



**СибАК**  
www.sibac.info

ISSN 2310-4066

**XXIX СТУДЕНЧЕСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**№ 2 (28)**



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

г. НОВОСИБИРСК, 2015



# НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ 2 (28)  
Февраль 2015 г.

Издается с Октября 2012 года

Новосибирск  
2015

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 XXIX студенческой международной научно-практической конференции. — Новосибирск: Изд. «СибАК». — 2015. — № 2 (28)/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.sibac.info/archive/Technic/2\(28\).pdf](http://www.sibac.info/archive/Technic/2(28).pdf).

Электронный сборник статей по материалам XXIX 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>6</b>
НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ВИДЫ ТЕПЛИЦ И ОРАНЖЕРЕЙ В РОССИИ	6
Амоян Миша Фрикович Алиев Ариз Алихан оглы Ким Алексей Юрьевич	
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ	13
Котова Елена Валерьевна Колесникова Татьяна Николаевна	
<b>Секция 2. Биотехнологии</b>	<b>19</b>
РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЯ НА НАГРУЗКУ, ИМЕЮЩУЮ АКТИВНО-ИНДУКТИВНЫЙ И АКТИВНО-ЕМКОСТНОЙ ХАРАКТЕР	19
Темников Евгений Александрович Милютин Алексей Юрьевич Кусаин Жарас Ерланулы	
<b>Секция 3. Информационные технологии</b>	<b>26</b>
ПРОГРАММА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОШИБОК ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	26
Богомяков Илья Николаевич Су-ян-ся Наталья Анатольевна	
<b>Секция 4. Машиностроение</b>	<b>31</b>
СОВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИВОЛЖСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ - ФИЛИАЛА ОАО «РЖД»	31
Алексенко Дмитрий Олегович Киянов Евгений Борисович	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ПОДВИЖНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА СТАНКА ПРИ ИЗНОСЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ	36
Григорьева Ольга Владимировна Мартышкин Анатолий Петрович Маскайкина Светлана Егоровна	

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ СЦБ ПО «СОСТОЯНИЮ» С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ТДМ Нищерикова Светлана Ростиславовна Панова Ульяна Олеговна	44
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПУТЕВЫХ РАБОТ Похлебаев Михаил Игоревич Литвинова Светлана Геннадьевна	49
<b>Секция 5. Metallургия</b>	<b>54</b>
ВЛИЯНИЕ ЧЕРНОВОЙ СТАДИИ ПРОКАТКИ НА РАЗМЕР ЗЕРНА АУСТЕНИТА В НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ Алексеев Даниил Юрьевич Стаценко Елена Николаевна Гущина Марина Сергеевна Полецков Павел Петрович Бережная Галина Андреевна	54
РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ СООТВЕТСТВИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ SPC Евдокимова Татьяна Дмитриевна Румянцев Михаил Игоревич	61
<b>Секция 6. Пищевая промышленность</b>	<b>69</b>
ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА Немирова Юлия Александровна Сорочкина Оксана Юрьевна	69
<b>Секция 7. Радиотехника, Электроника</b>	<b>73</b>
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЦЕХА ПЛАСТМАСС Милютин Алексей Юрьевич Темников Евгений Александрович Готфрид Павел Андреевич	73
<b>Секция 8. Телекоммуникации</b>	<b>84</b>
О ЕДИНООБРАЗНОМ ФОРМИРОВАНИИ АНСАМБЛЕЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ КОЛЕБАНИЙ — КОМПОЗИТНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ Зуев Максим Юрьевич Чабдаров Шамиль Мидхатович	84

<b>Секция 9. Технологии</b>	<b>90</b>
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ	90
Власов Дмитрий	
Латыпов Владислав	
Латышев Виктор Александрович	
МОНТАЖ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ НЕФТИ	95
Дегтярев Роман Михайлович	
Истомин Андрей Александрович	
Карболин Иван Алексеевич	
Латышев Виктор Александрович	
<b>Секция 10. Электротехника</b>	<b>103</b>
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА МАЛОЙ МОЩНОСТИ	103
Попелло Егор Сергеевич	
Татарина Мария Витальевна	
<b>Секция 11. Энергетика</b>	<b>113</b>
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ПОДХОДЫ, ТЕНДЕНЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	113
Краснова Юлия Сергеевна	
Михайлов Владимир Александрович	
<b>Секция 12. Математика</b>	<b>120</b>
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МАР-ПОТОКА СОБЫТИЙ В УСЛОВИЯХ НЕПРОДЛЕВАЮЩЕГОСЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ	120
Березин Дмитрий Владимирович	
Нежелская Людмила Алексеевна	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ В КОДИРОВАНИИ И ДЕКОДИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ	127
Васильева Марина Владимировна	
Додонова Наталья Леонидовна	
ИССЛЕДОВАНИЕ МИРА ФРАКТАЛОВ	140
Васильева Марина Владимировна	
Тишин Владимир Викторович	

## СЕКЦИЯ 1.

### АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

#### НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ВИДЫ ТЕПЛИЦ И ОРАНЖЕРЕЙ В РОССИИ

***Амоян Миша Фрикович***

*студент 3 курса, Саратовский Государственный  
Технический Университет имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [ezid-007@yandex.ru](mailto:ezid-007@yandex.ru)*

***Алиев Ариз Алихан оглы***

*студент 2 курса, Саратовский Государственный  
Технический Университет имени Гагарина Ю.А.,  
РФ, г. Саратов  
E-mail: [164apple164@gmail.com](mailto:164apple164@gmail.com)*

***Ким Алексей Юрьевич***

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

Последние тридцать лет отрасль защищенного грунта в России медленно и уверенно угасает. Площади под теплицами с 1985 года сократились с 4,7 тыс. га до 1,8 тыс. га. Перестали существовать практически все НИИ, занимавшиеся разработкой и внедрением новых технологий и тепличного оборудования.

Свыше 75 % находящихся на балансе тепличных хозяйств были построены в 70-е годы. К 2020 году, по прогнозам Минсельхоза, площадь российских теплиц составит 4,7 тысяч га, а производство тепличных овощей должно вырасти до 1,7 млн. тонн в год. Таким образом, государство считает реальным за 5 лет увеличить площади теплиц и валовой сбор овощей закрытого грунта более чем в 3 раза.

До начала западных санкций доля некоторых овощей и фруктов, поставляемых из-за рубежа, составляла в России до 70 %, достигнув максимума

в 2010 году. В 2014 году доля импортных овощей значительно упала до 45 %. По прогнозу Федеральной службы государственной статистики объемы потребления фруктов и овощей населением не будут существенно изменяться. Тем не менее, по прогнозам, изменится количество денег, затрачиваемых на потребление основных продуктов питания (с 35 % в 2014 году до 45 % бюджета потребителей на продовольствие в 2016 году).

Инновационная модернизация овощеводства сейчас идет по следующим направлениям:

- технологическое переоснащение отрасли на основе энерго-ресурсосбережения;
- внедрение прогрессивных агротехнологий;
- создание новых экономичных конструктивных форм теплиц и оранжерей.

Рассмотрим подробно последний пункт. Современные принципы развития конструктивных форм многопролетных вантовых теплиц и оранжерей. За вторую половину двадцатого века в России выполнен большой объем научно-исследовательских и экспериментальных работ в области расчёта и проектирования облегчённых металлических конструкций перекрытий, благодаря интенсивному развитию строительной науки.

Основными факторами технического прогресса в области строительства облегченных покрытий теплиц и оранжерей больших пролетов явились:

- применение структурных, тонкостенных, предварительно напряженных, вантовых, балочных, мембранно-стержневых и других легких конструкций;
- применение ЭВМ на всех стадиях проектирования и шаговых методов с применением на шаге МКЭ и основанных на этой теории программных комплексов Лира САПР и другие [1].

Эти и другие принципы проектирования облегченных рациональных систем были применены авторами данной статьи для проектирования эффективной теплицы и оранжереи.

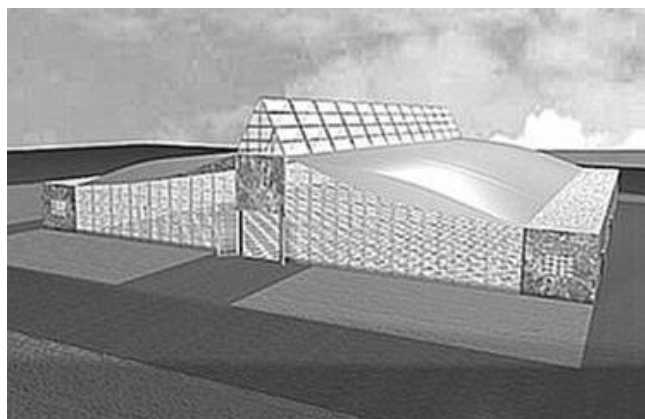


Рассмотрим новые конструктивные формы вантовых теплиц и оранжерей с подвесной дождевальной системой трубопроводов. (См. рис. 1).

Авторы под руководством профессора Кима А.Ю. и с учетом опыта, накопленного в России и других странах мира, разработали ряд многопролетных линзообразных мембранно-стержневых сооружений больших пролетов предназначенных для теплиц и оранжерей.

Авторами разработано многопролетное линзообразное мембранно-стержневое сооружение, которое содержит внешние и внутренние опорные устройства. Теплица содержит мембранно-стержневое покрытие с многопролетной нижней и выпуклой верхней мембранами. Мембраны закреплены во внешних опорных устройствах. Сооружение является капитальным. Мембраны покрытия изготовлены из стеклоткани с полупрозрачным, как правило, тефлоновым покрытием. Площадь такого сооружения около 10 000 кв. м. [1].

Экономия при проектировании такого сооружения достигается за счет, того что внешнее опорное устройство имеет ригель, объединенный с колоннами и расположенный в плане перпендикулярно пролетам. Внутреннее опорное устройство имеет ригель, объединенный с колоннами и расположенный в плане перпендикулярно пролетам. Мембраны соединены между собой распорками, соединены над ригелями опорных устройств и по длине пролетов образуют несколько линзообразных пролетных строений, опирающихся на ригели.



*Рисунок 1. Многопролетная теплица*

Линзообразные пролетные строения снабжены расположенными по торцам покрытия вертикальными мембранно-стержневыми панелями, соединяющими нижнюю и верхнюю мембраны. В случае, когда колонны выполнены наклонными, внешнее опорное устройство включает вертикальную стенку, закрепленную в фундаменте.

Монтаж сооружения производится на готовый фундамент. Сначала в фундаменты устанавливаются колонны и на них крепятся ригели. Одновременно монтируются каждое внешнее опорное устройство, включающее ригель, объединенный с наклонными колоннами, и стенку, закрепленную в фундаменте. Нижнюю и верхнюю мембраны укладывают рядом с сооружением в виде заранее изготовленных монтажных полотнищ, которые затем с помощью полиспастов, лебедок и талрепов натягивают на ригели и скрепляют их между собой распорками, с ригелями внешних опорных устройств и торцевыми панелями.

Как показала практика, такой факт, как отсутствие коробления мембран сооружений является редкостью. Для этого требуется либо простейшее очертание оболочек, как в данном случае, либо применение довольно сложных конструктивных решений.

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 1,5 мм, ширина здания может быть увеличена до 180 м и более. Длина здания произвольная.

Уклон кровли за счет очертания верхней выпуклой мембраны обеспечивает необходимый водоотвод с покрытия естественных осадков. Наличие воздушных линз в покрытии обеспечивает хорошие теплозащитные свойства зданий. Проблему удаления снега с покрытия можно осуществлять подачей нагретого воздуха в линзообразное покрытие. Относительно низкая материалоемкость и стоимость сооружения в сочетании с надежностью и долговечностью конструкций обеспечивают высокую экономическую эффективность сооружения. Бригада монтажников сможет собрать такое здание

на готовом фундаменте примерно за месяц. Стоимость СМР примерно два миллиона, стоимость всего объекта около двадцати миллионов, стоимость оборудования для теплицы около трех миллионов [1].

За рубежом построено более 100 тысяч мембранно-стержневых и покрытий сооружений различного типа благодаря их низкой себестоимости. (См. рис. 2 и 3).



***Рисунок 2. Оранжерея в Голландии***

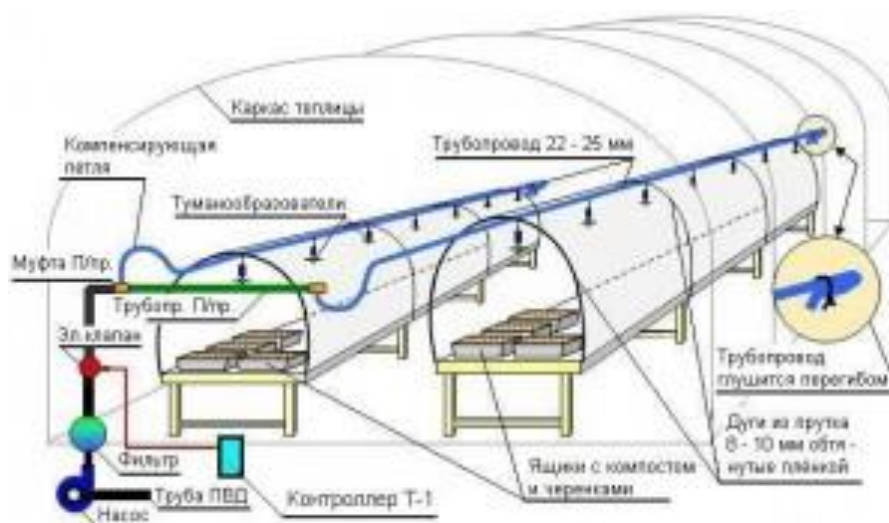


***Рисунок 3. Теплица по выращиванию цветов***

Система полива в таких сооружениях очень проста и экономична. Трубопроводы подвешиваются в узлах расположения подвесок вантовых двухпоясных систем. Водопроводящий трубопровод собран из секций труб

длиной 6 м и диаметром 16—24 мм. Общая длина водопроводящего пояса может достигать 100 м и более. Высота его над поверхностью земли 3—6 м. [2].

По всей длине трубопровода через каждые 3 м расположены короткоструйные низконапорные дождеватели секторного действия, которые обеспечивают очень тонкое и равномерное распыление воды, хорошее впитывание ее в почву. Насадки трех типоразмеров, отличающиеся диаметрами сопел: 5, 6 и 7 мм.



**Рисунок 4. Схема полива растений в большепролетной теплице**

Достоинствами короткоструйных насадок являются простота устройства и хорошее качество работы. Они хорошо распыляют струю при небольшом напоре воды, дают равномерный дождь небольшой интенсивности (0,17—0,22 мм/мин в среднем) с мелкими каплями, что позволяет применять их при поливе овощных и плодово-ягодных культур. Данный автоматизированный полив легко управляется датчиками и требуют сравнительно небольших затрат энергии на образование дождя. Данный полив признан одним из самых экономичных [2; 3].

Основные технико-экономические показатели: при годовом расходе электроэнергии около 195,0 тыс. кВт; на 1 тонну овощей кВт. ч 2,34, на одну тонну овощей Гкал 335. По нашим подсчетам себестоимость продукции

огурцов будет около 60 рублей килограмм и окупаемость капвложений примерно пять лет.

Новые мембранно-стержневые системы сооружений авторы статьи рекомендуют использовать при строительстве теплиц и оранжерей с подвесной дождевальнoй системой трубопроводов при создании в России современной инфраструктуры сельского хозяйства для производства собственной продукции. Это поможет за 3—5 лет обеспечить Российскую Федерацию собственной овощной продукцией.

