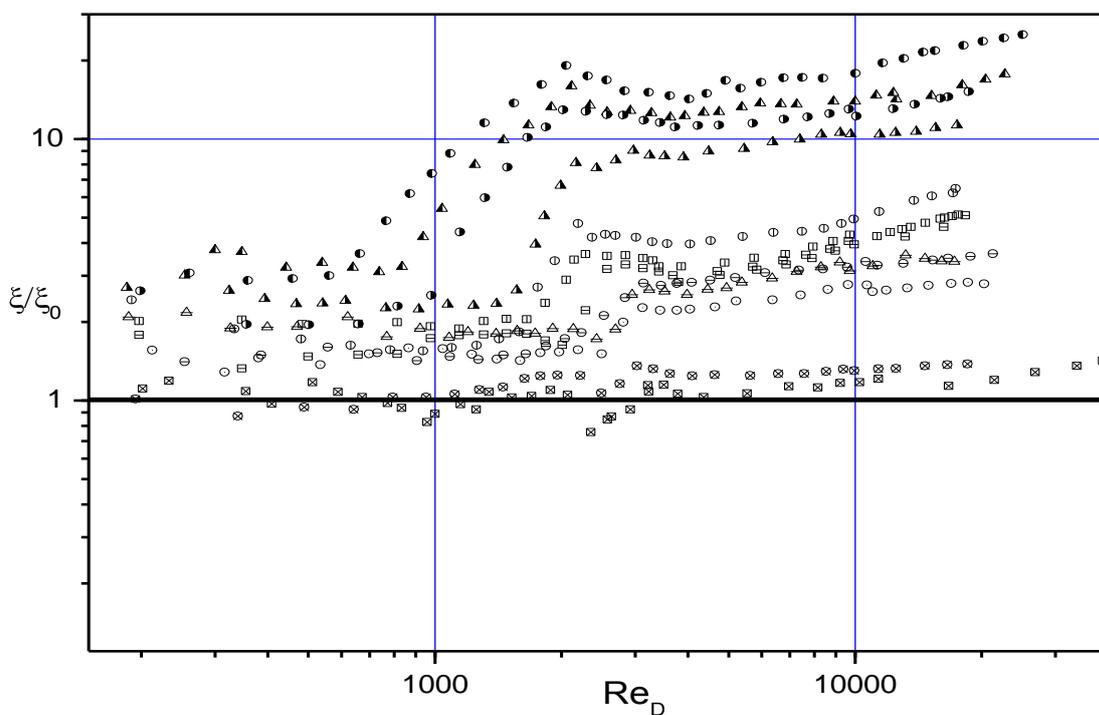
Данные для турбулентного режима сравнивались с данными [2], отмечено удовлетворительное согласование данных с отклонениями до 15 %.

Из анализа рис. 2 и 3 хорошо видно, что с увеличением относительной высоты выступов отмечается более ранний ламинарно-турбулентный переход. Данные по переходным числам Рейнольдса  $Re_{кр1}$  сравнены с данными Коха, приведенными в [2]. Получено удовлетворительное согласование по уровню переходных чисел Рейнольдса и характеру их изменения с данными [2] (рис. 4).



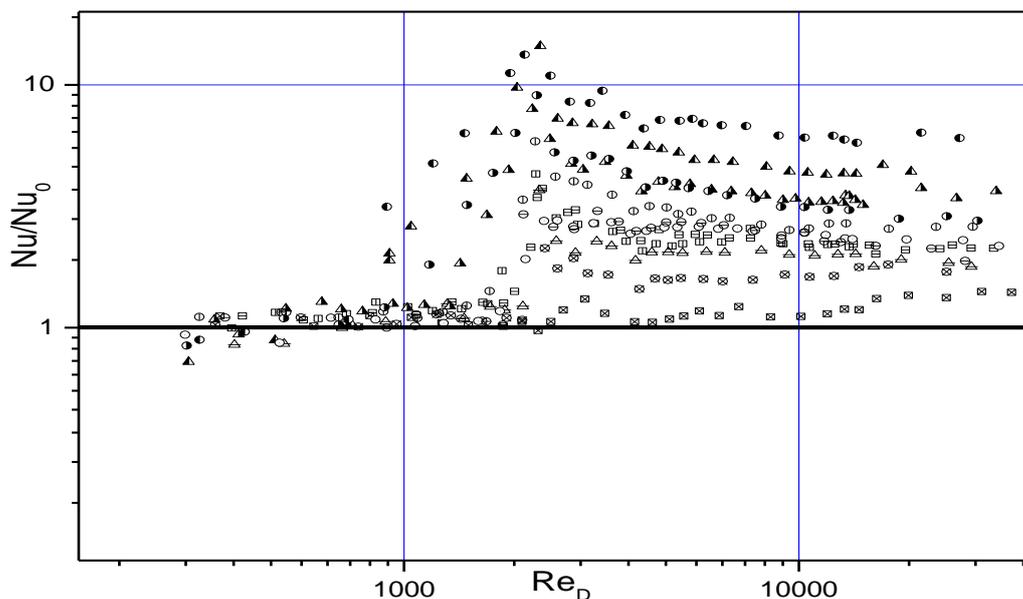
**Рисунок 4. Зависимость переходного числа  $Re_{кр1}$  от параметров накатки в дискретно-шероховатых трубах**

На рис. 5 и 6 приведены уровни повышения коэффициентов теплоотдачи при различных режимах течения в трубах с кольцевой накаткой.



**Рисунок 5. Данные по повышению коэффициентов гидросопротивления в трубах с кольцевой накаткой по сравнению с гладкими трубами**

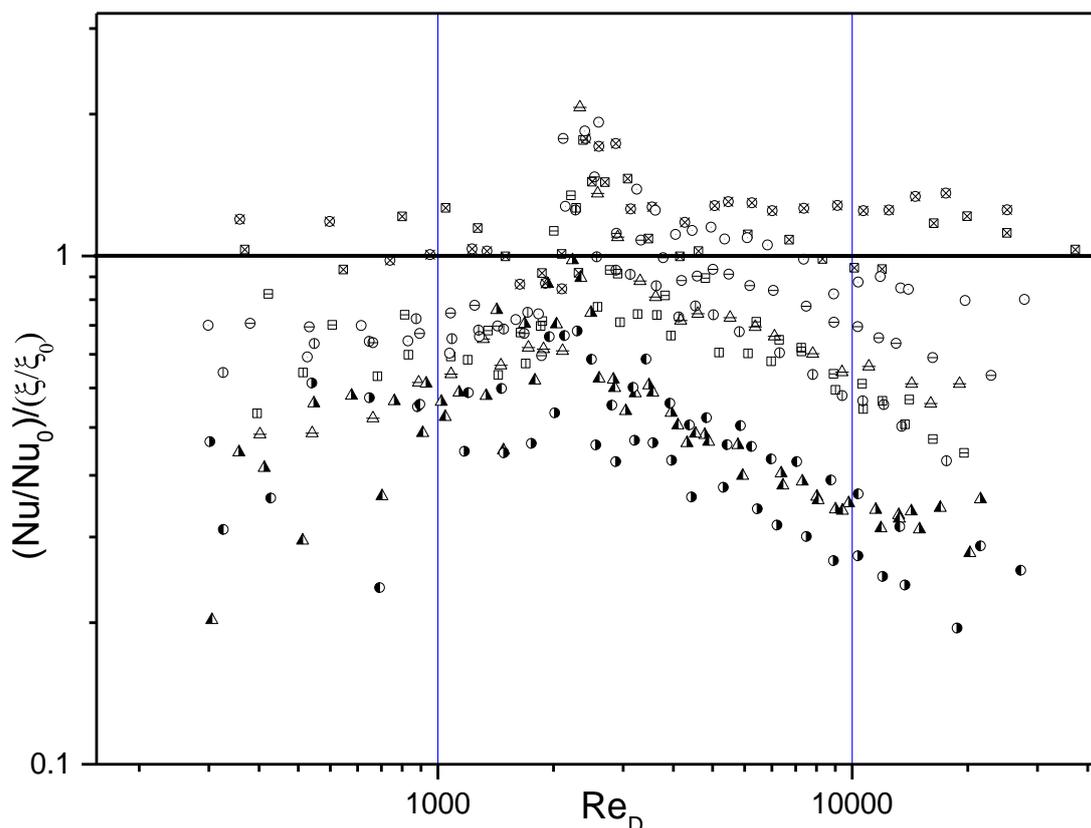
Обозначение табл. 1



*Рисунок 6. Данные по повышению коэффициентов теплоотдачи в трубах с кольцевой накаткой по сравнению с гладкими трубами*