### **Список литературы:**

1. Ким А.Ю. и другие. Многопролётные мембранно-стержневые покрытия теплиц/ А.Ю. Ким, Р.Б. Нургазиев // Вестник СГАУ. — 2013. — № 2. — С. 72—73.
2. Pneumatic construction of greenhouses with automatic irrigation St. Paul, 1997. — 128 p.
3. Air supported structures, Canadian Standards Association, 1979. — 232 p.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАБИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

***Котова Елена Валерьевна***

*студент 6 курса, кафедра «Архитектура»,  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет — УНПК»,  
РФ, г. Орёл  
E-mail: [elena.linainvers@yandex.ru](mailto:elena.linainvers@yandex.ru)*

***Колесникова Татьяна Николаевна***

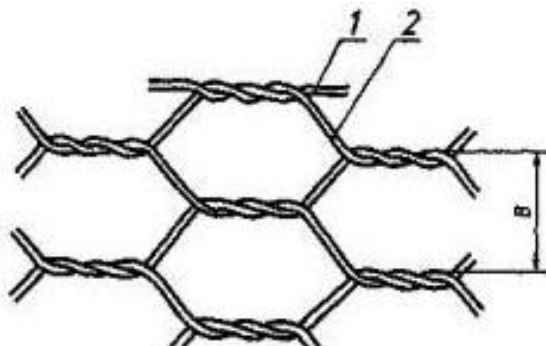
*научный руководитель, д-р архитектуры, доцент кафедры «Архитектура»,  
РФ, г. Орёл*

На протяжении достаточно долгого времени в нашей стране для укрепления насыпей, береговых линий, при строительстве каналов и инженерных сооружений различного назначения применялись подпорные каменные стенки, бетонные плиты или уплотнённое земляное полотно, засыпанное щебнем или гравием. Часто такие способы не всегда экологичны и эстетически привлекательны. Но они прижились в строительной практике, и никто не будет от них отказываться. Ведь плиты из бетона и железобетона прочны, функциональны, не требуют больших затрат в эксплуатации и рассчитаны на долгий срок службы. К сожалению, очень часто забывают о таком простом и недорогом варианте как габионные конструкции. Несмотря на то, что они долговечны, устойчивы, водонепроницаемы и не нарушают биосостав почвы — всё ещё не приобрели в строительстве массового характера.

Габион (в переводе с французского gabion или итальянского gabbione — «большая клетка») представляет собой ящик, каркас из металлической сетки или сварных конструкций из стальной проволоки, которые заполнены бутом, щебнем, небольшими валунами, галькой, колотым или цельным кирпичом и даже различными натуральными материалами — древесными спилами, корой и листвой, но в случае, если габион применяется в декоративных целях [1, с. 23].

Сами габионные конструкции изготавливают из сетки двойного кручения с ячейками в виде шестиугольника (рис. 1), которые представляют собой

параллелепипед с наполнителем. Для сетки используется стальная проволока плотного оцинкования с дополнительным покрытием ПВХ, которое защищает её и обеспечивает устойчивость к разным повреждениям [2, с. 31].

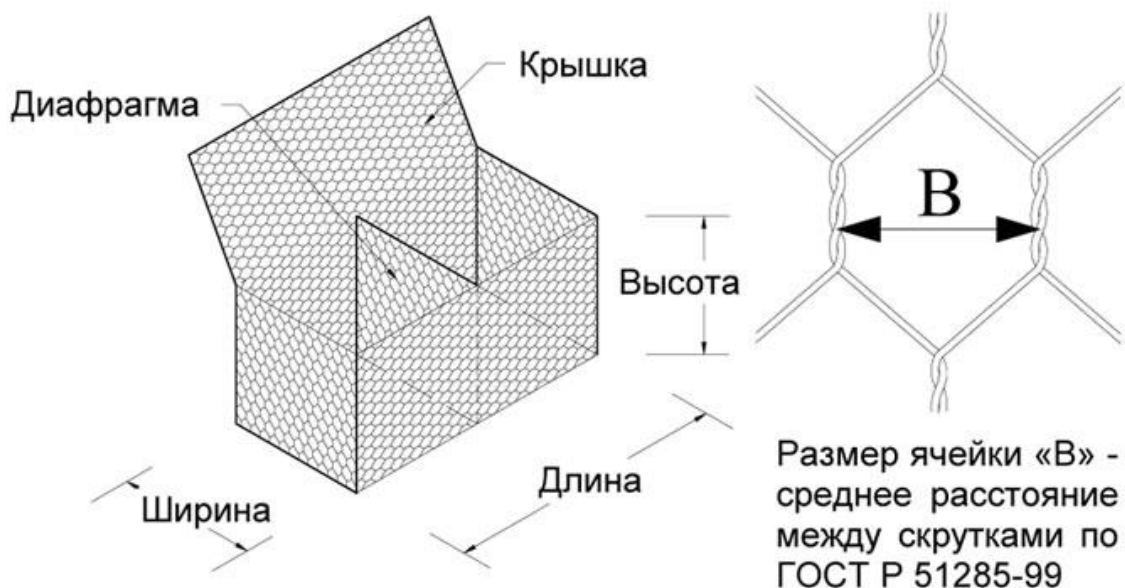


**Рисунок 1. Схема шестиугольных ячеек сетки: 1 — проволока кромки, 2 — основная проволока, В — ячейка**

Такие конструкции достаточно часто применяют в строительстве в европейских странах, так как они успешно заменяют собой сооружения из бетона, что позволяет намного уменьшить расходы на строительство и эксплуатацию, и, что ещё более важно в современном мире — сократить отрицательное воздействие человека на экосистему.

Чаще всего габионы используют в качестве подпорных стенок на тех участках рельефа, где размываются и оползают склоны или бывают подтопления в половодье. Также габионные конструкции применяются для укрепления и защиты дамб и русел рек от размыва. Современные дизайнеры и проектировщики активно используют габионы для создания необычных изгородей, малых архитектурных форм, украшения интерьеров.

Исторически габион — это полый плетёный цилиндр без основания. До конца XIX века такие «корзины» повсеместно использовались как фортификационные сооружения, которые превосходно защищали воинов от ядер и шрапнели [3, с. 15]. С начала XX века понятие «габион» приобретает, главным образом, строительное направление, и сейчас выглядит так (рис. 2):



**Рисунок 2. Схема коробчатых габионов**

Всё возрастающий интерес к габионным сооружениям обусловлен их свойствами:

- гибкость. Стальная сетка двойного кручения противостоит различным типам нагрузок без разрыва. Габионы поглощают всевозможные осадки грунта без разрушения самого сооружения и даже сильный эрозионный размыв грунта основания габионной постройки приводит, как правило, лишь к незначительным деформациям конструкции, которые не вызывают потери прочности и разрушения сооружения.

- прочность. Благодаря качествам сетки двойного кручения, которая является армирующим элементом конструкции обеспечена высокая прочность и устойчивость габионов. Также она обусловлена способностью габионов воспринимать значительные эрозионные, волновые, ледовые нагрузки без разрушения. Прочное соединение каждого габиона с соседними при помощи оцинкованной проволоки превращает конструкции в монолит [3, с. 45].

- экологичность. Эффективность габионных конструкций со временем только возрастает, так как ежегодно происходит уплотнение наносов и грунта в пустотах между наполнителем, и начинается рост растительности. Взаимодействуя таким образом с частичками грунта, габионные сооружения

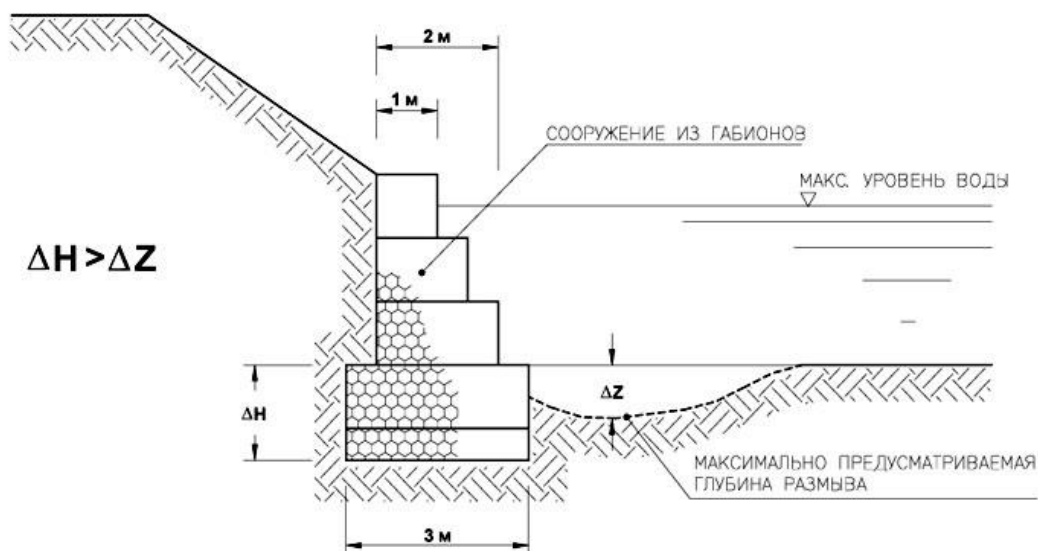


становятся частью природного ландшафта и приобретают ещё большую прочность. Многолетний зарубежный опыт применения габионов показывает, что сооружения из них благоприятно влияют на восстановление состояния естественного равновесия в зоне их возведения. Период полной консолидации конструкции зависит от климата и типа сооружения и составляет от 1—5 лет. Это даёт габионным конструкциям максимальную устойчивость и практически неограниченный срок службы [4, с. 18]. Многие считают недостатком то, что видна металлическая сетка. Но с течением времени габионные блоки покрываются зеленью и, таким образом, становятся биопозитивным элементом в городской среде.

- высокая водопроницаемость габионов позволяет исключить возникновение гидростатической нагрузки. Также есть возможность строить подпорные стенки без сопутствующего застенного дренажа.

- экономичность. В Орле для укрепления береговых линий и склонов традиционно используют железобетонные и бетонные плиты. Огромным плюсом габионов перед ними является то, что для их установки не нужна тяжелая строительная техника, пространство для её размещения. Основным материалом для габионных блоков — камень, который не нуждается в обработке, приводящая к увеличению расходов на производство. По стоимости такие конструкции будут приблизительно на 15 % дешевле железобетонных, соответственно, затраты на эксплуатацию и ремонт тоже [3, с. 46].

Все эти качества несомненно говорят о полезности и рациональности применения габионных конструкций. Особенно важен экологический аспект их использования, так как они не нарушают экосистему почвы и водоёмов, не создают гомогенной визуальной среды (как те же бетонные плиты), а только сохраняют и улучшают существующий природный состав земли и воды (рис. 3, 4).



**Рисунок 3. Схема размещения габионов на укреплении береговой линии**



**Рисунок 4. Примеры существующих береговых укреплений на основе габионных конструкций в парках Италии и Франции**

Помимо этого, габионы очень мобильны, поэтому нашли своё применение не только в строительстве архитектурно-инженерных сооружений, но и в ландшафтно-средовом дизайне. Многообразие форм сетчатых блоков позволяет создавать садовые скамейки, беседки, лестницы, декоративные ограждения и заборы, противозумовые стены, малые павильоны в садово-парковом строительстве и даже стены в офисах, а также всевозможные арт-объекты (рис. 5).



*Рисунок 5. Габiony в качестве декоративного оформления садово-парковых зон Британии*

#### **Список литературы:**

1. Методические рекомендации по применению габйонных конструкций в дорожно-мостовом строительстве. М.: ФГУП «Союздорпроект», 2001. — 256 с.
2. Применение металлических сеток и геотекстильных материалов в практике строительства объектов водохозяйственного комплекса / ВодНИИпроект. М.: ВодНИИинформпроект, 1993. — 109 с.
3. Переводников Б.Ф., Селиверстов В.Л. Дорожно-мостовые габйонные конструкции и сооружения. М.: Информавтодор, 2001. — 524 с.
4. Шевченко К.И. Технико-экономическое обоснование применения габйонных структур для целей инженерной защиты территорий. М.: ФГУП «Союздорпроект», 1996. — 64 с.

## СЕКЦИЯ 2. БИОТЕХНОЛОГИИ

### РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЯ НА НАГРУЗКУ, ИМЕЮЩУЮ АКТИВНО-ИНДУКТИВНЫЙ И АКТИВНО-ЕМКОСТНОЙ ХАРАКТЕР

*Темников Евгений Александрович*

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

*Милютин Алексей Юрьевич*

*студенты 3 курса, энергетического института,  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск*

*Кусаин Жарас Ерланулы*

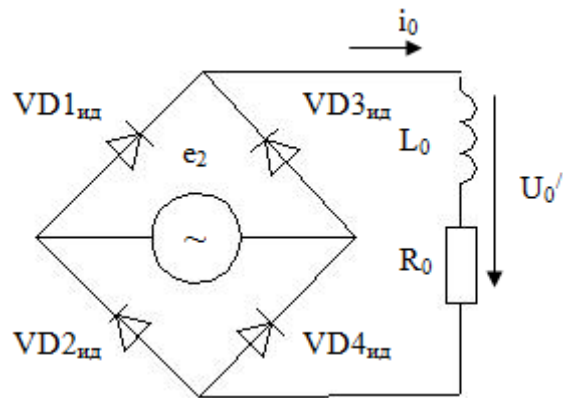
*студент 1 курса, энергетического института,  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск*

Как мы знаем, источники электропитания (ТЭС, ГЭС, АЭС и др.) преобразуют энергию, содержащуюся в природных источниках (уголь, вода, газ, мазут, ядерное топливо и т. п.) в электрическую энергию, но использование таких источников затруднено тем, что их выходное напряжение почти всегда имеет стандартное переменного значения. Однако, большое количество электрической энергии, потребляемой в нашей стране потребляется в виде различных значений постоянного напряжения или тока с нестандартной частотой. Для питания таких потребителей необходимы источники вторичного электропитания, в которых происходит преобразование электрической энергии с помощью различного рода выпрямителей.

#### **1. Расчет выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку электрических аппаратов**

В данной работе мы будем рассчитывать неуправляемый выпрямитель, если известно среднее значение выпрямленного напряжения и тока:

$$U_0 = 60 \text{ В}, I_0 = 100 \text{ А.}$$



**Рисунок 1. Эквивалентная схема однофазного мостового выпрямителя при нагрузке, имеющей активно—индуктивный характер**

### Расчет качественных показателей выпрямителя

Рассчитаем значение сопротивления  $R_0$  нагрузки, используя закон Ома:

$$R_0 = \frac{U_0}{I_0} = 60 / 100 = 0,6 \text{ Ом.} \quad (1.1)$$

Рассчитаем значение индуктивности нагрузки, по следующей формуле, если известно, что  $X_L$  - индуктивное сопротивление, которое в  $n=3$  раза больше величины сопротивления  $R_0$ :

$$L_0 = \frac{n \cdot R_0}{m_2 \cdot p \cdot \omega} = \frac{3 \cdot 0,6}{1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (1.2)$$

где  $\omega$  — круговая частота,  $\omega = 2\pi \cdot f_1, \text{ с}^{-1}$ .

Рассчитаем  $E_2$  (действующее значение фазных ЭДС) по следующей формуле [1]:

$$E_2 = 1,11 \cdot U_0 = 1,11 \cdot 60 = 66,6 \text{ В,} \quad (1.3)$$

Рассчитываем значение выпрямленного действующего значения  $U_0'$  по формуле:

$$U_0' = \frac{E_2}{1,11} = \frac{66,6}{1,11} = 60 \text{ В.} \quad (1.4)$$

Получается, что среднее значения напряжения на выходе фильтра практически равно напряжению на нагрузке. Это связано с тем, что среднее значение ЭДС  $e_L$  индуктивности  $L_0$  за период равно нулю.

Используя закон Ома определяем ток  $I_0$  :

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{60}{0,6} = 100 \text{ А.}$$

Рассчитаем коэффициент пульсаций  $k_{П(1)}$  на нагрузке  $R_0$  по следующей формуле [1]:

$$k_{П(1)} = \frac{2}{(p \cdot m_2)^2 - 1} \cdot \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + (p \cdot m_2 \cdot \omega \cdot L_0)^2}}, \quad (1.5)$$

$$k_{П(1)} = \frac{2}{(1 \cdot 2)^2 - 1} \cdot \frac{0,6}{\sqrt{0,6^2 + (2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2,9 \cdot 10^{-3})^2}} = 0,21$$

Рассчитаем среднее значение прямого тока  $I_{ср.v}$  вентиля по формуле [1]:

$$I_{ср.v} = \frac{I_0}{p \cdot m_2} = 100 / 1 \cdot 2 = 50 \text{ А.} \quad (1.6)$$

Рассчитаем эффективное значение прямого тока вентиля  $I_{эфф.v}$  по формуле [1]:

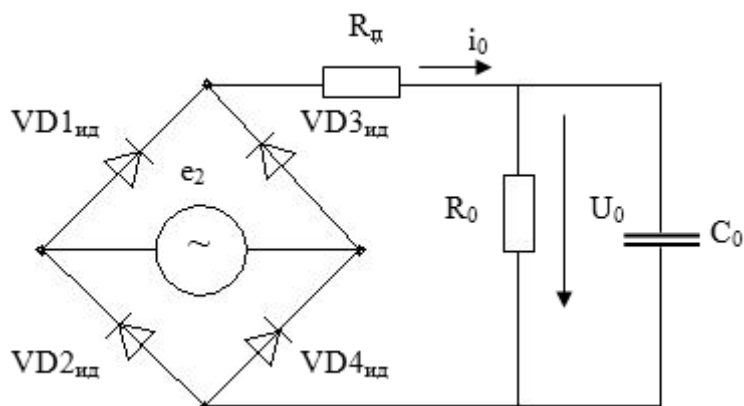
$$I_{эфф.v} = k_{ф.v} \cdot I_{ср.v} = \sqrt{2} \cdot 50 = 70,71 \text{ А,} \quad (1.7)$$

где  $k_{ф.v} = \sqrt{p \cdot m_2}$  ;

Рассчитаем действующее значение тока  $I_2$  вентильной обмотки преобразующего трансформатора по формуле [1]:

$$I_2 = \sqrt{\frac{p}{m_2}} \cdot I_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{1}} \cdot 100 = 141,42 \text{ А.} \quad (1.8)$$

## 2. Особенности работы и расчет выпрямителя на емкостной накопитель энергии



*Рисунок 2. Эквивалентная схема однофазного мостового выпрямителя при нагрузке, имеющей активно — емкостной характер*

### Расчет качественных показателей выпрямителя с емкостным накопителем энергии

В данных расчетах коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения  $k_{П(1)}$  будем принимать равным его значению в случае активно-индуктивной нагрузки (рассчитано выше). Все расчеты будем проводить, используя дополнительные коэффициенты:  $A(\theta)$ ,  $B(\theta)$ ,  $D(\theta)$ ,  $F(\theta)$ ,  $H(\theta)$ .

Определим коэффициент  $A(\theta)$ , используя формулу [1]:

$$A(\theta) = \pi \cdot \frac{R_{л}}{p \cdot m_2 \cdot R_0} = 3,14 \cdot \frac{0,6/15}{2 \cdot 1 \cdot 0,6} = 0,10 \quad (2.1)$$

где  $R_{л} = R_0/k$  – сопротивление потерь.

Используя таблицу [1] определим остальные дополнительные коэффициенты:

$$B(\theta) = 0,88; \quad D(\theta) = 2,45; \quad F(\theta) = 7,51; \quad H(\theta) = 8700; \quad \text{угол } \theta = 36,5^\circ.$$

Рассчитаем  $E_2$  (действующее значение фазного ЭДС) по формуле [1]:

$$E_2 = B(\theta) \cdot U_0 = 0,88 \cdot 60 = 52,8 \text{ В.} \quad (2.2)$$

Действующее значение тока  $I_2$  определим, используя следующую формулу:

$$I_2 = \sqrt{p} \cdot D(\theta) \cdot I_{cp.v}, \quad (2.3)$$

$$\text{где } I_{cp.v} = \frac{I_0}{m_2 \cdot p} = \frac{100}{2 \cdot 1} = 50 \text{ А.}$$

$$I_2 = \sqrt{2} \cdot 2,45 \cdot 50 = 173,24 \text{ А.}$$

Емкость  $C_0$  найдем, используя формулу:

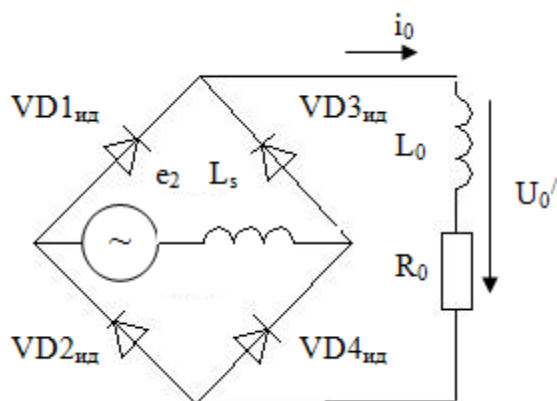
$$C_0 = \frac{H(\theta)}{R_{II} \cdot f_1 \cdot k_{II(I)}} = \frac{8700 \cdot 15}{0,6 \cdot 50 \cdot 0,21} = 20714,29 \text{ мкФ} \quad (2.4)$$

Эффективный ток вентиля находим по формуле:

$$I_{\text{эфф.v}} = k_{\phi.v} \cdot I_{cp.v} = D(\theta) \cdot I_{cp.v} = 2,45 \cdot 50 = 122,5 \text{ А.} \quad (2.5)$$

### Расчет выпрямителя с учетом явления коммутации

В данном расчете исходные данные почти все будут такими же, как в пункте 1 (Схема выпрямителя, активно-индуктивная нагрузка,  $E_2$ ,  $I_0$ ,  $f_1$ ), но преобразующий трансформатор будет дополнительно иметь индуктивность рассеивания  $L_s$ , из-за чего выпрямленное напряжение  $U_{0\gamma}$  уменьшается на  $\ell = 5\%$  от напряжения идеального выпрямителя.



**Рисунок 3. Эквивалентная схема однофазного мостового выпрямителя при нагрузке, имеющей активно-индуктивный характер**



## Расчет качественных показателей выпрямителя

Определим угол коммутации выпрямителя [1]:

$$\gamma = \arccos(1 - 2 \cdot \omega \cdot L_S \cdot I_0 / E_{2m.\text{лин}}), \quad (2.6)$$

где  $E_{2m.\text{лин}}$  — максимальное значение межфазного напряжения у вентильных обмоток,

$$E_{2m.\text{лин}} = E_{2m} = \sqrt{2} E_2 = 94,19 \text{ В} \text{ — для однофазной мостовой схемы;}$$

$L_S$  — Индуктивность рассеивания.

Для определения индуктивности рассеивания  $L_S$  будем использовать следующее уравнение [1]:

$$U_{0\gamma} = U_{0\text{хх}} - (R_{\Pi} + \frac{p \cdot m_2}{2\pi} \omega L_S) \cdot I_0, \quad (2.7)$$

где

$$U_{0\text{хх}} = U_0 = 60 \text{ В};$$

$$R_{\Pi} = 0;$$

$$\ell \% = \frac{U_{0\text{хх}} - U_{0\gamma}}{U_{0\text{хх}}} 100 \%, \quad (2.8)$$

Подставим формулу (2.8) в (2.7), и выразим из них  $L_S$ , получим:

$$L_S = \frac{\ell \% \cdot U_0 \cdot 2\pi}{100 \cdot I_0 \cdot \omega \cdot p \cdot m_2} \frac{5 \cdot 60}{100 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 1} = 0,0003 \text{ Гн} = 0,3 \text{ мГн} \quad (2.9)$$

Найдем угол коммутации  $\gamma$

$$\gamma = \arccos(1 - 2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,0003 \cdot 100 / 94,19) = \arccos(0,79) \approx 36,96 \text{ эл. град.}$$

Среднее значение выпрямленного напряжения найдем по следующей формуле :

$$U_{0\gamma} = U_0(1 - \ell \% / 100) = 60 \cdot (1 - 5 / 100) = 57$$

Определим действующее значение тока вентильной обмотки трансформатора  $I_{2\gamma}$  по нижеприведенной формуле [1]:

$$I_{2\gamma} = \sqrt{\frac{P}{m_2}} \cdot I_0 \cdot \sqrt{1 - m_2 \cdot \psi(\gamma)}, \quad (2.10)$$

где  $\sqrt{\frac{P}{m_2}} \cdot I_0 = I_2 = 141,42 \text{ A};$

$$\sqrt{1 - m_2 \cdot \psi(\gamma)} = 0,98 - \text{определяем по таблице [1].}$$

$$I_{2\gamma} = 141,42 \cdot 0,98 = 138,59 \text{ A.}$$

Находим среднее значение прямого тока  $I_{\text{пр}\gamma}$  вентилля:

$$I_{\text{пр}\gamma} = \frac{U_{0\gamma}}{R_0 \cdot p \cdot m_2} = \frac{57}{0,6 \cdot 2 \cdot 1} = 47,5 \text{ A.} \quad (2.11)$$

Находим  $I_{\text{эфф.v}}$  (эффективное значение тока):

$$I_{\text{эфф.v}} = \frac{I_{2\gamma}}{\sqrt{p}} = \frac{138,59}{\sqrt{2}} = 98,01 \text{ A.} \quad (2.12)$$

Таким образом, используя исходные данные ( $U_0 = 60 \text{ В}$ ,  $I_0 = 100 \text{ А}$ ), мы достаточно просто рассчитали неуправляемый выпрямитель для нагрузки, имеющей активно-индуктивный и активно-емкостный характер. Используя полученные значения можно легко найти диоды и тиристоры, входящие в состав выпрямителя.

### Список литературы:

1. Акимов Н.Н. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник. Минск: Беларусь, 1994. — С. 591.
2. Герасимов В.Г. Электротехнический справочник: В 3-х томах. Том 2. Электротехнические изделия и устройства. М.: Энергоатомиздат, 2003. — С. 600.
3. Кузнецов Е.М. Расчет и моделирование электропитающих устройств для промышленных установок: Учебное пособие. 2000 г.

## СЕКЦИЯ 3.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### ПРОГРАММА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОШИБОК ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Богомяков Илья Николаевич*

*студент кафедры «Программирование в компьютерных системах»  
ГБПОУ Московский колледж управления, гостиничного бизнеса  
и информационных технологий «Царицыно»,  
РФ, г. Москва  
E-mail: [suyan\\_mtk@mail.ru](mailto:suyan_mtk@mail.ru)*

*Су-ян-ся Наталья Анатольевна*

*научный руководитель, преподаватель спец. дисциплин  
ГБПОУ Московский колледж управления, гостиничного бизнеса  
и информационных технологий «Царицыно»,  
РФ, г. Москва*

В связи с большим разнообразием и спросом на программное обеспечение в различных сферах, внедрением программного обеспечения в современную жизнь возникает необходимость тестирования программного обеспечения с достаточно высокой гарантией качества и необходимостью системы оперативного отслеживания ошибок. Каждая серьезная программа прежде чем увидеть свет, должна пройти множество видов тестирования чтобы минимизировать затраты на обслуживание программы после выпуска.

Большинство программистов не обладают достаточной квалификацией для самостоятельного качественного тестирования программного обеспечения. Профессиональные тестировщики специализируются на нахождении ошибок в программе и принимают непосредственное участие в процессе разработки программ. Зачастую тестируемые программы представляют из себя массивные системы с множеством модулей. В таких программах сразу исправить все найденные ошибки просто невозможно. Необходима система, способная скоординировать действия тестировщиков и программистов, а так же хранить информацию о найденных и исправленных ошибках, поэтому потребность в системах отслеживания ошибок в программе достаточно высока.

Система отслеживания ошибок (англ. bug tracking system) (BTS) — прикладная программа, разработанная с целью помочь разработчикам программного обеспечения (программистам, тестировщикам и др.) учитывать и контролировать ошибки (баги), найденные в программах, а также следить за процессом устранения этих ошибок. К такому классу программ как BTS относится разрабатываемый продукт.

Для создания программного продукта был использован набор компонентов ADO[1] и стандартные компоненты Delphi в визуальной среде программирования Delphi 7 Enterprise [1]. Для разработки, проектирования и создания баз данных был использован Microsoft Access 2013.

Вход в систему осуществляется с использованием связки «Логин-Пароль». Данные для входа берутся из отдельной базы данных “ADB.mdb”, хранящейся на удалённом сервере. Факт отдалённости БД авторизации открывает множество возможностей защиты информации от несанкционированного доступа. Так же на форме входа доступа возможность управления профилями пользователей посредством администраторского доступа. Для подключения к БД авторизации используются компоненты:

Управление базой данных:

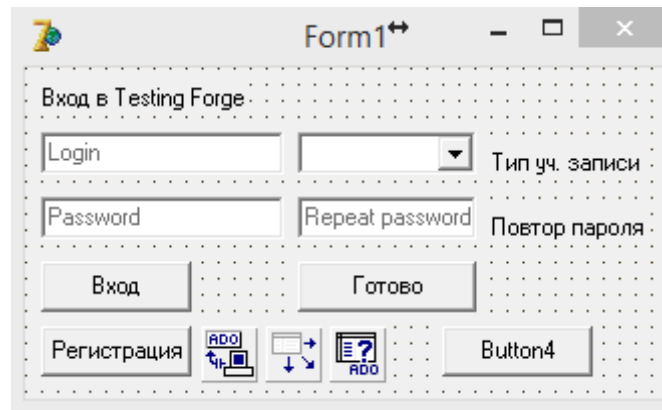
- ADOConnection
- ADOQuery
- TDataSet

Стандартные компоненты Delphi [2]:

- TEdit
- TButton
- TLabel
- TComboBox

Средства работы с Word:

- WordApplication
- OleContainer



**Рисунок 1. Форма входа**

После успешной авторизации открывается основная рабочая форма программы. Данный модуль в настоящее время находится в разработке. Предлагается выбрать проект. Проект — это таблица в главной базе данных “MainDB.mdb”, в которой хранится вся информация о модулях, заданиях и ошибках.

Field Name	Data Type	
ID	AutoNumber	Номер пользователя n\п
Login	Short Text	Логин для входа
Password	Short Text	Пароль, соответствующий этому логину
Type	Short Text	Тип учётной записи (админ,юзер)

**Рисунок 2. База данных авторизации**

Field Name	Data Type	
project_id	AutoNumber	Номер проекта в базе n\п
project_name	Short Text	Название проекта
project_status	Short Text	Статус проекта (завершён, в процессе)

**Рисунок 3. Таблица, содержащая все проекты**

После выбора проекта предоставляется выбор среди существующих модулей проекта. Обычно модули проекта соответствуют модулям тестируемого ПО. Модуль — это следующая ступень в иерархии БД после проекта.

Field Name	Data Type	
task_id	AutoNumber	Номер задания п\п
module_name	Short Text	Название тестируемого модуля
task_name	Short Text	Имя задания
task_status	Short Text	Статус задания
t_link	Short Text	Ссылка на файл с протоколом

**Рисунок 4. Пример таблицы проекта в базе данных MainDB**

После выбора модуля отображаются все доступные задания. Задание — это последовательность действий, выполняемая тестировщиком с целью отслеживания ошибок. Задание предоставляется в виде таблицы с полями «№», «1. Действие», «2. Ожидаемый результат» и «3. Фактический результат». В случае, если фактический результат не совпадает с ожидаемым, в последнем поле так же прикладывается ссылка на багрепорт (отчёт об ошибке). Задание — это низшая ступень иерархии БД. Сама иерархия имеет Следующую структуру: [Проект > Модуль > Задача], где Проект — тестируемое ПО, Модуль — тестируемый модуль выбранного Проекта, Задача — перечень заданий, необходимых для выполнения при тестировании выбранного Модуля.

№	Действие	Ожидаемый результат	Фактический результат
1	[Инструкция1]	[Результат1]	Ок
2	[Инструкция2]	[Результат2]	Ок
3	[Инструкция3]	[Результат3]	[Краткое описание ошибки] [Ссылка на файл с отчетом]

**Рисунок 5. Эскиз главной формы**

**Рисунок 6. Форма добавления задачи**

Результаты, полученные в ходе тестирования созданного приложения, позволяют говорить о том, что в ходе разработки данного программного обеспечения удалось выполнить все требования к программному продукту в полной мере и создать полезное программное обеспечение, полностью справляющееся с поставленной задачей. Это позволяет без особых усилий совершить все необходимые действия по качественному тестированию программного обеспечения.

Так же предусмотрена возможность составления протокола тестирования в формате Microsoft Word (.docx). Подобные протоколы тестирования используются на многих предприятиях, занимающихся тестированием и представляют из себя удобный способ подачи информации как тестировщику, так и программисту. Составляется порядок действий, имитирующий действия обычного пользователя для каждой части (модуля) тестируемого ПО и направляется QA сотруднику, который проводит процесс тестирования. В случае, если обнаружится ошибка, недоработка или тестировщик решит предложить лучший вариант конструкции модуля, в правую колонку таблицы заносится краткое описание найденной проблемы и ссылка на файл с отчётом. Так же в будущем планируется добавить в разрабатываемый продукт функционал по созданию и редактированию отчётов. Отчёт представляет из себя отдельный Word-файл с подробной информацией об ошибке, скриншотами и действиями, необходимыми для повторения ошибки. Вся эта информация позволяет программисту без труда разобраться в найденных тестировщиком ошибках.