Обозначение табл. 1

Анализ данных на рис. 5 и 6 показывает, что с увеличением высоты выступов возрастает уровень повышения теплоотдачи, однако сопоставимо растет и уровень гидросопротивлений в подобных трубах. Увеличение шага между выступами чаще приводит к росту гидросопротивления, что отмечалось и в [2]. Интенсификация теплоотдачи в области турбулентных течений достигает больших значений, чем в области ламинарных течений, на что указывалось в [2]. При  $Re=1000-4000$  наблюдается резкое увеличение повышения уровней теплоотдачи и гидросопротивлений в дискретно-шерховатых трубах по сравнению с гладкими трубами. Это связано с тем, что в гладких трубах может еще наблюдаться ламинарное течение, а в дискретно-шерховатых при этих же числах Рейнольдса уже развивается турбулентное и переходное течение.



**Рисунок 7. Теплогидравлическая эффективность теплообменных дискретно-шероховатых труб с кольцевой накаткой**

Обозначение в табл. 1

Анализ теплогидравлической эффективности теплообменных дискретно-шероховатых труб с кольцевой накаткой (рис. 7) показал, что при турбулентном течении наибольшая теплогидравлическая эффективность свойственна трубам с выступами с  $d/D=0,98$ , что подтверждает выводы [1, 4]. При числах Рейнольдса от 3000 до 10000 максимальная теплогидравлическая эффективность обеспечивается трубами с  $d/D=0,98, 0,97, 0,91, 0,9$  и  $0,86$  при снижении чисел Рейнольдса. Однако, при ламинарных течениях — числа Рейнольдса меньше 1000 — максимальная теплогидравлическая эффективность опять свойственна трубам с  $d/D=0,98$ , что несколько расходится с рассуждениями работы [4]. Ожидаемая высокая теплогидравлическая эффективность трубы с  $d/D=0,74—0,8$  при  $Re < 2000$  не подтверждена. Выбор «высоких» выступов связан с тем, что толщина ламинарного пограничного слоя значительно больше толщины вязкостного подслоя турбулентного погранич-

ного слоя. Высокая тепловая эффективность данных труб нивелируется высоким уровнем роста гидросопротивления.

Полученные данные позволяют получить расчетные рекомендации по переходным числам Рейнольдса, коэффициентам теплоотдачи и гидросопротивления при ламинарном и переходном режимах течения в дискретно-шероховатых трубах с кольцевой накаткой, а также обосновать выбор рациональных параметров интенсификаторов теплоотдачи для достижений максимальных значений тепловой или теплогидравлической эффективности.

### Список обозначений

$d$  — диаметр канала по выступам, м;  $D$  — диаметр канала, м;  $f$  — плотность расположения выступов/выемок;  $Gr$  — Число Грасгофа,  $h$  — глубина выемки или высота выступа, м;  $\xi$  — коэффициент гидравлического сопротивления;  $L$  — длина канала, м;  $Nu_D$  — число Нуссельта, рассчитанное по  $D$ ;  $\eta$  — коэффициент теплогидравлической эффективности,  $Pr$  — число Прандтля,  $Re_D$  — число Рейнольдса, рассчитанное по  $D$ ;  $S_1, S_2$  — продольный и поперечный шаг выступов,  $t$  — температура, °С. Индексы:  $0, gl$  — данные для гладкого канала,  $e$  — эквивалентный,  $f$  — жидкость,  $w$  — стенка.

### Список литературы:

1. Гортышов Ю.Ф., Попов И.А., Олимпиев В.В., Щелчков А.В., Каськов С.И. Теплогидравлическая эффективность перспективных способов интенсификации теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Интенсификация теплообмена: монография / Казань: Центр инновационных технологий, 2009. — 531 с.
2. Готовский М.А. Некоторые особенности теплоотдачи и сопротивления потока высоковязкой жидкости в трубах с искусственной шероховатостью при переходных режимах течения // Труды Пятой Российской национальной конференции по теплообмену. Т. 6. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. — с. 54—57.
3. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. М.: Машиностроение, 1990. — 208 с.
4. Леонтьев А.И., Олимпиев В.В. Потенциал энергосбережения различных способов закрутки потока и дискретно шероховатых каналов // Известия РАН. Энергетика. — 2010. — № 1. — с. 13—49.

5. Мигай В.К. Повышение эффективности современных теплообменников. Л.: Энергия, 1980. — 143 с.
6. Надир С.М., Жаргалхуу Л., Рыжков А.Ф. Теплогидравлическая эффективность промышленных турболизаторов в переходных режимах течения теплоносителя // Промышленная энергетика. — 2006. — № 4. — с. 44—50.
7. Попов И.А., Махьянов Х.М., Гуреев В.М. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена. Казань: Центр инновационных технологий, 2009. — 560 с.
8. Garcia A, Vicente P.G., Viedma A. Experimental study of heat transfer enhancement with wire coil inserts in laminar-transition-turbulent regimes at different Prandtl numbers. *Int. J. of Heat and Mass Transfer*. — 2005. — V. 48. — P. 4640—4651.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ  
ДВУХ ТИПОВ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК  
ГАЗООХЛАЖДАЕМОГО РЕАКТОРА  
С РАЗНЫМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ**

***Сулейменов Нурболат Айдынович***

*магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»,  
ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан г. Семей  
E-mail: [suleimenov.nurbolat@gmail.com](mailto:suleimenov.nurbolat@gmail.com)*

***Байгожина Ажар Амангельдыевна***

*магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»,  
ГУ имени Шакарима,  
Республика Казахстан г. Семей  
E-mail: [baigozhina.azhar@gmail.com](mailto:baigozhina.azhar@gmail.com)*

***Сураев Артур Сергеевич***

*инженер лаборатории теплофизических и нейтронно-физических  
характеристик облучательных устройств, Институт атомной энергии, НЯЦ  
РК, Республика Казахстан  
E-mail: [suraev@nnc.kz](mailto:suraev@nnc.kz)*

## **Введение**

Эффективность энергетических реакторов определяется затратами сырья на их работу и коэффициентом полезного действия цикла преобразования тепловой энергии в механическую.

В существующих реакторах с тяжеловодным замедлителем, обеспечивающим возможность полного использования природного урана, энергия замедления нейтронов в цикле преобразования тепловой энергии в механическую не используется. Однако, существуют возможности развития тепловых реакторов в направлении достижения такого воспроизводства делящихся веществ, которое позволит иметь длительность кампании, сравнимую с лучшими показателями современных реакторов [2, 7].

В дальнейших исследованиях по этой тематике была предложена схема сопряжения тяжеловодного реактора с газовым теплоносителем с паровым турбоагрегатом цикла Ренкина, основанная на том, что в цикле Ренкина

требуемое для работы тепло подается пару не в одном процессе, а в нескольких, причем проходящих в различных интервалах температур [3].

**Актуальность** работы состоит в том, что расчет рабочих параметров ТВС тяжеловодного реактора с газовым теплоносителем, сопряженного с циклом Ренкина, внесет определенный вклад в повышение его технических характеристик. Данный реактор выделяется как лидер по величине термодинамического КПД (около 46 %). Эффект достигается за счет полного использования энергии деления ядер, в том числе энергии замедления нейтронов, высокого давления пара в цикле Ренкина и тройного перегрева пара. Достоинством данного цикла является высокая сухость отработанного пара (на уровне 0,93), что снижает затраты на изготовление лопаток турбины.