### **Список литературы:**

1. Галисеев Г.В. Программирование в среде Delphi 7. Самоучитель.
2. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://delphi2010.ru> (дата обращения: 13.10.2014)
3. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://stackoverflow.com> (дата обращения: 13.01.2015).
4. Walters R., Cowls M., Ray R., SQL Server 2008 Ускоренный курс для профессионалов, Вильямс, 2011.

## СЕКЦИЯ 4. МАШИНОСТРОЕНИЕ

### СОВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИВОЛЖСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ - ФИЛИАЛА ОАО «РЖД»

*Алексенко Дмитрий Олегович*

*студент 4 курса, специальность Техническая эксплуатация подвижного  
состава железных дорог ВТЖТ-филиал РГУПС,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [radvtgt@mail.ru](mailto:radvtgt@mail.ru)*

*Киянов Евгений Борисович*

*научный руководитель, преподаватель ВТЖТ- филиал РГУПС,  
РФ, г. Волгоград*

Проблема экономии энергетических ресурсов в железнодорожной отрасли появилась с момента зарождения транспорта. Решение данной задачи актуально и сегодня. В современных условиях, для оптимизации расхода энергетических ресурсов на тягу, используется автоматизация ведения поезда.

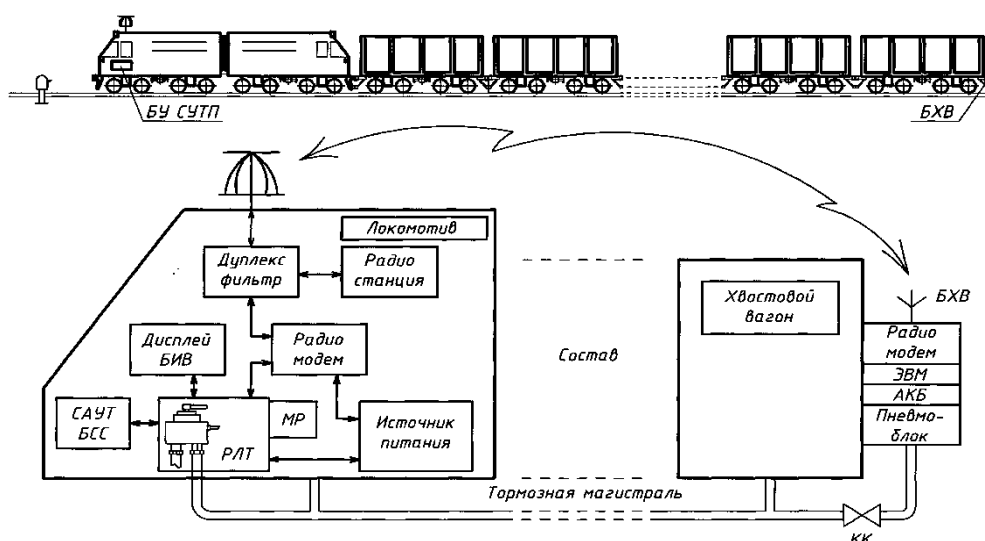
Система автоматизированного ведения грузовых электровозов любого рода тока представляет собой аппаратно-программный комплекс для управления локомотивом с максимальной энергетической эффективностью и с соблюдением требований безопасности движения. Алгоритм (включение тяги, ее величина, переход на выбег, место и время повторного включения тяги, торможение и т. д.) рассчитывается на борту, исходя из заданных условий следования. В основе проведения расчетов лежит график движения поезда, профиль пути, расположение отдельных пунктов, напольных сигналов светофоров, места временных и постоянных ограничений скорости, масса состава и другие параметры. При изменении поездной ситуации (появлении запрещающих сигналов, вводе с клавиатуры новых ограничений скорости, отклонении реальных параметров следования от расчетных) система корректирует алгоритм движения в реальном масштабе времени.



Система автоведения грузового поезда послужила основой для создания интеллектуальной системы автоматизированного ведения с распределенной тягой по длине поезда (ИСАВП-РТ).

Другое направление в решение проблем экономии энергетических ресурсов — использование системы управления тормозами поезда (СУТП). Система предназначена для контроля и управления автоматическими тормозами (далее — тормозами) при вождении грузовых поездов повышенного веса и длины с синхронным или асинхронным торможением с головы (локомотива) и хвоста поезда.

Работа системы основана на передаче команд телеуправления и телесигнализации по радиоканалу между регулятором локомотивного торможения (РЛТ), установленными на локомотиве, и блоком хвостового вагона (БХВ), установленном на хвостовом вагоне (Рисунок 1).



**Рисунок 1. Структурная схема СУТП**

Интеллектуальная система автоматизированного вождения грузовых соединенных поездов (ИСАВП-РТ) предназначена для управления локомотивами соединенных поездов весом до 18 тысяч тонн и выше в режиме автоведения с учетом любого профиля пути, оптимального расхода электроэнергии и повышения безопасности движения.

ИСАВП-РТ обеспечивает:

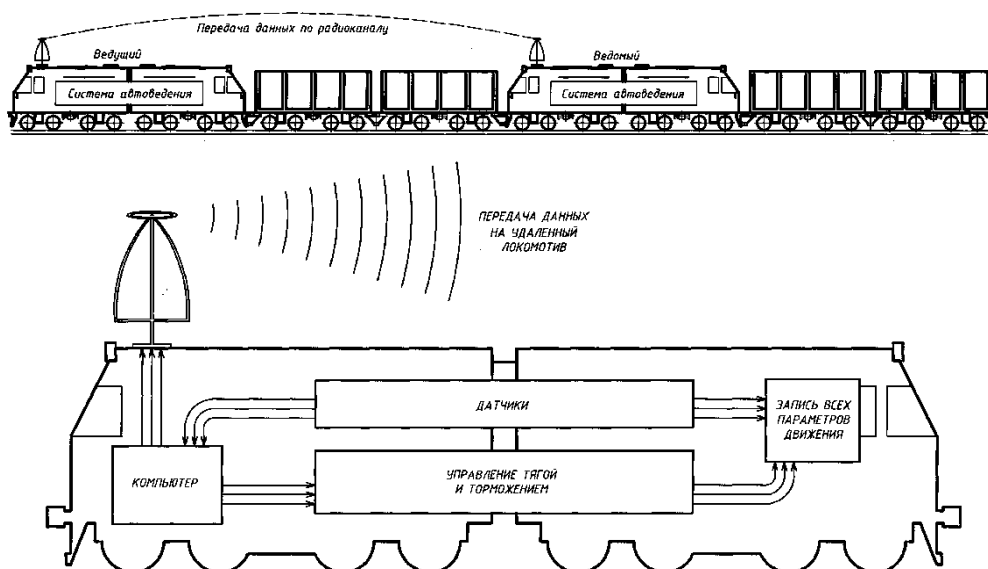
- повышение уровня безопасности движения поездов;
- минимизацию расхода электроэнергии на тягу поезда;
- синхронное и асинхронное автоматическое управление тягой

локомотивов для снижения продольно-динамических реакций соединенного поезда.

Система автоведения ИСАВП-РТ устанавливается на все электровозы состава (головной локомотив — ведущий, остальные — ведомые). Во время движения на ведущем локомотиве (Рисунок 2) производится расчет энерго-сберегающего управления для всех локомотивов состава. По защищенному каналу радиосвязи команды управления передаются ведомым локомотивам, а те в свою очередь посылают ведущему информацию о своем состоянии.

Выбор позиций управления на каждом локомотиве в составе поезда происходит с учетом профиля и плана пути, на которых они находятся.

Расчет управления происходит в текущий момент времени, что обеспечивает мгновенную реакцию на меняющуюся поездную обстановку.



**Рисунок 2. Принцип работы системы ИСАВП-РТ**

Для выбора участков применения ИСАВП-РТ необходимо проанализировать грузонапряженность на Приволжской железной дороге — филиале ОАО «РЖД».

Стержневым маршрутом в рамках международных транспортных коридоров (МТК) «Север -Юг», ТРАСЕКА, транзитных и внешнеторговых грузопотоков является железнодорожное направление Бусловская-Санкт-Петербург-Москва-Рязань-Кочетовка-Ртищево-Саратов-Волгоград-Астрахань протяженностью 2,5 тыс. км.

Основываясь на показателях работы Приволжской железной дороги в 2011г., можно сделать вывод о целесообразности применения системы ИСАВП-РТ на электрифицированных участках Сенная-Трофимовский-Овражная-Петров Вал-Колоцкий-им. М. Горького-Котельниково.

Проверочный тяговый расчет участка выбранного направления с наиболее сложным профилем пути показывает возможность проведения поездов весом 11000 т с сокращением времени следования по перегону. Это подтверждает экономическую целесообразность внедрения вышеуказанной системы по таким показателям как:

- оплата электроэнергии за счет снижения ее расхода (при энергооптимальном вождении поездов локомотивными бригадами);
- оплата труда за счет высвобождения штата помощников машинистов, за счет использования на втором локомотиве только одного машиниста;
- чистый дисконтированный доход (внутренняя норма доходности).

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) по проекту внедрения системы ИСАВП-РТ в 2011 г. ориентировочно оценивается в размере 1,6 млн. руб., годовой эффект  $1,6 \text{ млн. руб.} / 12 = 133 \text{ тыс. руб.}$

Значимость перехода к новым технологиям вождения поездов определяет возможность наращивать провозную способность железных дорог, получать экономию энергоресурсов на тягу до 10—15 % и повышать безопасность движения.

Системы ИСАВП-РТ и СУТП позволяют освоить вождение тяжеловесных поездов, создают основу для реализации скоростного пассажирского движения, а также качественно изменяют труд машинистов, исключив влияние человеческого фактора на самый сложный процесс управления грузовыми и пассажирскими поездами.

### **Список литературы:**

1. Афонин Г.С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава. М.: Издательский центр «Академия», 2007.
2. Венцевич Л.Е. Обслуживание и управление тормозами в поездах. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009.
3. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог. (ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ-277) от 15.09.2002.
4. Методические рекомендации по расчету экономической эффективности новой техники и технологии, объектов интеллектуальной собственности и рационализаторских предложений. № 2538р от 28.11.2008. М.: ОАО «РЖД», 2008.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ПОДВИЖНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА СТАНКА ПРИ ИЗНОСЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ**

***Григорьева Ольга Владимировна***

*студент 3 курса, кафедра металлообрабатывающих станков и комплексов  
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»  
РФ, Республика Мордовия, г. Рузаевка  
E-mail: [grigorotd@mail.ru](mailto:grigorotd@mail.ru)*

***Мартышкин Анатолий Петрович***

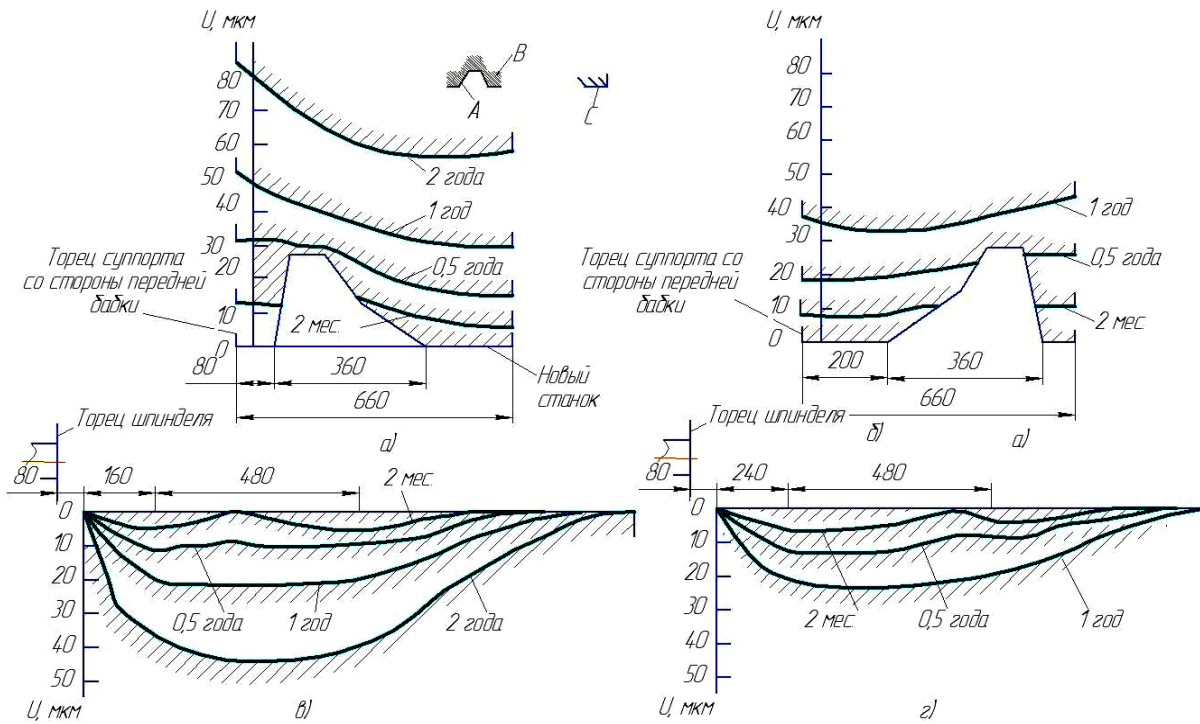
*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,  
РФ, Республика Мордовия, г. Рузаевка*

***Маскайкина Светлана Егоровна***

*научный руководитель, доцент  
ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,  
РФ, Республика Мордовия, г. Рузаевка*

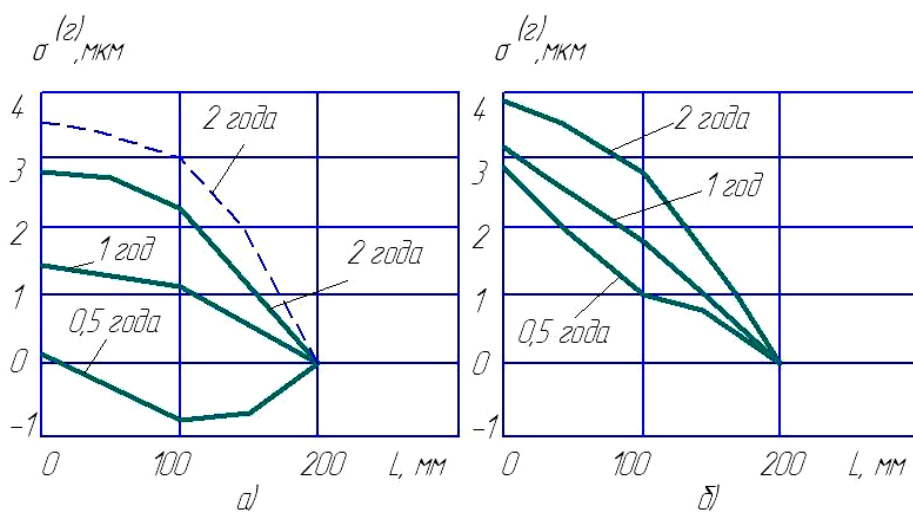
На возникновение систематических и переменных систематических погрешностей обработки заготовок являются: неточность, износ и деформация станков, приспособлений и инструментов; деформация обрабатываемых заготовок; тепловые явления, происходящие в технологической системе и в смазочно-охлаждающей жидкости, а также погрешности теоретической схемы обработки заготовки [1].

При подробном и наглядном рассмотрении влияния величины износа на узлы металлообрабатывающих станков были разработаны модели параметров продольных макроперемещений суппортного узла на основе набора обрабатываемых деталей. Величины сил резания выбраны с учетом анализа данных, полученных при эксплуатации. На рисунке 1 показаны два варианта предыскажения формы одной из граней направляющих продольного суппорта — выемка слева и справа и приведены эпюры износа направляющих станины и суппорта для обоих случаев [3].



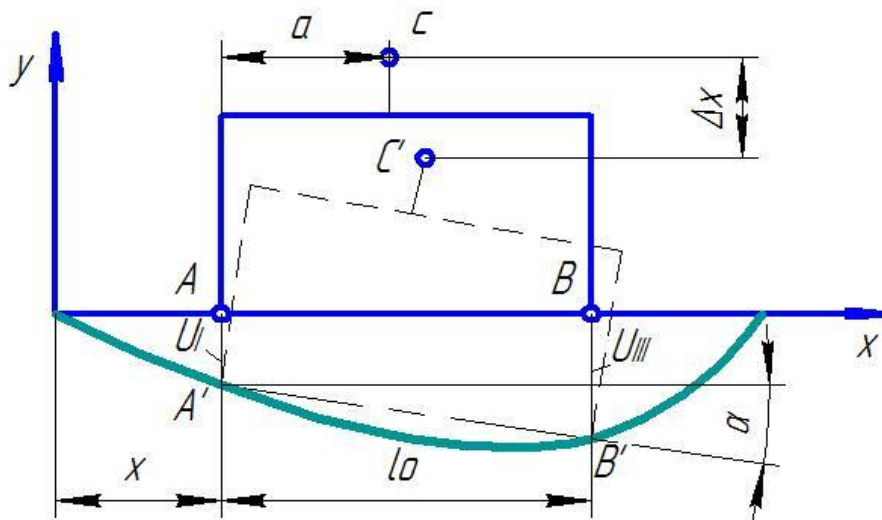
**Рисунок 1. Влияние вогнутости на грани В направляющих суппорта на износ направляющих суппорта и станины**

На рисунке 2 показано каким образом происходит изменение движения режущего инструмента при данных предсказания формы. Наглядно видно, что выемка на направляющих суппорта, выполненная на левом участке грани В направляющих, повышает срок сохранения точности (долговечность по прочности).



**Рисунок 2. Изменение движения режущего инструмента при данных предсказания формы**

Расчет задачи влияния величины изнашиваемых поверхностей, направляющих на изменение движения режущего инструмента была решена на основе схемы, приведенной на рисунке 3 [2].



**Рисунок 3. Влияние износа направляющих на искажение траектории рабочего органа станка**

В таком случае по результатам величины износа направляющих, перемещение точки  $C$  с координатами  $a$  и  $b$  в точку  $C'$  понимается как результат снижения точки  $A$  на величину  $U_I$  и поворотом ползуна на угол  $\alpha$ , определяемого по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U_{III} - U_I}{l_0}, \quad (1)$$

где:  $l_0$  — расстояние между контактными зонами,

$U_I, U_{III}$  — величина износа направляющих в контактных зонах.

В этом случае искажение траектории ползуна  $\Delta x$  подсчитывается по формуле

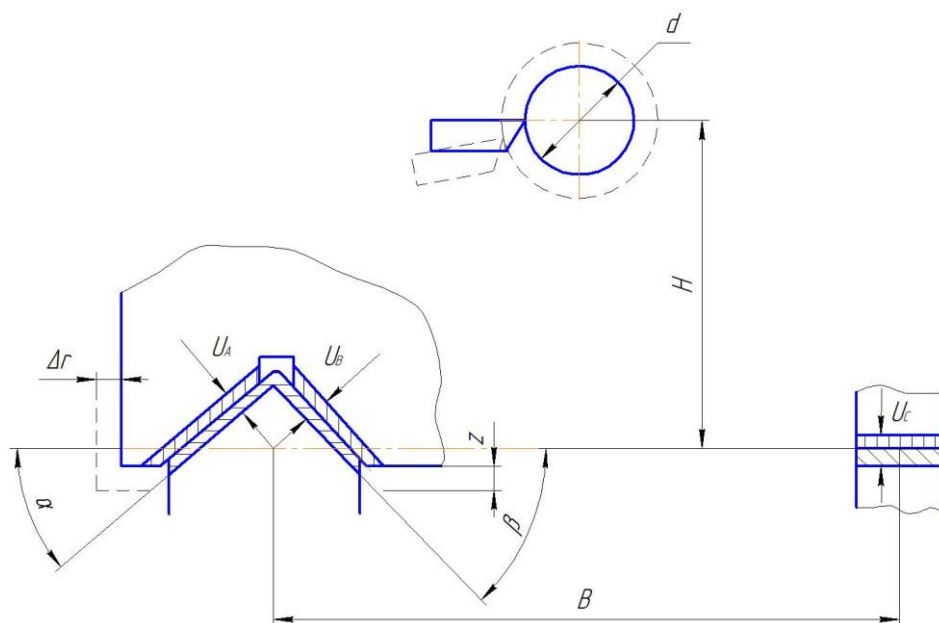
$$\Delta x = U_I + (U_{III} - U_I) \cdot \frac{a}{l_0}, \quad (2)$$

В действительных конструкциях металлообрабатывающих станков — схема плоская, которая соответствует рисунку 3. Она намного усложнена тем,

что суппорты, столы и другие рабочие органы двигаются по нескольким направляющим. В то время как, направляющие, из-за различия в рабочих условиях, чаще всего различаются формой изношенных поверхностей.

Попытка учета этого обстоятельства впервые была сделана в работе [2], где предложена математическая модель и методика оценки влияния износа на изменение положения вершины резца на примере токарного станка.

Она проиллюстрирована на рисунке 4, где показано сечение металлообрабатывающего оборудования с направляющими, у которых износ либо отсутствует, либо присутствует и соответствующее положение резца.



**Рисунок 4. Влияние износа направляющих на точность обработки**

Каким образом изменяется диаметр обрабатываемой детали от  $d$  до  $D$  влияют:

- смещение суппортного узла по горизонтали на величину  $X_1$ , обусловленное смещением суппорта по горизонтали по причине неравномерного износа различного рода граней передней направляющей.

$$X_1 = U_B \cdot \sin \beta - U_A \cdot \sin \alpha; \quad (3)$$



- смещение режущего инструмента по горизонтали  $X_2$  обусловленное поворотом суппортного узла по причине неравномерного износа передних и задних направляющих

$$X_2 = (z - U_c) \cdot \frac{H}{B}, \quad (4)$$

где:  $H$  и  $B$  — конструктивные параметры станка,

$z$  — снижение суппортного узла на передней направляющей

$$z = U_B \cdot \cos \beta + U_A \cdot \cos \alpha; \quad (5)$$

Учитывая тот факт, что влияние на конечный результат непосредственно снижения суппортного узла в вертикальной плоскости достаточно мало, результирующая зависимость имеет вид

$$\Delta = U_A \left( \frac{H}{B} \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \right) + \left( \frac{H}{B} \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \right) \cdot U_c - U_c \cdot \frac{H}{B}; \quad (6)$$

или

$$\Delta = K_1 \cdot U_A + K_2 \cdot U_B + K_3 \cdot U_c, \quad (7)$$

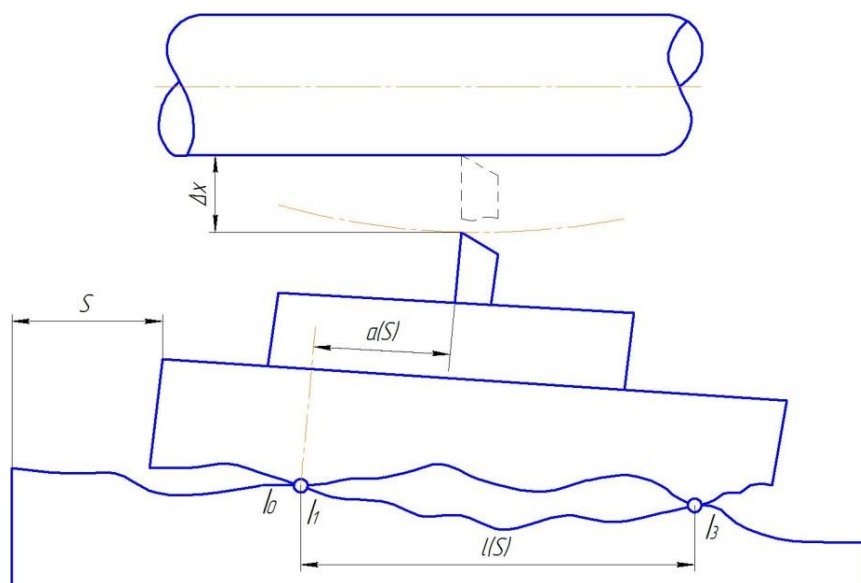
где  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  — коэффициенты пропорциональности, зависящие от конструкции металлообрабатывающего оборудования и формы направляющих.

Уравнение (6) выражает зависимость погрешности обработки от величины износа направляющих.

Оценка точности изменения движения звена, связанного с ведущим звеном, зависит от точности определения возможных контактных зон в направляющих трущихся поверхностей, решение чего более целесообразно с применением ЭВМ.

Исследуемая математическая модель поверхностей контакта позволяет определить наиболее вероятные контактные зоны направляющих, при заранее известном отклонении от прямолинейности, для любого положения

суппортного узла при его перемещении по станине. Учитывая, что контактные зоны направляющих не имеют постоянную величину, параметры  $a$  и  $l_0$  входящие в формулу 2 в зависимости от местонахождения ползуна на направляющих станины будут изменяться. При этом параметр  $a(S)$  будет соответствовать расстоянию от передней контактной зоны до линии, которая определяет положение режущего инструмента (рисунке 5).

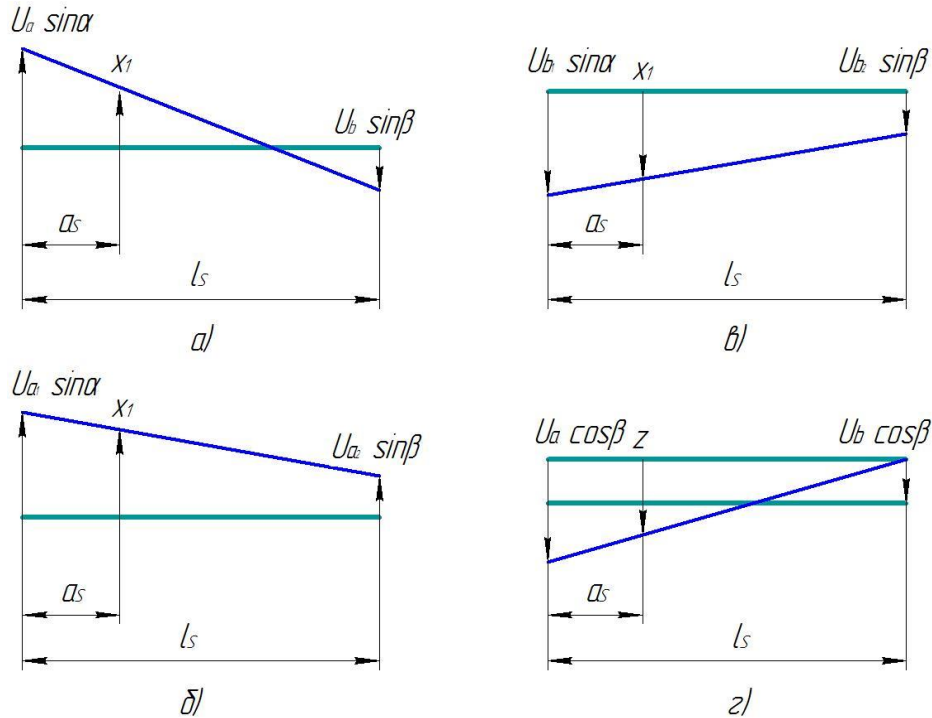


**Рисунок 5. Учет расположения зон контакта направляющих на параметрах траектории движения вершины реза**

Рассмотрим пространственную картину движения суппортного узла по направляющим, у которых имеется износ.

При наличии возможности определения самых вероятных контактных зон направляющих, вместе с данными о параметрах  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$ , мы имеем информацию о местонахождении этих зон по длине направляющих. При этом параметр  $X_l$  для металлообрабатывающего оборудования с двугранными передними направляющими определяется по некоторой схеме, которая показана на рисунке 6, в зависимости от того, на какой из граней располагаются контактные зоны, определяющие положение рабочего органа на направляющих станины. Так при расположении этих зон на различных гранях передней направляющей (рисунок 6, а), расчет параметра  $x$  выполняется по следующей формуле

$$X_1 = U_a \cdot \sin \alpha - [U_a \cdot \sin \alpha + U_b \cdot \sin \beta] \cdot \frac{a_s}{l_s}. \quad (8)$$



**Рисунок 6. Схемы расчета зависимости погрешности обработки от износа направляющих с учетом расположения зон контакта по длине направляющих**

При расположении контактных зон на одной из граней передней направляющей (рисунок 6, б, в), для расчета параметра  $x$  используется одна из следующих зависимостей

$$X_1 = U_{a1} \cdot \sin \alpha + (U_{a2} - U_{a1}) \cdot \sin \beta \cdot \frac{l_s - a_s}{l_s}, \quad (9)$$

$$X_1 = U_{b1} \cdot \sin \alpha + (U_{b2} - U_{b1}) \cdot \sin \beta \cdot \frac{l_s - a_s}{l_s}, \quad (10)$$

При расчете параметра  $z$  для станков с двугранной передней направляющей, расчетная зависимость будет иметь вид (рисунок 6, г).

$$z = U_B \cdot \cos \beta + U_A \cdot \cos \alpha \cdot \frac{a_s}{l_s}; \quad (11)$$

Успешное информационное обеспечение работ на этапах создания, производства и эксплуатации машин реально только на основе всестороннего обобщения информации о процессах нарушения работоспособности типовых сопряжений, механизмов, конструкций, совершенствования теории и практики использования априорных данных о машинах-предшественниках для подобных объектов новых машин. Это определяет необходимость типизации узлов металлообрабатывающего, классификации отказов, признаков предотказного состояния, возможных мер по их предупреждению в сферах конструирования, изготовления и эксплуатации.

### **Список литературы:**

1. Базров Б.М. Основы ТМС: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2005. — 736 с.:ил.
2. Баланич А.М. Прогнозирование периода приработки направляющих скольжения металлорежущих станков на основе имитационного моделирования процесса изнашивания: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 1992.
3. Grigoriev A.V. Assesment of wear influence on the technological equipment nodes / A.V. Grigoriev, O.V. Grigorieva, V.A. Komarov The Modern Trends in the Scientific Thought Development. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. — С. 40—44.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ СЦБ ПО «СОСТОЯНИЮ» С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ ТДМ**

***Нищерикова Светлана Ростиславовна***

*студент 4 курса, Автоматика и телемеханика на транспорте  
(на железнодорожном транспорте), ВТЖТ-филиал РГУПС,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [kivi@86list.ru](mailto:kivi@86list.ru)*

***Панова Ульяна Олеговна***

*научный руководитель, преподаватель высшей категории,  
ВТЖТ - филиал РГУПС,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [panova-uljana@mail.ru](mailto:panova-uljana@mail.ru)*

В настоящее время на сети железных дорог РФ все большее применение находят микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики для организации перевозочным процессом и обеспечения безопасности движения поездов. Это «доверие» к микропроцессорным устройствам (МПУ) вызвано многими факторами: повышением безопасности движения и пропускной способности железнодорожных участков и станций; обеспечением бесперебойной связи между всеми подразделениями компании ОАО «РЖД»; уменьшением потребляемой электроэнергии; сокращением эксплуатационных расходов, трудозатрат на техническое обслуживание, а, соответственно, улучшением условий труда для обслуживающего персонала.

Несмотря на то, что микропроцессорные системы называют еще «малообслуживаемыми» системами, они также нуждаются в техническом обслуживании (ТО) постовых и напольных устройств. Правда, технология обслуживания претерпела коренные изменения. Именно, при внедрении микропроцессорных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) стали все чаще применять такое выражение, как техническое обслуживание устройств СЦБ по «состоянию». Оно означает, что процесс технического обслуживания запускается по фактическому состоянию объектов сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). Применение ТО устройств

по фактическому состоянию позволяет снизить затраты на обслуживание, количество обслуживаний, число отказов.

Основой такого вида ТО является техническое диагностирование (ТД) и прогнозирование состояния объекта (мониторинг).

Под мониторингом понимается непрерывный во времени контроль технического состояния устройств СЦБ и ЖАТ, постоянная оценка их работоспособности (диагностирование) и выдача сообщений в случаях неисправности этих устройств или предотказного состояния в системе управления и дальнейшего анализа.

Непрерывный или периодический контроль параметров состояния объектов СЦБ и ЖАТ проводят с помощью средств технического диагностирования и мониторинга (СТДМ).

В инфраструктуре ЖАТ для выявления предотказного состояния в устройствах и системах СЦБ, широкое применение нашли такие системы технического диагностирования и мониторинга, как:

1. Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (АПК-ДК) [2];
2. Автоматизированная система диспетчерского контроля (АСДК) [3];
3. Автоматизированная система диагностирования и контроля устройств сигнализации, централизации и блокировки (АДК-СЦБ) [5];
4. Контрольно-диагностический комплекс станционных устройств СЦБ горочной зоны (КДК СУ ГАЦ) [4].