## 1 Этапы проведения, цель и задачи работы



**Целью работы** является определение рабочих параметров двух типов ТВС реактора с разными теплоносителями.

**К задачам работы** относятся:

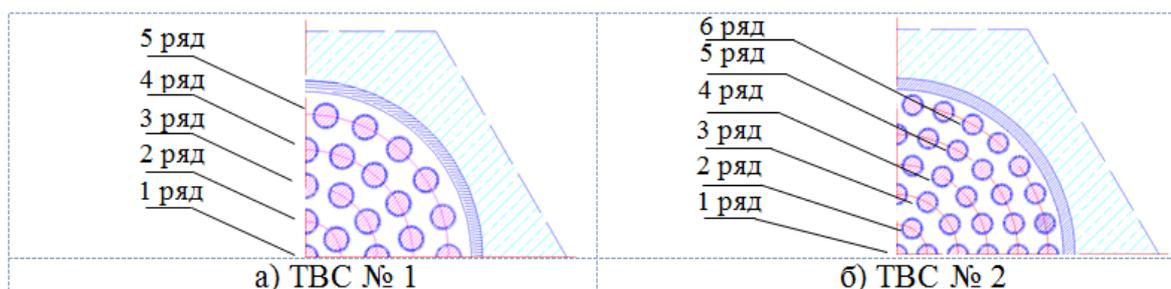
1. построение трехмерных моделей ТВС газоохлаждаемого реактора с помощью программного комплекса Gambit [6];

2. определение рабочих параметров двух типов ТВС с разными теплоносителями при работе реактора на номинальной тепловой мощности 1100 МВт с помощью программного комплекса ANSYS Fluent [5];

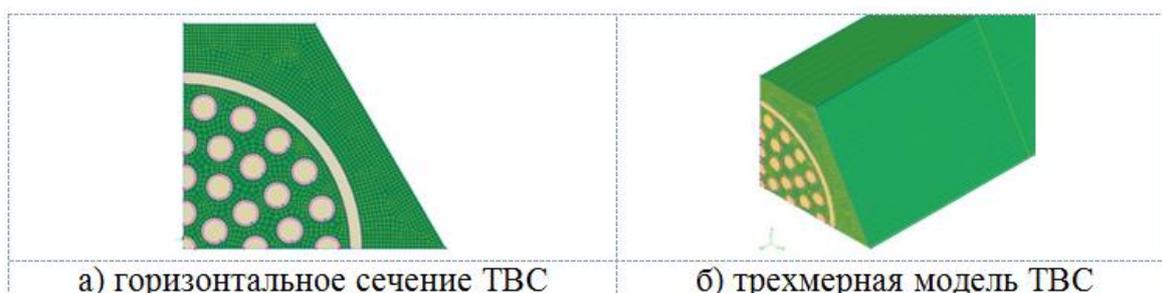
3. анализ полученных результатов.

## 2 Построение трехмерных расчетных моделей ТВС реактора с газовым теплоносителем

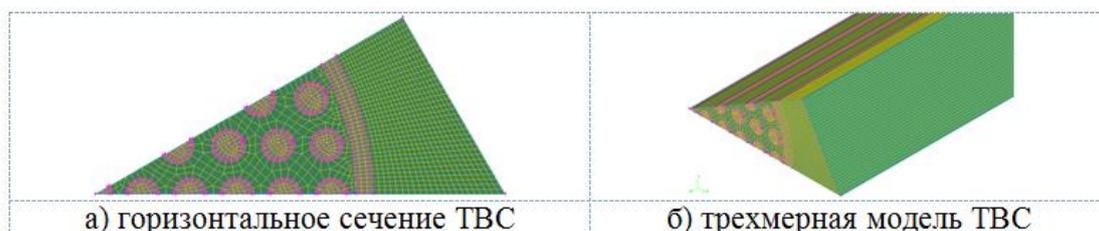
Первой задачей работы стояло построение в ПО Gambit двух 3D моделей ТВС реактора, отличающихся конструкцией и количеством твэлов (рисунок 1). Из-за симметричности ТВС реактора были построены 1/4 часть ТВС № 1 и 1/12 часть ТВС № 2. Варианты готовых моделей приведены на рисунках 2 и 3.



*Рисунок 1. Расположение твэлов в ТВС*



*Рисунок 2. Модель ТВС № 1*



*Рисунок 3. Модель ТВС № 2*

Основные размеры и материалы элементов для построения моделей ТВС представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Конструктивные параметры ТВС № 1 и № 2**

Параметр Вариант ТВС	Значение			
	1		2	
Топливо	UO <sub>2</sub>			
Теплоноситель	H <sub>2</sub>	He	H <sub>2</sub>	He
Оболочка твэла и канала	Zr			
Количество ТВС в реакторе	549			
Количество твэлов в ТВС	59		91	
Высота ТВС, мм	2200			
Внешний радиус ТВС, мм	47			
Толщина оболочки, мм	3			
Внешний радиус твэла, мм	3,45		2,875	
Толщина оболочки твэла, мм	0,4			
Толщина гелиевого зазора, мм	0,1			
Радиус топливного сердечника, мм	2,95		2,375	

**3 Определение рабочих параметров двух типов ТВС при работе реактора на номинальной тепловой мощности 1100 МВт**

В ходе данного этапа необходимо определить:

- расходы теплоносителя и замедлителя в ТВС;
- скорости теплоносителя и замедлителя в ТВС;
- перепады давления теплоносителя и замедлителя по высоте ТВС;
- мощности на прокачку теплоносителя и замедлителя;
- распределения температур теплоносителя по высоте ТВС;
- максимальные температуры топливного сердечника, гелиевого зазора и оболочки твэла;
- общий тепловой поток через стенку ТВС.

**Условия проведения расчета**

Начальные условия для проведения расчетов ТВС реактора с газовым теплоносителем представлены в таблице 2.

Проведение расчета сводится к заданию таких величин расхода теплоносителя и замедлителя, чтобы значения их температур на выходе удовлетворяли значениям, которые указаны в таблице 2. Данные значения,

а также теплофизические свойства (плотность, теплоемкость, теплопроводность и вязкость) для каждого материала элемента конструкции ТВС вносились в программу ANSYS Fluent с использованием справочной литературы [1,4,8];

Расчет в программе ANSYS Fluent проводился с количеством итераций равным 1000. Распределение энерговыделения по высоте принято постоянным.

**Таблица 2.**

**Условия для проведения расчета**

Параметр	Значение	
	Мощность реактора тепловая, МВт	1100
Мощность ТВС, кВт	2 003,64	
Теплоноситель	H <sub>2</sub>	He
Температура теплоносителя на входе в ТВС, К	633	
Температура теплоносителя на выходе из ТВС, К	773	
Давление теплоносителя на входе в ТВС, атм	60	
Замедлитель	H <sub>2</sub> O	
Температура замедлителя на входе в реактор, К	473	
Температура замедлителя на выходе из реактора, К	483	
Давление замедлителя на входе в реактор, атм	25	

**Результаты расчета**

В результате проведенного расчета рассматриваемых конструкций ТВС были получены данные, которые приведены в таблице 3.