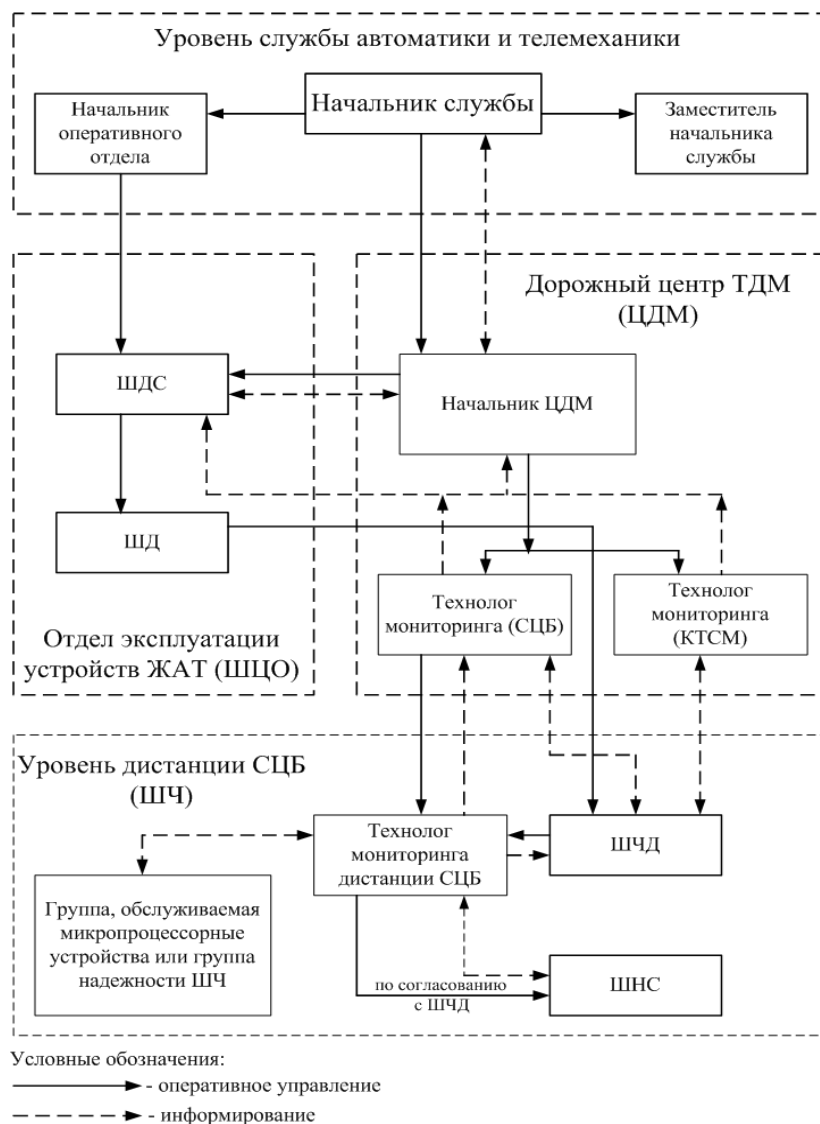
Приведенные системы в своем составе имеют различные аналоговые и дискретные датчики сбора, обработки и хранения диагностической информации. Первым этапом данного процесса является сбор и обработка получаемой информации на уровне дистанции СЦБ, которая, в свою очередь, храниться на серверах дистанции. После, собранная информация с помощью сети передачи данных (СПД) поступает на сервер мониторинга дороги.

Все перечисленные выше системы, решают следующие основные задачи:

- осуществляют контроль за техническим состоянием устройств СЦБ и ЖАТ;
- производят поиск места и определяют причины отказов;
- прогнозируют техническое состояние устройств и систем СЦБ и ЖАТ.

Для реализации этих задач в хозяйстве автоматики и телемеханики создаются центры технического диагностирования и мониторинга (ЦМ), а в дистанциях СЦБ выделяют специализированные бригады по обработке диагностических данных и обслуживанию устройств ТДМ [1].

Организационная структура работы центра мониторинга представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1. Организационная структура работы центра мониторинга (ЦМ)**

Из представленной структуры, можно наблюдать, что диагностирование и мониторинг за работой устройств СЦБ и ЖАТ, осуществляется на двух уровнях:

1. на уровне дистанции СЦБ (ШЧ), где технологи мониторинга дистанции СЦБ (ШЧДМ) осуществляют контроль за техническим состоянием устройств и систем, а также выявляют их предотказные состояния. ШЧДМ информируют диспетчера дистанции (ШЧД) о результатах проверки и контроля;

2. на уровне службы, где технологи дорожного центра ТДМ (ЦДМ) при взаимодействии с технологиями дистанции СЦБ производят разбор выявленных случаев отказов устройств, контролируют регламент их устранения.

При создании центров мониторинга принципиальным является тот факт, что одной из основных целей является выявление с помощью диагностики предотказных состояний устройств СЦБ и ЖАТ, и, как следствие, предотвращение или сокращение числа отказов. Для этого в дорожных центрах имеется вся информация, связанная с проведением работ по техническому обслуживанию и ремонту устройств ЖАТ, а также по планируемым работам, которые могут повлиять на их функционирование. Технологи дорожного центра (ЦДМ) с помощью программного обеспечения КЗ «Мониторинг ЖАТ» просматривают все выявленные ситуации, информация о которых расположена в порядке возрастания уровня их тревожности.

Таким образом, слаженное взаимодействие дистанции СЦБ с дорожным центром мониторинга, качественный анализ информации, полученной от средств ТДМ, позволяет совершенствовать систему технического обслуживания устройств СЦБ и ЖАТ, переходя к обслуживанию устройств по «состоянию» по ряду параметров.



## Список литературы:

1. Ефанов Д.В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: учеб. пособие / Д.В. Ефанов, А.А. Лыков. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. — 59 с.
2. Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения в XX — начале XXI в. / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников и др. СПб.: ПГУПС, 2009. — 346 с.
3. Ребенок Г.В. Диагностическая аппаратура АСДК / Г.В. Ребенок // Автоматика, связь, информатика. — 2011. — № 5. — С. 34—35.
4. Сачко В.И. Подсистема технического обслуживания и ремонта СЖАТ на автоматизированных сортировочных горках / В.И. Сачко, А.В. Мельников // Автоматика, связь, информатика. — 2008. — № 11. — С. 11—13.
5. Федорчук А.Е. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК-СЦБ): учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А.Е. Федорчук, А.А. Сепетый, В.Н. Иванченко. Ростов-н/Д: РГУПС, 2008. — 444 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПУТЕВЫХ РАБОТ**

***Похлебаев Михаил Игоревич***

*студент 4 курса, специальность Строительство железных дорог, путь  
и путевое хозяйство, ВТЖТ-филиал РГУПС,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [radvtgt@mail.ru](mailto:radvtgt@mail.ru)*

***Литвинова Светлана Геннадьевна***

*научный руководитель, преподаватель ВТЖТ-филиал РГУПС,  
РФ, г. Волгоград*

Инновационные технологии является основополагающим фактором оптимизации расходов на сети железных дорог. Применение ресурсосберегающих технологий позволяет значительно снижать трудоемкость производственных процессов и увеличивать межремонтные сроки.

Огромное влияние на эффективность работы участка железной дороги оказывает провозная способность. При незначительном нарушении графика движения поездов железная дорога несет существенные убытки. В отдельных случаях нарушения графика неизбежны вследствие необходимости производства периодических ремонтных работ. Вследствие этого нашла свою путевку в жизнь технология выполнения ремонтных работ на закрытых перегонах. Эффективный фронт работ, при данном способе организации работ составляет более 6 километров. При фронте работ более 6 километров наиболее эффективно применение машинных комплексов, что значительно сокращает ожидание хозяйственными поездами начала производства работ. Движение поездов, на период выполнения ремонтных работ, реализуется по соседним направлениям.

Для сокращения ремонтного периода работы производятся круглосуточно. Работы организуются таким образом, что после окончания ремонтных работ перегон полностью готов к движению поездов с установленными скоростями и с полным объемом грузоперевозок.

В данной технологии подразумевает широкое применение разнообразных машинных комплексов.

Машинные комплексы применяются для — ремонта водоотводных сооружений; уборки загрязненного балласта с откосов балластной призмы; сохранения старогодных плетей для повторной укладки; замены старой путевой решетки на новую с выправкой пути; глубокой очистки или вырезки балласта в пути с укладкой разделительного слоя; выправки и стабилизации пути в плане, профиле и по уровню; замене инвентарных рельсов на рельсовые плети; шлифования поверхности катания; укладки стрелочных переводов блоками и т. д.

Высокая производительность машинных комплексов должна подкрепляться эффективностью работы технических средств, что снижает потребность машин и увеличивает их выработку.

Для реализации этой задачи применяются следующие методы — улучшение надежности технических средств, оптимизация продолжительности работы и инновационность технологий.

Немаловажным направлением внедрения ресурсосбережения является внедрение современных путевых машин объединенных в механизированные комплексы. Устаревшие, малопродуктивные машины необходимо выводиться из эксплуатации.

Выполняя работы по глубокой очистке щебня необходимо использовать расширенный спектр машин, таких как: СЧ-600, СЧ-601, СЧ-801, РМ-80, ЩОМ-6БМ, ЩОМ-6У. Очищая щебень от засорителей, заменяя гравий на щебень на съездах и стрелочных переводах рекомендуется использовать универсальные машины РМ-78, РМ-80 и ЩОМ-6У. Для очистки балластной призмы на перегонах наиболее эффективно применять машины типа СЧ-600.

В настоящее время все большее применение находят высокопроизводительные машины СЧ-1200 и ЩОМ-1200 с предельной производительностью выгребной цепи от 1000 до 1200 м<sup>3</sup>/ч., наиболее перспективно применение щебнеочистительной машины ЩОМ-1600 с расчетной произво-

дительностью 1600 м<sup>3</sup>/ч, которая оснащена выгребной цепью и двумя ковшовыми роторами с производительностью 300 м<sup>3</sup>/ч каждый. Данная машина предназначена для работы на перегонах, отсыпает щебень двумя слоями с уплотнением первого слоя.

Пред отсыпкой балласта рекомендуется укладывать разделительный слой из геотекстиля или иных материалов. геотекстиль выполняет разделительную и распределительную функции, способствует отводу воды из балласта (рисунок1).



***Рисунок 1. Укладка геотекстиля на участке Пост-6 — Спартановка***

Совместно с щебнеочистительными машинами необходимо применять составы для перевозки засорителей и удаления загрязненных отсеков. Не допускается работа в выемках, нулевых местах и на станциях без использования спецсоставов типа СЗ-240-6 состоящего из шести полувагонов для накопления материала и концевой полувагона, где размещены энергосиловая установка и транспортеры для выгрузки засорителей в отвал, заранее отведенные места или подвижной состав, стоящий на соседнем пути.

Необходимо использовать машины для выправки пути «Дуоматик 09-32», «Унимат 08-275», ВПР-02М в комплексе с динамическим стабилизатором ДСП и балластным планировщиком ПБ.

При производстве работ по обновлению пути и усиленного среднего ремонта пути эффективно использовать машины щебнеочистительные,

уборочные типа УМ, машины для содержания земляного полотна (машины для очистки кюветов) типа СЗП и МНК в комплекте с составом для засорителей.

Производя работы по укладке бесстыкового пути в условиях применения технологии закрытого перегона эффективным будет применение многоярусных рельсовозных составов.

Выполняя работы по балластировке пути целесообразно использовать хоппер-дозаторные поезда с новыми универсальными хоппер-дозаторами ВПМ-770 с возможностью остановки выгрузки балласта в любой из фиксированных точек [1]. Емкость одного вагона порядка 40 м<sup>3</sup>. Данная конструкция хоппер-дозаторов позволяет дозировать требуемый объем балласта по конкретному сечению пути. До прохода хоппер-дозаторного состава по пути проходит автомотриса, оборудованная контрольно-измерительной системой, которая фиксирует и рассчитывает сдвиги, подъемки, объем щебня, угол поворота крышек хоппер-дозатора. Позади хоппер-дозаторного состава следует выправочная машина [2].

На заключительном этапе работ, перед сдачей участка в эксплуатацию крайне обязательно производить проверку пути контрольно-измерительными средствами широко спектра действия.

Для сведения к минимуму отказов техники и повышения эффективности путевых комплексов необходимо обеспечивать надлежащую подготовку машин в зимний период, организацию ее технического обслуживания в летний период.

Укомплектование дорог высокопроизводительной путевой техникой повысит качество ремонтов и текущего содержания пути, увеличит межремонтные сроки, сократит затраты на капитальные вложения и эксплуатационные расходы, снизит контингент рабочих, повысит надежность работы пути и безопасность движения поездов.

В настоящее время компания ОАО «РЖД» активизировала мониторинг неблагоприятного воздействия процессов производства ремонтов пути на экологию.

Наиболее неблагоприятное воздействие оказывает пыль от истирания балласта при движении подвижного состава, при выгрузке щебня, при работе

машин по очистке балласта. Негативное влияние пыли снижают, используя щебень твердых пород. Загрязненный щебень подвергают глубокой очистке или вырезают или заменяют на щебень более твердых пород. Не допускается выгрузка засорителей на обочины земляного полотна.

Особое внимание уделяется энергосбережению и внедрению инноваций в области сбережения топливных ресурсов.

Для успешного внедрения инновационных ресурсосберегающих технологий студенты, а в будущем это руководители дистанций пути, путевых машинных станций и участков, дорожные мастера и бригадиры пути, от которых непосредственно зависит эффективность использования комплексов машин и ресурсосбережение, должны хорошо знать фактическое состояние пути и его элементов на вверенных им участках, уметь правильно планировать необходимые виды и объемы путевых работ, выполняемых с помощью комплексов машин.

Важно изучить особенности новой техники и условия наиболее рационального ее применения в зависимости от конструкции и состояния верхнего строения пути, эксплуатационных и климатических условий.

Организовывать содержание пути и выполнение ремонтов надо так, чтобы оптимально сочетались два основных условия — обеспечение безопасности движения поездов с установленными скоростями и ресурсосбережение.

Поэтому при подготовке специалистов путевого хозяйства, для формирования профессиональных и общих компетенций, необходимо достаточно широко излагать вопросы инновационных принципов выполнения путевых работ высокоэффективными машинами и машинными комплексами, практический опыт механизированных путевых машинных станций.

### **Список литературы:**

1. Бугаенко В.М. Хоппер-дозатор ВВМ-770 / В.М. Бугаенко, В.П. Сычев, Н.В. Михович // Путь и путевое хозяйство. — 2003. — № 12. — С. 7—8.
2. Ермаков В.М. Основные направления научных исследований / В.М. Ермаков // Путь и путевое хозяйство. — 2002. — № 4. — С. 4—6.

## СЕКЦИЯ 5. МЕТАЛЛУРГИЯ

### ВЛИЯНИЕ ЧЕРНОВОЙ СТАДИИ ПРОКАТКИ НА РАЗМЕР ЗЕРНА АУСТЕНИТА В НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ

***Алексеев Даниил Юрьевич***

*магистрант 1 курса, кафедра обработки металлов давлением  
ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [Danon369@gmail.com](mailto:Danon369@gmail.com)*

***Стаценко Елена Николаевна***

*студент 5, кафедра информационных технологий ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Гущина Марина Сергеевна***

*научный руководитель, аспирант 3 курса, кафедра обработки металлов  
давлением ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Полецков Павел Петрович***

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Бережная Галина Андреевна***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВПО «МГТУ»,  
РФ, г. Магнитогорск*

*Работа проведена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 02.G25.31.0105).*

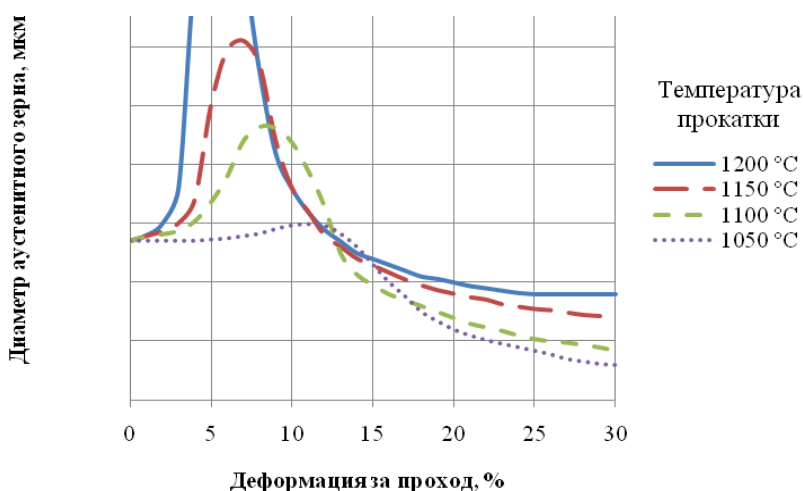
Контролируемая прокатка представляет собой высокотемпературную обработку низколегированной стали и предполагает определенное сочетание основных параметров горячей деформации: температуры нагрева и конца прокатки, суммарной степени деформации, скорости охлаждения и т. д.

Одной из главных целей контролируемой прокатки является получение в готовом прокате мелкозернистой структуры, обеспечивающей уникальное сочетание прочностных и пластических свойств [3—5].

В этом процессе можно выделить три основные стадии изменения структуры.

- на первой стадии ( $>950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в процессе деформации происходит рекристаллизация деформированных зерен;
- на второй стадии ( $850\text{—}950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) сталь упрочняется вследствие измельчения структуры и повышения плотности дислокаций;
- на третьей стадии ( $700\text{—}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) происходит дисперсионное твердение сталей, легированных карбидо- и нитридообразующими элементами (Mo, Nb, V, Ti) вследствие выделения избыточных фаз.

В процессе черновой фазы прокатки ( $>1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) сталь интенсивно рекристаллизуется. Деформации в данном интервале позволяет значительно измельчить зерно аустенита за счет многократной рекристаллизации после каждого прохода при прокатке с образованием после охлаждения зерен феррита. Чем меньше аустенитное зерно перед деформацией, ниже температура при каждом пропуске, тем мельче будет зерно. Так же следует учитывать критическую степень деформации за проход, т. к. при степенях обжатия ниже критических начинается интенсивный рост аустенитного зерна (рис. 1).



**Рисунок 1. Размер рекристаллизованного зерна аустенита в зависимости от степени деформации**



С целью исследования влияния степени обжатия на структуру горячедеформированной стали проводилось на базе лабораторного комплекса «Термодеформ-МГТУ» [1; 2].

Обработка слитков производилась по двум режимам: с ускоренным контролируемым охлаждением до температуры  $780\pm 30$  °С для серии № 1 и до температуры  $25\pm 5$  °С для серии № 2.

Обжатие слитков производилось на гидравлическом прессе по различным вариантам:

- серия № 1: 5 % относительное обжатие за одно осаживание, 7 %, 9 %, 11 %, 13 % и со смешанной степенью обжатия;
- серия № 2: 3 % относительное обжатие за одно осаживание, 5 %, 7 %, 9 %, 11 % и 13 %.

Предварительно слитки высотой 300 мм были нагреты до температуры  $1210\pm 10$  °С, температура начала деформации составляла  $1150\pm 60$  °С, конца —  $1000\pm 30$  °С. Слитки осаживались до 167 мм.

В дальнейшем был осуществлен раскрой промежуточных раскатов с вырезкой образцов для последующих металлографических исследований.

Для микроанализа из образцов по стандартной методике были приготовлены микрошлифы.

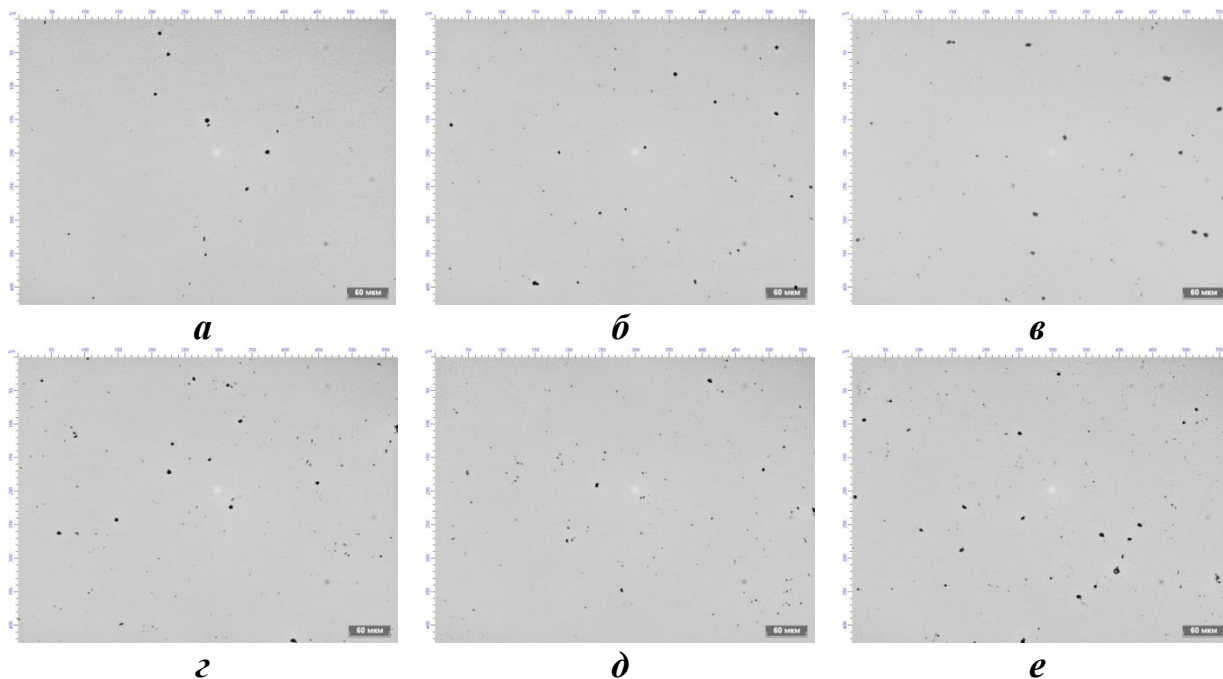
Оценку загрязненности стали неметаллическими включениями осуществляли на нетравленных полированных образцах с помощью программного продукта Thixomet PRO по методике, согласованной с ГОСТ 1778-70.

Для выявления микроструктуры поверхность шлифов подвергалась травлению в 4 %-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте методом погружения полированной поверхности в ванну с реактивом.

Для выявления границ аустенитного зерна использовали травление в свежеприготовленном насыщенном при комнатной температуре растворе пикриновой кислоты с добавлением 1 %—10 % поверхностно-активных веществ (ПАВ) и подогревом реактива до  $50$  °С— $70$  °С.

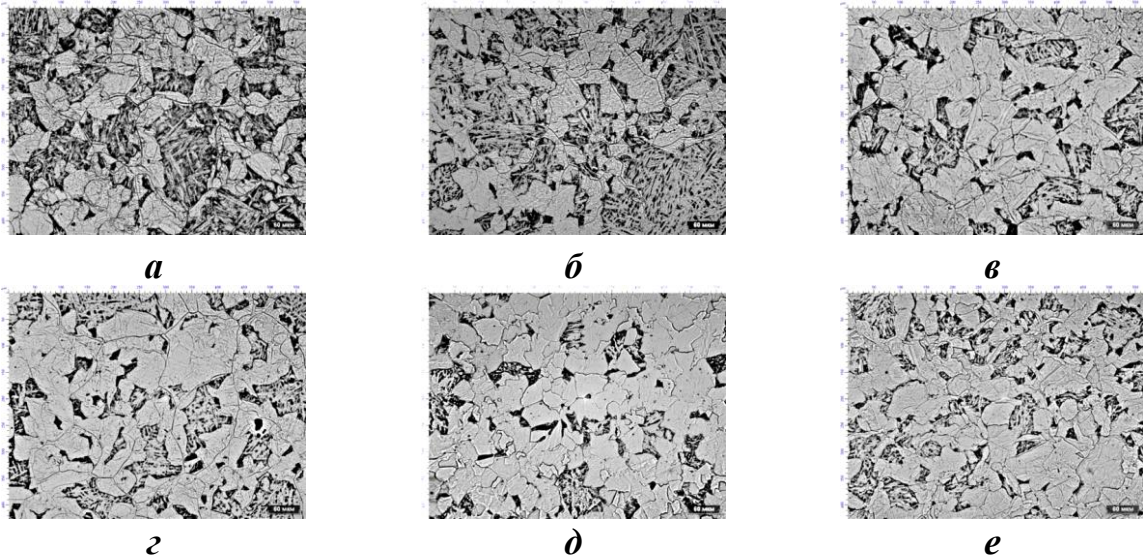
Металлографический анализ проводили на оптическом микроскопе Meiji Techno при увеличениях от 50 до 1000 крат с использованием системы компьютерного анализа изображений Thixomet PRO.

Микроструктура образцов, исследованная на оптическом микроскопе до травления, представлена на рис. 2.

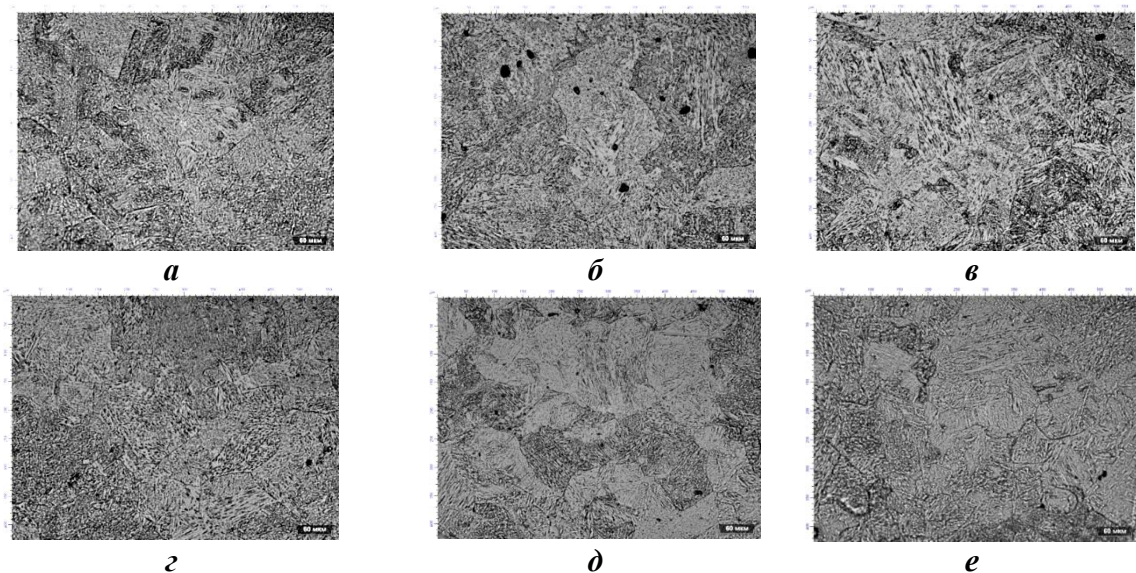


**Рисунок 2. Микроструктура исследуемых образцов серии 1 до травления при увеличении  $\times 200$ : № 1 (а), 2 (б), 3 (в), 4 (г), 5 (д), 6 (е)**

Микроструктура образцов после травления в насыщенном растворе пикриновой кислоты с добавлением 1 %—10 % ПАВ, исследованная с помощью световой микроскопии, приведена на рис. 3, 4. Она представляет собой феррито-бейнитную структуру.



**Рисунок 3. Микроструктура образцов серии 1, исследуемых после травления (в насыщенном растворе пикриновой кислоты с добавлением 1 %—10 % ПАВ) № 1 (а), 2 (б), 3 (в), 4 (г), 5 (д), 6 (е), х 200**



**Рисунок 4. Микроструктура образцов серии 1, исследуемых после травления (в насыщенном растворе пикриновой кислоты с добавлением 1 %-10 % ПАВ) № 1 (а), 2 (б), 3 (в), 4 (г), 5 (д), 6 (е), х 200**

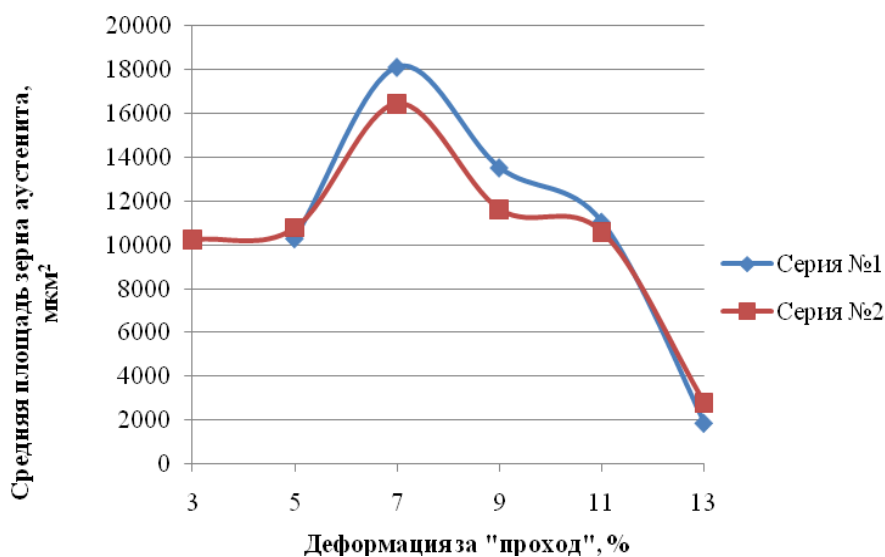
Результаты исследования по определению среднего размера и диаметра аустенитного зерна представлены в табл. 1.

**Таблица 1.**

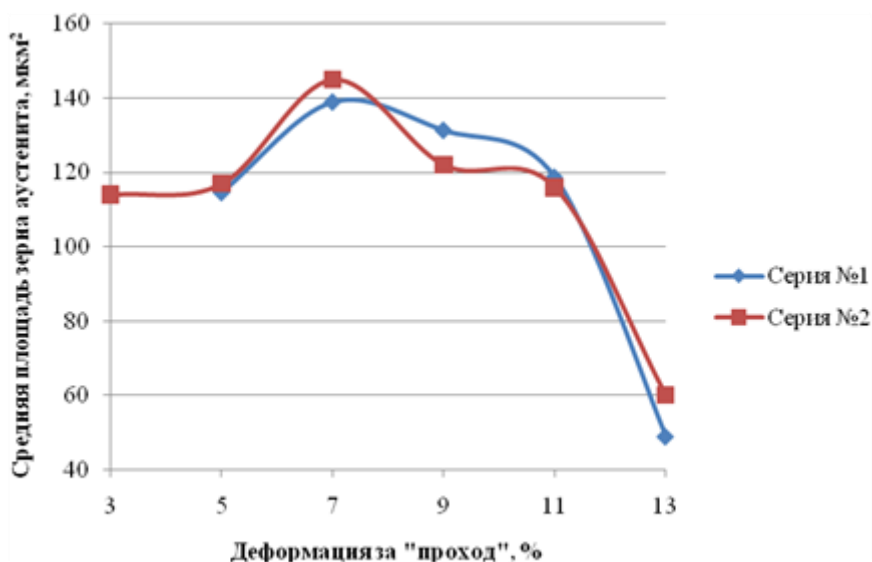
**Результаты исследования по определению среднего размера и диаметра аустенитного зерна**

№ серии	№ слитка	Степень обжатия, %	Среднее значение площади, мкм <sup>2</sup>
1	1	5	10297,71
	2	7	18116,43
	3	9	13528,41
	4	11	11050,24
	5	13	1876,10
	6	mix	8990,16
2	1	3	10237
	2	5	10772
	3	7	16443
	4	9	11617
	5	11	10590
	6	13	2797

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что критическая степень обжатия стали находится в диапазоне от 5 до 11 % (рис. 5, 6), при этом даже единичное обжатие раската ниже критической степени деформации приводит к увеличению размера зерна аустенита.