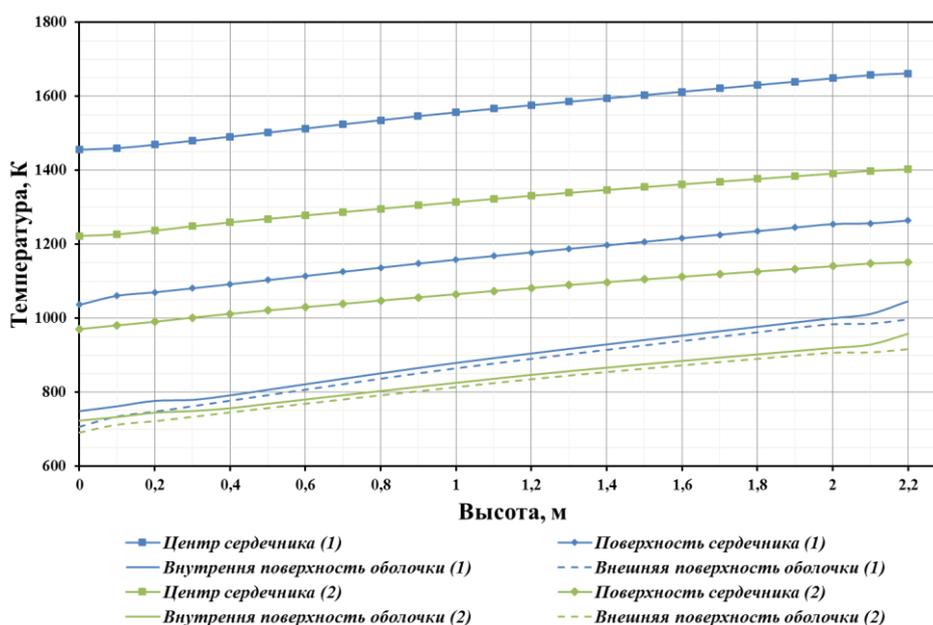
**Таблица 3.**

**Результаты расчета моделей ТВС**

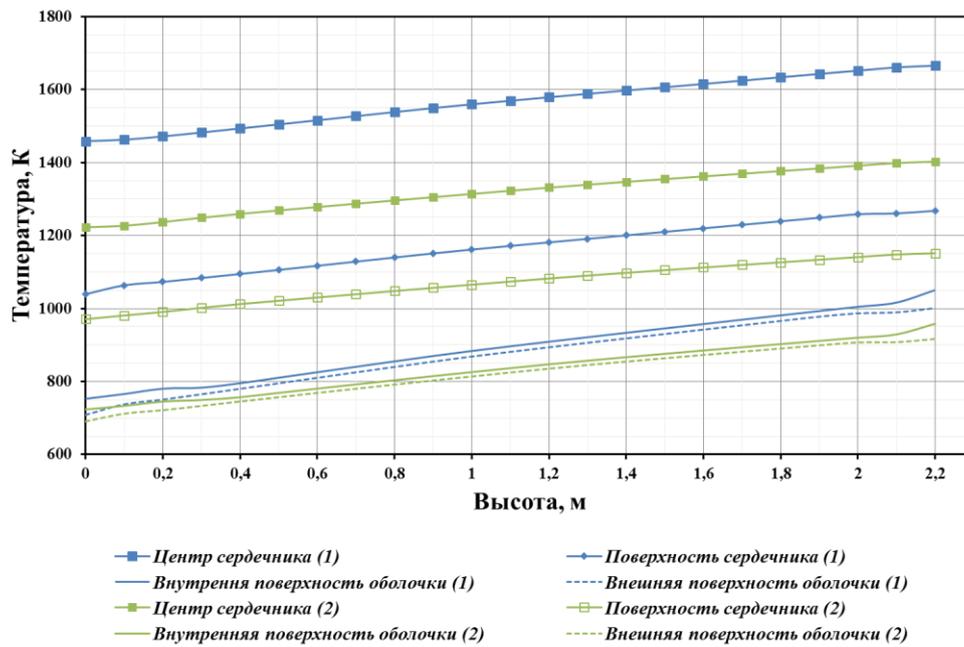
Параметр	Значение			
	1 вариант		2 вариант	
Вид теплоносителя	H <sub>2</sub>	He	H <sub>2</sub>	He
Расход теплоносителя в ТВС, кг/с	0,73	2,074	0,79	2,24
Расход замедлителя в ТВС, кг/с	13,4		7,32	
Перепад давления теплоносителя по высоте ТВС, атм	0,37	1,4	0,57	2,2
Перепад давления замедлителя по высоте ТВС, атм	0,02		0,02	
Средняя скорость теплоносителя на входе в ТВС, м/с	83,1	117,7	93,7	132,2
Средняя скорость теплоносителя на выходе из ТВС, м/с	102,1	145,1	115,3	163,3
Средняя скорость замедлителя на входе в реактор, м/с	2,48		1,53	
Средняя скорость замедлителя на выходе из реактора, м/с	2,51		1,65	1,73
Максимальная температура твэла, К	1662	1665	1399	1402
Максимальная температура гелиевого зазора, К	1166	1173	1037	1040
Максимальная температура оболочки твэла, К	1063	1070	924	927
Общий тепловой поток через стенку ТВС, кВт	465		330	
Мощность на прокачку теплоносителя в реакторе, МВт	7,6	39,7	12,5	67,3
Мощность на прокачку замедлителя в реакторе, кВт	17,4		9,5	

Опираясь на рисунок 1 рассмотрим графики распределения температуры центрального твэла по его высоте на внешней и внутренней стенке оболочки, а также на оси и поверхности топливного сердечника в каждом ряду при использовании водорода и гелия в качестве теплоносителя (рисунки 4 и 5).

Синими линиями показаны температура ТВС № 1, зелеными линиями — ТВС № 2. Как видно из графиков в связи с увеличением поверхности теплосъема и уменьшением энергонапряженности топливных сердечников при использовании ТВС № 2 достигаются меньшие температуры топливного сердечника и оболочки.

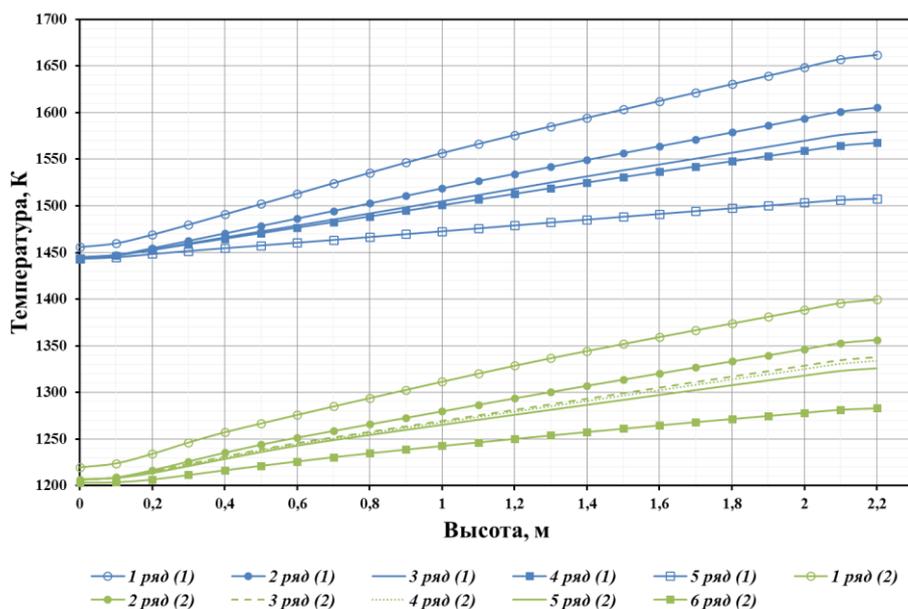


**Рисунок 4. Распределение температуры в центральном твэле по его высоте ( $H_2$ )**

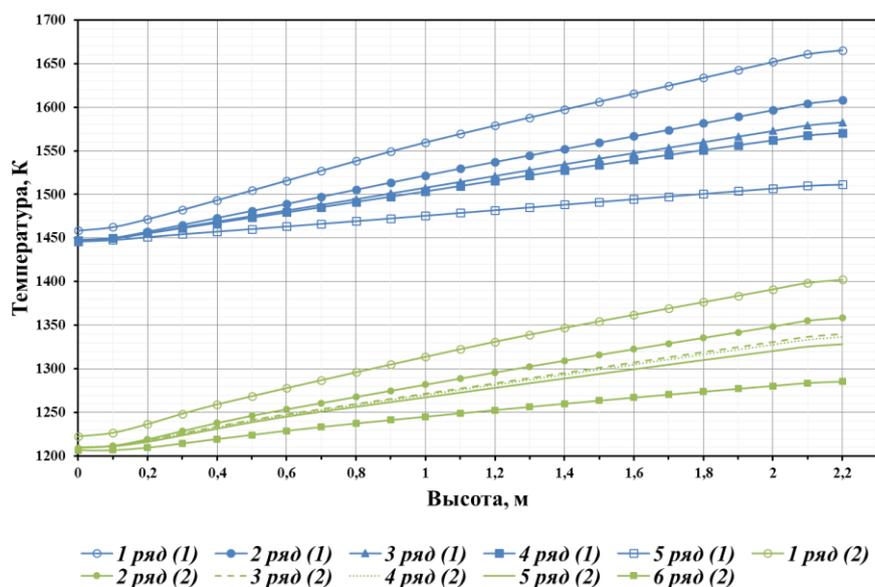


**Рисунок 5. Распределение температуры в центральном твэле по его высоте (He)**

На рисунках 6 и 7 приведены распределения температуры по высоте на осях топливных стержней твэлов, расположенных в разных рядах ТВС в соответствии с рисунком 1 при использовании водорода и гелия в качестве теплоносителя. Синими линиями выведена температура первого варианта ТВС, зелеными линиями — температура второго варианта.



**Рисунок 6. Распределение температуры на осях топливных стержней (H<sub>2</sub>)**



**Рисунок 7. Распределение температуры на осях топливных стержней (He)**

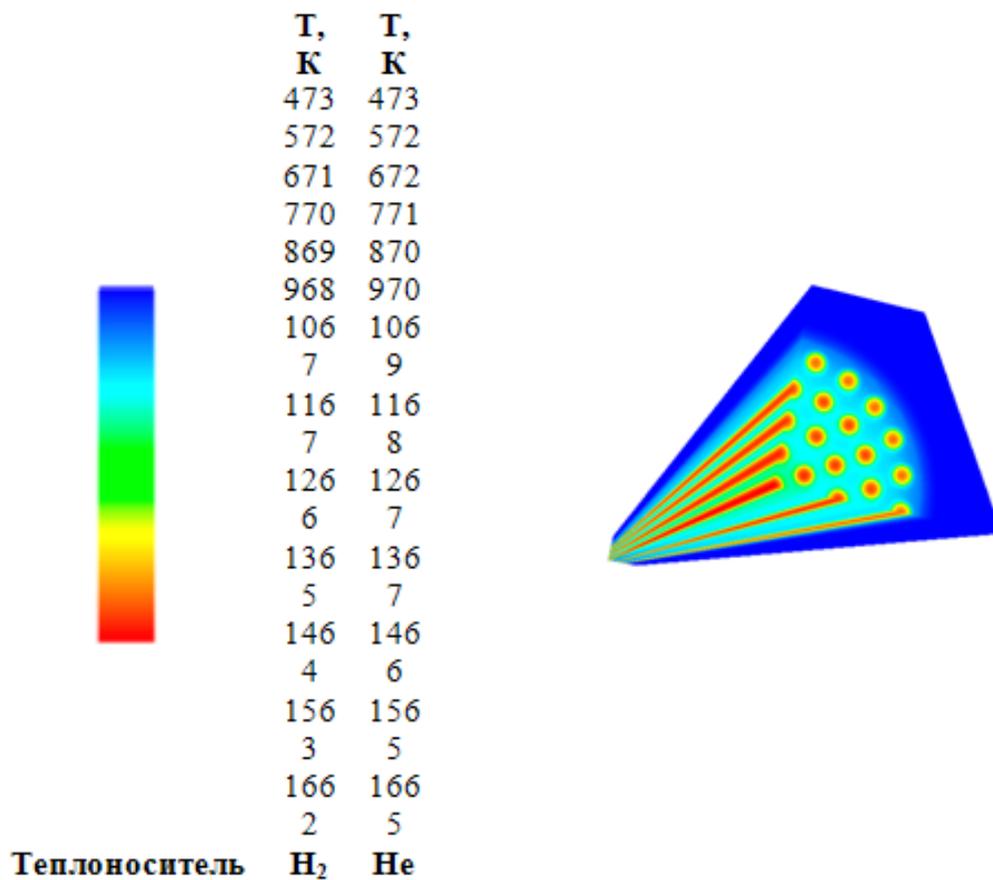
Максимальные температуры осей топливных стержней даны в таблице 4.

**Таблица 4.**

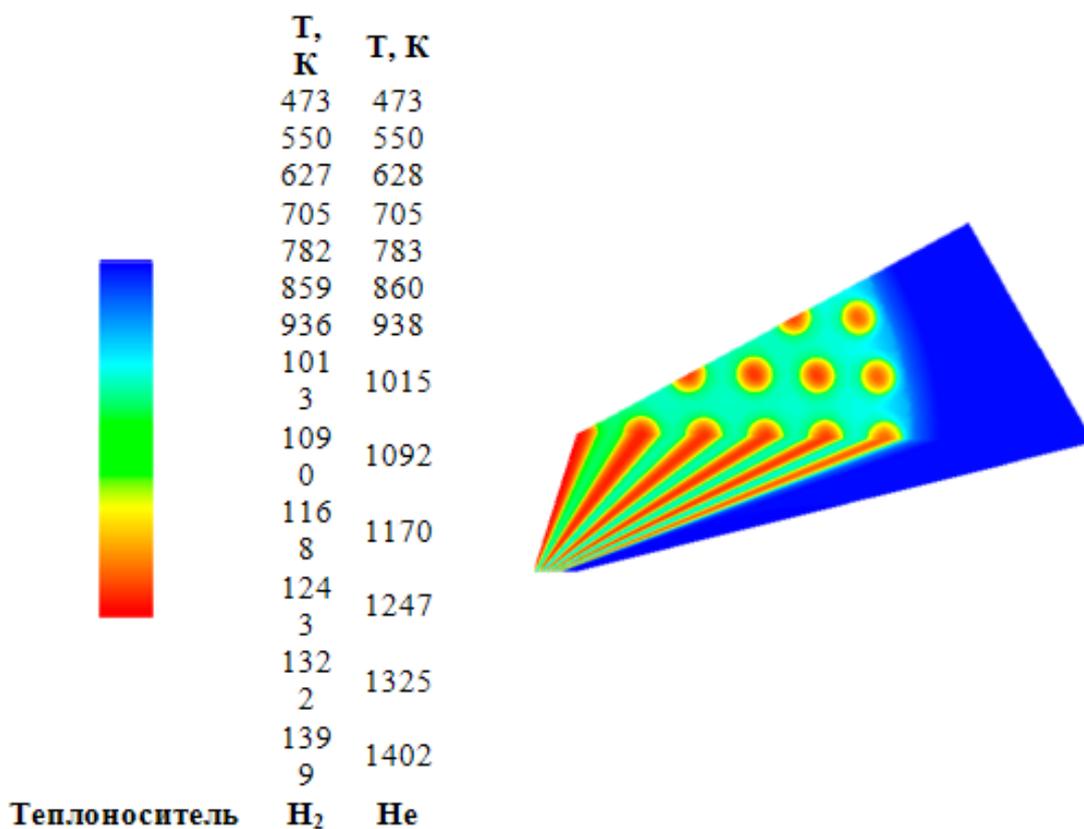
**Максимальные температуры на осях топливных стержней**

Параметр Вариант ТВС	Значение			
	1		2	
	Н <sub>2</sub>	He	Н <sub>2</sub>	He
Температура топливного стержня 1 ряда, К	1661,83	1665,27	1399,48	1402,29
Температура топливного стержня 2 ряда, К	1605,25	1608,28	1356,35	1358,64
Температура топливного стержня 3 ряда, К	1579,56	1582,55	1337,86	1340,13
Температура топливного стержня 4 ряда, К	1567,65	1570,6	1334	1336,34
Температура топливного стержня 5 ряда, К	1507,74	1511,29	1325,89	1328,38
Температура топливного стержня 6 ряда, К	-	-	1282,94	1285,37

На рисунках 8, 9 даны распределения температурного поля ТВС № 1 и № 2.



*Рисунок 8. Распределение температурного поля в ТВС № 1*



*Рисунок 9. Распределение температурного поля в ТВС № 1*

## Выводы

Сравнивая результаты полученных значений максимальных температур (таблица 4) и распределений температурного поля, представленных на рисунках 4, 5, 6, 7 можно сделать следующие выводы:

- температура теплоносителя на выходе ТВС равная 500 °С достигается без превышения допустимых температур материалов сердечников твэлов и их оболочек в обоих вариантах расчета;

- максимальная температура топливного сердечника составляет 1665 К, что не превышает температуру плавления  $UO_2$  равную 2920 К [4];

- максимальная температура оболочки твэла составляет 1070 К и не превышает температуру плавления Zr равную 2123 К [4];

- мощность на прокачку водорода в ТВС №1 равна 7,6 МВт (0,69 % от мощности реактора), а в ТВС №2 — 12,5 МВт (1,1 % от мощности реактора);

- мощность на прокачку гелия в ТВС №1, равна 39,7 МВт, (3,6 % от мощности реактора), а в ТВС №2 — 67,3 МВт, (6,1 % от мощности реактора);

- мощность на прокачку замедлителя, в обоих ТВС пренебрежимо мала и составляет не более 0,0016 % от мощности реактора;

С точки зрения повышения величины КПД и повышения экономичности реакторной установки, конструкция ТВС №1 показывает себя с лучшей стороны по сравнению с конструкцией ТВС №2. Однако при использовании ТВС второго варианта в конструкции реактора, достигаются меньшие температуры топливного сердечника и оболочки, следовательно, данный факт может обеспечить более долгосрочную работу твэлов в реакторе.

## Список литературы:

1. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972.
2. Котов В.М. Возможности газоохлаждаемых реакторов с водным замедлителем / Котов В.М., Витюк Г.А., Сураев А.С // Атомная энергия. — 2014. — Т. 116. — Вып. 1. — С. 6—10.
3. Сопряжение тяжеловодного газоохлаждаемого реактора с циклом Ренкина / В.М. Котов, Г.А. Витюк, Р.А. Иркимбеков, Р.А Мухаметжарова. Курчатов, 2011.
4. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. М.: Атомиздат, 1968.
5. Fluent — Version: 3d, pbns, lam (3d, pressure-based, laminar). Revision: 13.0.0 for the ANSYS Release Version 13.0, 2010.
6. Gambit 2.4.6, Fluent inc, 2008.
7. Kotov V.M. Termal Reactors with High Reproduction of Fission Materials / V.M. Kotov // Nuclear Power — Practical Aspects. Edited by Wael Ahmed. — P. 179—218.
8. Parvo 95: Теплофизические свойства воды и водяного пара / М.Ю Иванов. Version 3.3, 2002—2004.

## СЕКЦИЯ 13. МАТЕМАТИКА

### ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ КУБИЧЕСКОЙ И КОЛЬЦЕВОЙ КОНФИГУРАЦИИ

*Аюпова Юлия Рафаэлевна*

*Стаканов Станислав Александрович*

*студенты 4 курса, кафедра математического анализа ЮУрГУ,  
РФ, г. Челябинск*

*Кипнис Михаил Маркович*

*научный руководитель, д-р физ.-мат. наук, профессор ЧГПУ,  
РФ, г. Челябинск*

*Работа поддержана грантом Минобразования России в рамках государственного задания Челябинскому государственному педагогическому университету на 2014 год.*

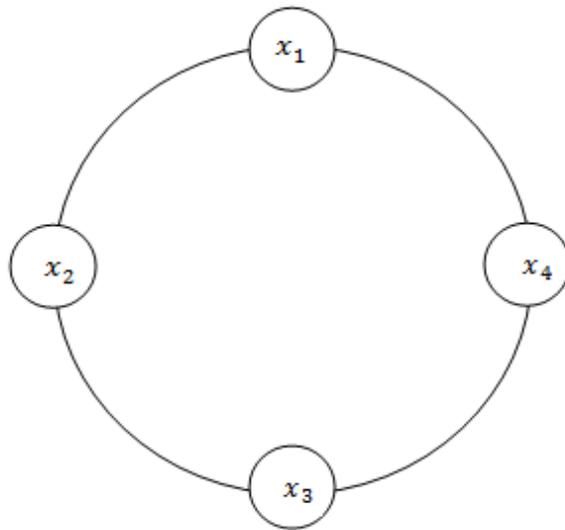
Исследована устойчивость нейронных сетей кубической и кольцевой конфигураций с различным количеством нейронов. Задача сводится к проблеме устойчивости матричных разностных уравнений с запаздыванием.

#### **1. Введение**

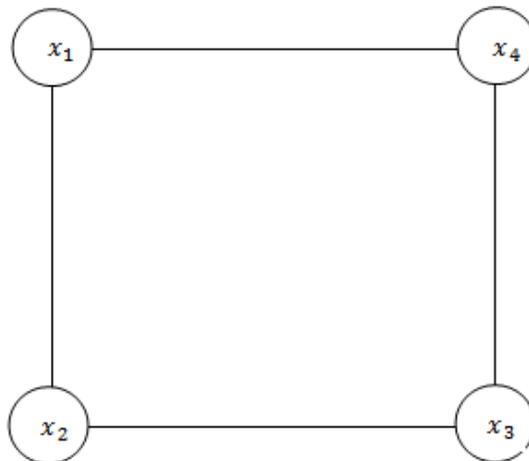
Мы рассматриваем пары нейронных сетей, в которых первая сеть представляет собой кольцевую или кубическую, вторая её же, но с перемычкой.

Приведём типы рассмотренных нейронных сетей:

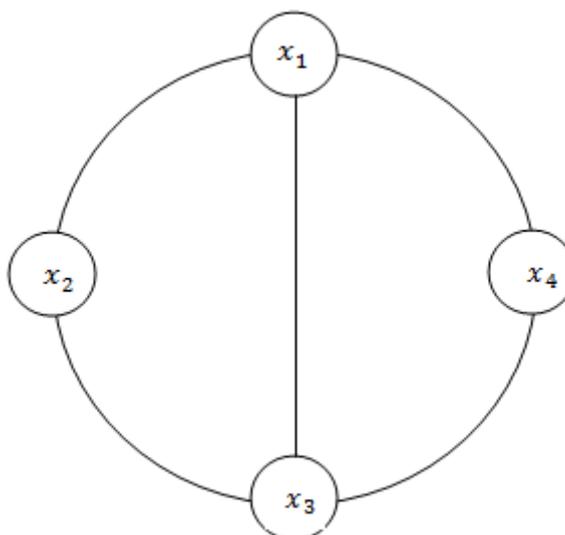
1. Кольцевая нейронная сеть с четырьмя нейронами (Рисунок 1).
2. Кольцевая нейронная сеть с шестью нейронами (Рисунок 2).
3. Нейронная сеть, в виде двумерного куба (Рисунок 3).
4. Нейронная сеть, в виде трехмерного куба (Рисунок 4).



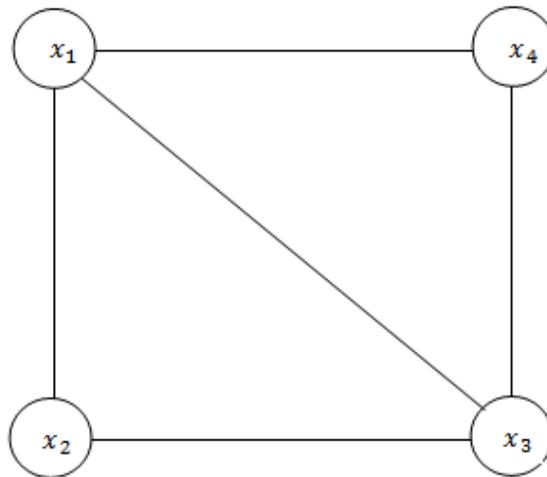
*Рисунок 1а. Кольцевая структура с четырьмя нейронами*



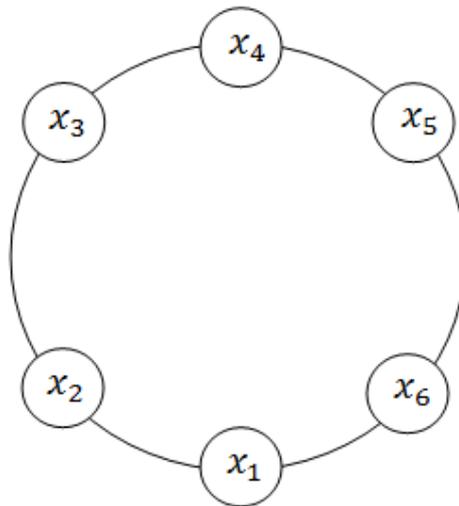
*Рисунок 1б. Кольцевая структура с четырьмя нейронами и перемычкой*



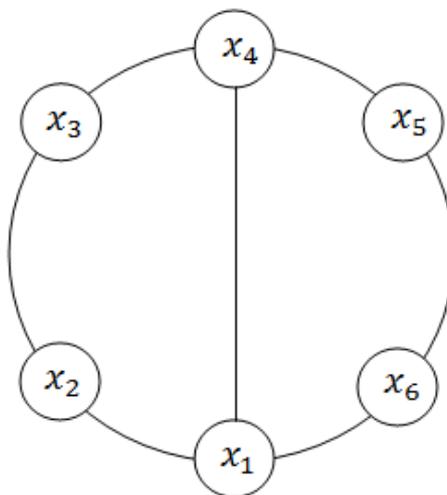
*Рисунок 2а. Структура двумерного куба с четырьмя нейронами*



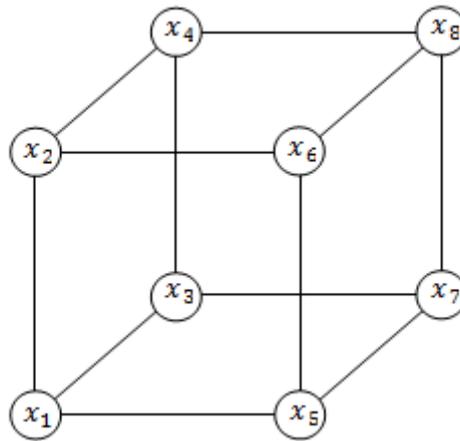
*Рисунок 2б. Структура двумерного куба с четырьмя нейронами и перемычкой*



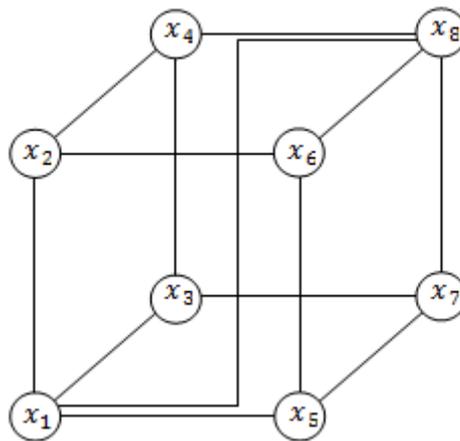
*Рисунок 3а. Кольцевая структура с шестью нейронами*



*Рисунок 3б. Кольцевая структура с шестью нейронами и перемычкой*



**Рисунок 4а. Структура трехмерного куба с восьмью нейронами**



**Рисунок 4б. Структура трехмерного куба с восьмью нейронами и перемычкой**

Искусственные нейронные сети с  $n$  нейронами в дискретном линейризованном варианте описываются разностными уравнениями

$$x_s = Ax_{s-1} + Bx_{s-k}, s = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Здесь  $A, B$  матрицы размера  $n \times n$ , натуральное число  $s$  есть номер такта,  $x_s$  является  $n$  – мерным вектором состояний нейронной сети в момент  $s$ . А есть матрица мгновенных взаимодействий нейронов,  $B$  — матрица взаимодействий с запаздыванием.

Матрица для кольцевой сети с четырьмя нейронами имеет вид:

$$B = \begin{matrix} & 0 & b & 0 & a \\ & a & 0 & b & 0 \\ & 0 & a & 0 & b \\ & b & 0 & a & 0 \end{matrix}$$

Матрица для кольцевой сети с четырьмя нейронами и перемычкой имеет вид:

$$B = \begin{matrix} & 0 & b & b & a \\ & a & 0 & b & 0 \\ & a & a & 0 & b \\ & b & 0 & a & 0 \end{matrix}$$

Матрица для кольцевой сети с шестью нейронами имеет вид:

$$B = \begin{matrix} & 0 & b & 0 & 0 & 0 & a \\ & a & 0 & b & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & a & 0 & b & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & a & 0 & b & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & a & 0 & b \\ & b & 0 & 0 & 0 & a & 0 \end{matrix}$$

Матрица для кольцевой сети с шестью нейронами и перемычкой имеет вид:

$$B = \begin{matrix} & 0 & b & 0 & b & 0 & a \\ & a & 0 & b & 0 & 0 & 0 \\ & 0 & a & 0 & b & 0 & 0 \\ & a & 0 & a & 0 & b & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & a & 0 & b \\ & b & 0 & 0 & 0 & a & 0 \end{matrix}$$

Матрица для кубической сети с четырьмя нейронами имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b & b & 0 \\ a & 0 & 0 & b \\ a & 0 & 0 & b \\ 0 & a & a & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица для кубической сети с четырьмя нейронами и переключкой имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b & b & b \\ a & 0 & 0 & b \\ a & 0 & 0 & b \\ a & a & a & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица для кубической сети с четырьмя нейронами и переключкой имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b & b & 0 & b & 0 & 0 & 0 \\ a & 0 & 0 & b & 0 & b & 0 & 0 \\ a & 0 & 0 & b & 0 & 0 & b & 0 \\ 0 & a & a & 0 & 0 & 0 & 0 & b \\ a & 0 & 0 & 0 & 0 & b & b & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 & a & 0 & 0 & b \\ 0 & 0 & a & 0 & a & 0 & 0 & b \\ 0 & 0 & 0 & a & 0 & a & a & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица для кубической сети с четырьмя нейронами и переключкой имеет вид:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b & b & 0 & b & 0 & 0 & b \\ a & 0 & 0 & b & 0 & b & 0 & 0 \\ a & 0 & 0 & b & 0 & 0 & b & 0 \\ 0 & a & a & 0 & 0 & 0 & 0 & b \\ a & 0 & 0 & 0 & 0 & b & b & 0 \\ 0 & a & 0 & 0 & a & 0 & 0 & b \\ 0 & 0 & a & 0 & a & 0 & 0 & b \\ a & 0 & 0 & a & 0 & a & a & 0 \end{pmatrix}$$

Для разностного матричного уравнения (1) характеристическим уравнением является уравнение

$$\det \lambda^k E - A\lambda^{k-1} - B = 0.$$

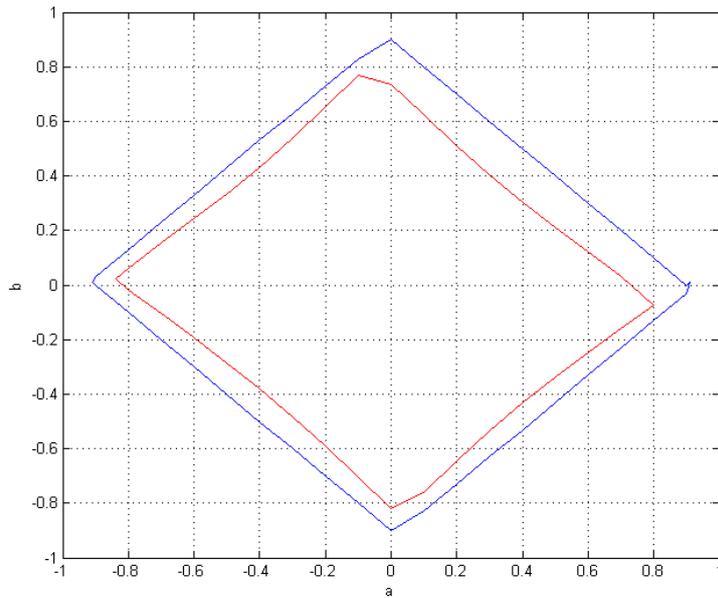
Если все корни  $\lambda_j$   $1 \leq j \leq kn$  уравнения (4) обладают свойством  $\lambda_j < 1$ , то уравнение (1) является устойчивым, то есть все его решения стремятся к нулю при  $s \rightarrow \infty$ . Если хотя бы для одного  $j$  выполняется неравенство  $\lambda_j > 1$ , то уравнение (1) неустойчиво.

Для изучения устойчивости уравнения (1) мы использовали программу MathCAD. Мы фиксируем запаздывание  $k$  и число нейронов  $n$ , а также коэффициент демпфирования  $\alpha$ . Затем перебираем значения  $a$  из некоторого интервала с некоторым шагом. Для каждого значения  $a$  мы посредством вычисления корней характеристического уравнения подбираем граничные значения  $b$ , в окрестности которых устойчивость системы граничит с неустойчивостью. В результате мы получаем область устойчивости в пространстве параметров  $(a, b)$ .

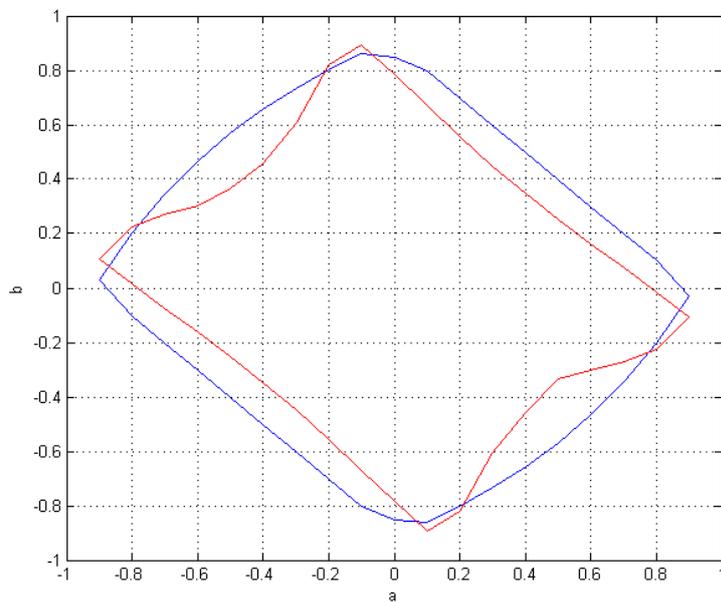
## **2. Результаты численных экспериментов по определению областей устойчивости**

Мы получили следующие результаты численных экспериментов.

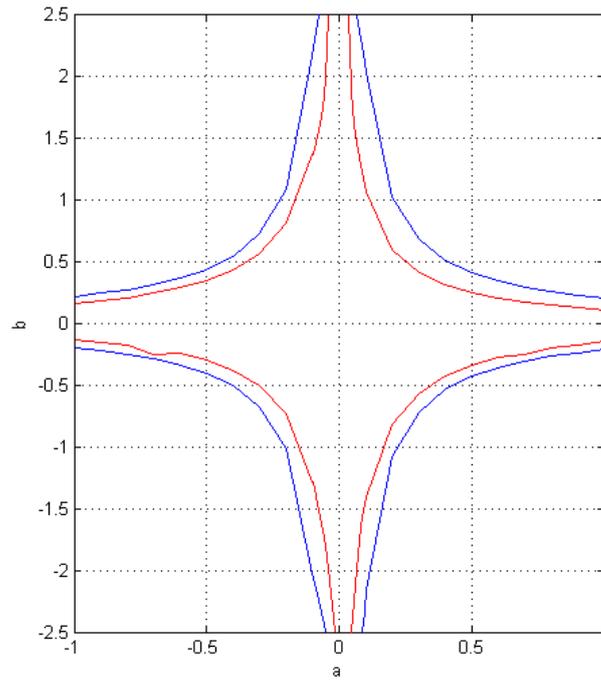
На всех графиках синим обозначена область устойчивости сети без перемычки, красным сети с перемычкой.



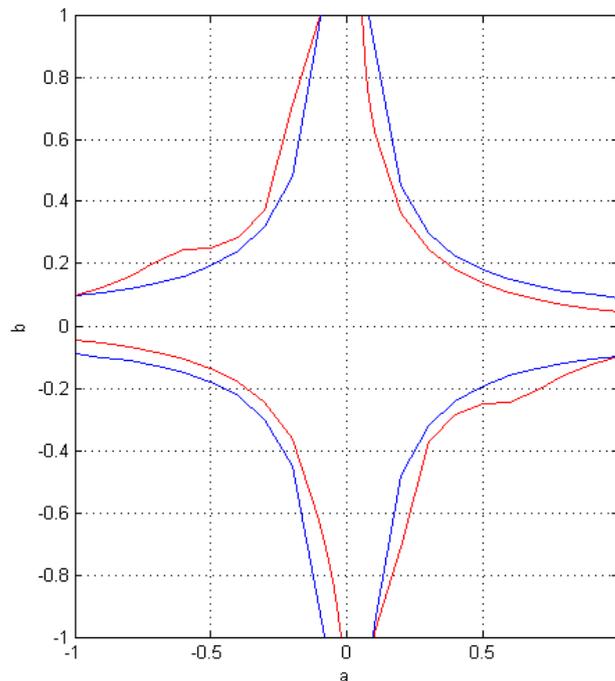
**Рисунок 5. Области устойчивости в плоскости  $(a, b)$  для кольцевой нейронной (4 нейронов) сети с перемычкой и без нее при запаздывании  $k = 2$  и коэффициенте демпфирования  $\alpha = 0.8$ .**



**Рисунок 6. Области устойчивости в плоскости  $(a, b)$  для кольцевой нейронной (6 нейронов) сети с перемычкой и без нее при запаздывании  $k = 2$  и коэффициенте демпфирования  $\alpha = 0.8$ .**



**Рисунок 7. Области устойчивости в плоскости  $a, b$  для кубической нейронной (4 нейрона) сети с перемычкой и без нее при запаздывании  $k = 2$  и коэффициенте демпфирования  $\alpha = 0.8$**



**Рисунок 8. Области устойчивости в плоскости  $(a, b)$  для кубической нейронной (8 нейронов) сети с перемычкой и без нее при запаздывании  $k = 2$  и коэффициенте демпфирования  $\alpha = 0.8$ .**

## Заключение

Появление перемычки в нейронной сети делает ее так называемой сетью smallworld. Последний термин связан с гипотезой о шести рукопожатиях [2]. Из общих соображений ясно, что появление перемычки должно уменьшать область устойчивости нейронной сети. Наши численные эксперименты в основном подтверждают эту гипотезу. Однако существуют некоторые незначительные области в плоскости  $(a, b)$ , в которых эта гипотеза не подтверждается. Такие области по аналогии с работой [4] естественно назвать парадоксальными.

Данная работа продолжает исследования устойчивости нейронных сетей [1, 3, 4].

## Список литературы:

1. Речкалова Л.В., Кипнис М.М., Область устойчивости нейронной сети с топологией тора при разрыве некоторых связей, Сб. статей по материалам XXXVIII Международной научно-практической конференции «Инновации в науке», Новосибирск, 27 дек. 2013, — с. 23—30.
2. Теория шести рукопожатий //Википедия: свободная энциклопедия. 2011. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Теория\\_шести\\_рукопожатий/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_шести_рукопожатий/) (дата обращения: 20.03.2014).
3. Khokhlova T.N., Kipnis M.M. Numerical and qualitative stability analysis of ring and linear neural networks with a large number of neurons. International Journal of Pure and Applied Math. (2012) V. 76(3), — pp. 403—419.
4. Khokhlova T.N., Kipnis M.M., The breaking of a delayed ring neural network contributes to stability: The rule and exceptions, Neural Networks, — 2013, — V. 48, — p. 148—152.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**«НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ.  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

*Электронный сборник статей по материалам XIX студенческой  
международной заочной научно-практической конференции*

№ 4 (19)  
Апрель 2014 г.

В авторской редакции

Издательство «СибАК»  
630075, г. Новосибирск, ул. Залесского, 5/1, оф. 605  
E-mail: mail@sibac.info



**СибАК**  
[www.sibac.info](http://www.sibac.info)