**Рисунок 5. Средний размер зерна аустенита в образцах серии № 1 и 2 при черновой фазе прокатки**



**Рисунок 6. Средняя площадь зерна аустенита в образцах серии № 1 и 2 при черновой фазе прокатки**

### Список литературы:

1. Салганик В.М., Денисов С.В., Полецков П.П. и др. Современные пути получения горячекатаного листа с особым сочетанием физико-механических свойств, Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением // Международный сб. науч. тр., под ред. В.М. Салганика, Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, — 2014, — Вып. 20, — с. 169—173.
2. Салганик В.М., Полецков П.П., Артамонова М.О. и др. Научно-производственный комплекс «Термодеформ» для создания новых технологий // Сталь, — 2014, — № 4, — с. 104—107.
3. Чукин М.В., В.М. Салганик, П.П. Полецков, Г.А. Бережная, М.С. Гущина, А.С. Кузнецова, Д.Ю. Алексеев. Анализ технических требований, предъявляемых к наноструктурированному высокопрочному листовому прокату // Обработка сплошных и слоистых материалов. — 2014. — № 2. — С. 19—28.
4. Чукин М.В., В.М. Салганик, П.П. Полецков, С.В. Денисов, А.С. Кузнецова, Г.А. Бережная, М.С. Гущина. Основные виды и области применения стратегического высокопрочного листового проката // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. — 2014. — № 4. — С. 41—44.
5. Чукин М.В., В.М. Салганик, П.П. Полецков, М.С. Гущина, Г.А. Бережная, А.С. Кузнецова, П.А. Стеканов, Д.Ю. Алексеев. Разработка принципиальной технологической схемы производства наноструктурированного высокопрочного листового проката // Естественные и технические науки. — 2014. — № 9—10. — С. 328—334.

## **РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КАРТ СООТВЕТСТВИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ SPC**

*Евдокимова Татьяна Дмитриевна*

*студент кафедры обработки металла давлением  
Магнитогорского государственного технического университета им. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [tanushakokos@gmail.com](mailto:tanushakokos@gmail.com)*

*Румянцев Михаил Игоревич*

*научный руководитель, канд. техн. наук,  
профессор кафедры обработки металла давлением  
Магнитогорского государственного технического университета им. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск*

В системах менеджмента качества за рубежом важная роль отводится методологии SPC (Statistical Process Control — статистическое управление процессами) [3]. Фактически SPC — комплексный статистический метод контроля и управления качеством продукции, элементами которого являются как методы обработки и анализа числовой информации (расчет выборочных характеристик), так и так называемые «простые методы контроля качества» одним из которых являются контрольные карты [6]. На отечественных металлургических SPC применяется только в случаях, оговоренных нормативными документами федерального значения [1—2]. Поэтому для оценки и управления качеством огромного числа типоразмеров проката контрольные карты пока не используются, что снижает объективность оценки фактического уровня качества продукции и состояния производства, и тем самым затрудняет своевременное принятие верных корректирующих действий.

Наиболее широко применяют контрольные карты по количественному признаку  $\bar{x}$ -R (среднее-размах), которые могут отобразить изменчивость показателей качества как по разбросу (карта размахов), так и по положению (карта средних значений). Контрольные карты  $\bar{x}$ -R (карты Шухарта) обеспечивают наглядность отображения качества продукции и состояния процесса ее производства. Однако они обладают рядом недостатков.

Во-первых, контрольные карты этого типа не позволяют сделать объективные и достоверные выводы о качестве выпускаемой продукции до тех пор, пока не будет накоплен достаточный минимум статистической выборки для построения контрольной карты. А в рамках производства ограниченных по объему партий продукции, с разрывом во времени между различными партиями это условие снижает, или даже — сводит на нет, оперативность оценивания. Во-вторых, в соответствии с принципами стратификации исходных данных такие контрольные карты необходимо строить для продукции, условия производства которой по контрольным характеристикам процесса идентичны. Таким образом, при попытке статистического управления производством в условиях металлургического предприятия неизбежно проявится проблема чрезмерно большого объема информации, подлежащей осмыслению.

Для решения указанной проблемы целесообразно применить контрольные карты на основе показателя соответствия  $q_{pk}$ . Данный показатель, применяется на кафедре ОМД ГОУ ВПО «МГТУ» для оценивания результативности технологического процесса [4—5] и рассчитывается следующим образом.

В случае регламентации качества только наименьшим допустимым значением (нижняя оценка соответствия, рисунок 1,а)

$$q_{pk} = q_{pL} = \frac{\Delta_{LSL}}{3S} \quad (1)$$

где:  $\Delta_{LSL}$  — допустимая вариация параметра;

$3S$  — фактическая вариация параметра;

$q_{pL}$  — допустимая вариация относительно нижней границы допуска.

В случае регламентации качества только наибольшим допустимым значением (верхняя оценка соответствия, рисунок 1,б)

$$q_{pk} = q_{pU} = \frac{\Delta_{USL}}{3S} \quad (2)$$

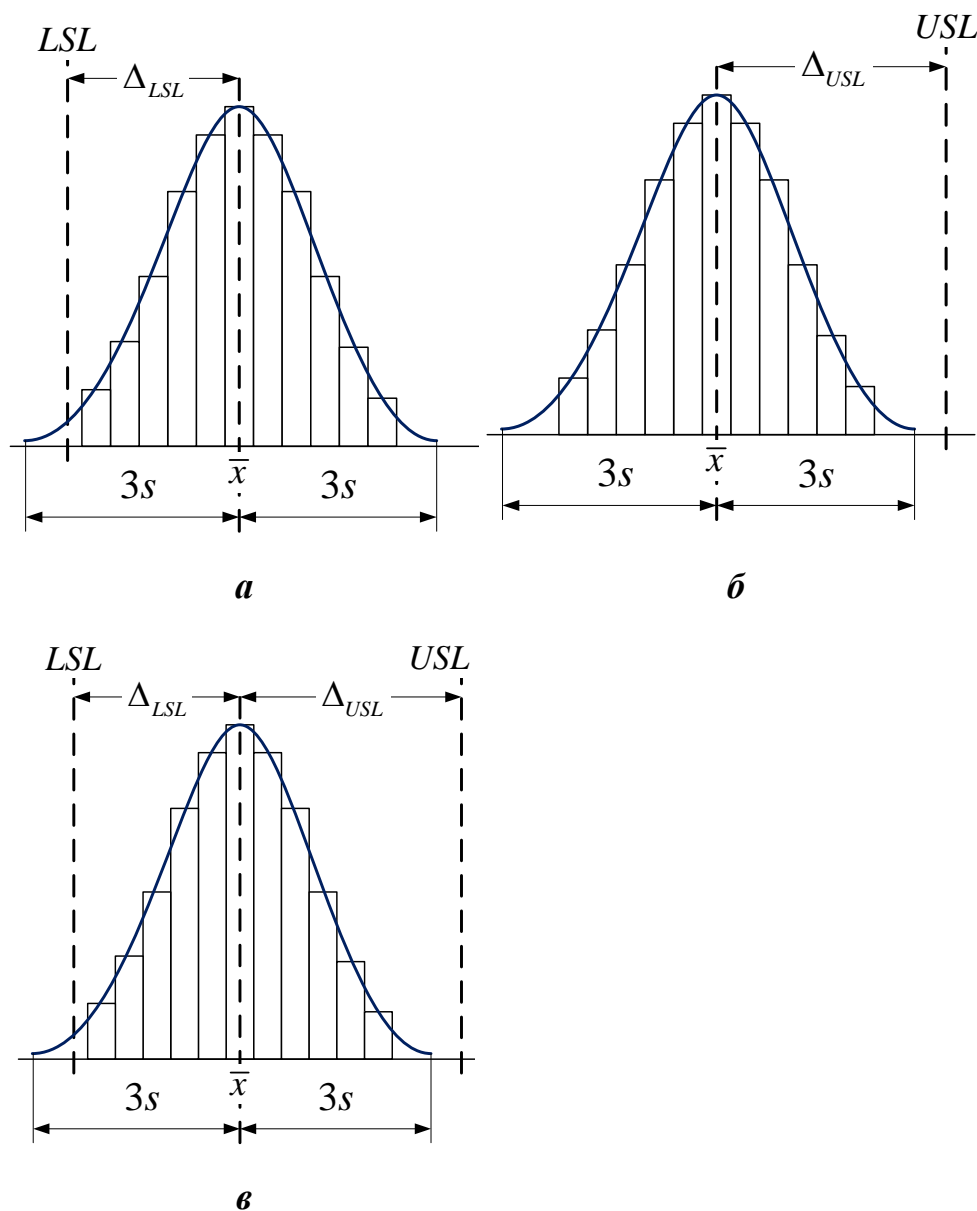
где:  $\Delta_{USL}$  — допустимая вариация параметра;

$3S$  — фактическая вариация параметра;

$q_{pU}$  — допустимая вариация относительно верхней границы допуска.

В случае регламентации качества наибольшим и наименьшим допустимыми значениями (оценка соответствия с учетом положения среднего, рисунок 1,в)

$$q_{pk} = \min (q_{pU} ; q_{pL}) \quad (3)$$



**Рисунок 1.** *Случаи сравнения фактической вариации показателя качества с допустимой: а — при ограничении снизу; б — при ограничении сверху; в — при двустороннем ограничении*

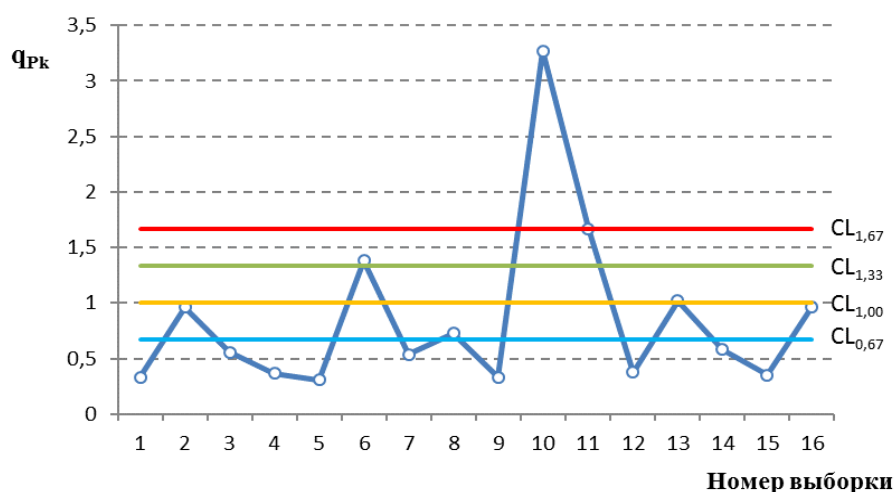


В качестве точечной характеристики фактической изменчивости и соответствующего ей центра рассеяния принимается стандартное отклонение и выборочное среднее:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

Карта соответствия представляет собой контрольную карту, на которой, как и на картах другого типа, по горизонтальной оси откладываются номера выборок, а по вертикальной оси — значения показателя соответствия, рассчитанные для соответствующей выборки (рисунок 2). Объемы выборок могут быть не одинаковыми. Кроме того, две соседние точки на данной контрольной карте могут быть нанесены по результатам анализа производства продукции с существенно различными требованиями нормативных документов, и соответственно, обработанной при существенно различных значениях режимных параметров процесса. Отсутствие необходимости выполнять стратификацию данных по таким условиям осуществления процесса как «режимные параметры» и «требования спецификации» обусловлена тем, что каждое значение контролируемой характеристики, как видно из формул (1—2), рассчитывается через границы допуска для данной характеристики, оцениваемой в той или иной выборке. Таким образом, карта соответствия позволяет отобразить результативность процесса при произвольной монтажности партий неодинакового объема, качество продукции в которых может регламентироваться существенно различными требованиями.



**Рисунок 2. Контрольная карта соответствия**

На контрольных картах Шухарта средняя линия (CL) и границы регулирования (LCL, UCL) отображают закономерности вариации контролируемой характеристики при нормальном осуществлении процесса, т. е. при отсутствии влияния особых причин. Ордината CL соответствует статистической оценке положения, а границы регулирования - наибольшему и наименьшему пределам объективно присущего ей интервала варьирования. Для контрольных карт соответствия контрольные границы унифицированы с нормируемыми значениями индексов процесса, принятыми в SPC (таблица 1).

**Таблица 1.**

**Контрольные границы для карт соответствия, принятые в SPC**

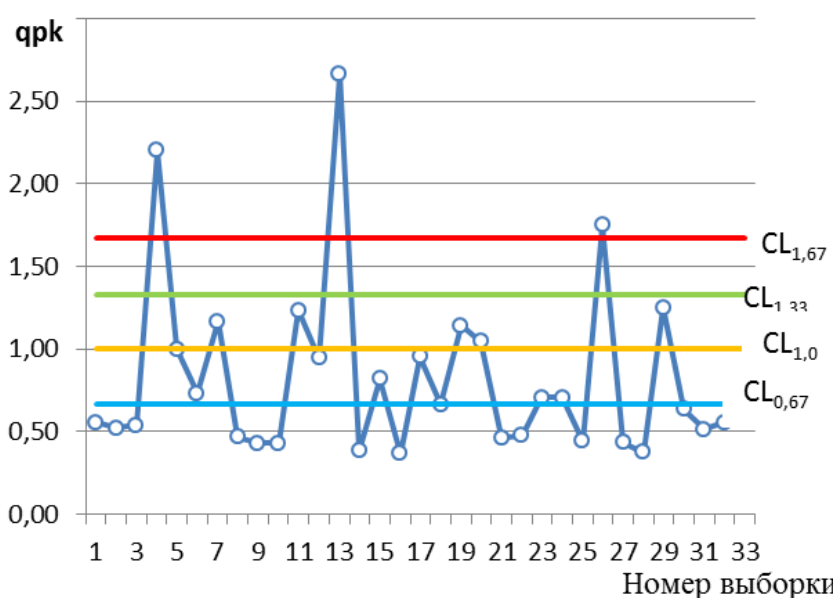
<i>Границы допусков</i>	<i>Значение индекса</i>	<i>Оценка (уровень) состояния</i>
—	Более 1,67	Отличное
$LCL_{1,67}$	1,33 - 1,67	Хорошее
$LCL_{1,33}$	1,00 - 1,33	Удовлетворительное
$LCL_{1,00}$	0,67 - 1,00	Плохое
$LCL_{0,67}$	Менее 0,67	Недопустимое

Применяя границы, как на картах Шухарта, можно удостовериться в стабильности или нестабильности процесса, т. е. оценить является ли процесс управляемым. Границы на картах соответствия (уровни состояния процесса) позволяют оценить, в какой степени достигается целевое значение контролируемой характеристики продукции или процесса.

Ниже приведем примеры карты соответствия по одной из ключевых характеристик процесса горячей прокатки на широкополосном стане (ШСГП) — «толщина полосы» (рисунок 3). Оценивается процесс производства следующих типоразмеров:

- полос размерами 3,0x1250 мм по ГОСТ 16523-97 «Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения» из стали марки Ст3сп;
- полос 10,0x1550 мм по ГОСТ 14637-89 «Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия» из стали марки Ст3сп;
- полос 4,0x1550 мм по ГОСТ 19281-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» из стали марки 09Г2С.

На карте соответствия толщины (рисунок 3) наблюдаются периодически повторяющиеся недопустимые состояния процесса (выборки 1—3; 8—10; 14 и 16; 21—22; 27—28). Они соответствуют моментам перехода на прокатку новых профилеразмеров (настроечные полосы). После настройки стана наблюдается улучшение процесса до отличного состояния, но затем начинается снижение  $q_{pk}$  до уровня «удовлетворительно» и «плохо».



**Рисунок 3** Контрольная карта соответствия по толщине

На основании рисунка 3 можно сделать следующие выводы. Из 33 значений показателя соответствия 16 расположены ниже границы  $CL_{0.67}$ . Это означает, что 48,5 % прокатанного металла имеют недопустимые отклонения по толщине. Между границами  $CL_{0.67}$  и  $CL_{1.00}$  расположены 8 точек, т. е. в 24,2 % случаях состояние процесса по характеристике «толщина» оценивается как плохое. В 15,2 % случаев наблюдалось хорошее состояние процесса и только в 9,1 % случаев — отличное. В целом анализ карты соответствия показал, что необходимо срочно предпринять корректирующие действия по улучшению работы системы управления станом.

Таким образом, можно сделать вывод, что карты соответствия, как и карты  $x-R$ , достаточно точно отображают изменчивость контролируемой характеристики. Однако в случае применения карт  $x-R$ , чтобы видеть как меняется значение показателя относительно заданного и каков разброс показателя, приходится строить 2 графика (карта  $X$  характеризует смещение показателя относительно заданного значения, карта  $R$  характеризует фактическую вариацию того же показателя). Одну карту соответствия можно рассматривать для любой последовательности партий разнородной продукции, тогда как карты  $x-R$  должны составляться на каждый вид продукции. В силу указанных положительных особенностей карты соответствия эффективны для анализа качества процесса производства продукции в режиме реального времени и позволяют действительно оперативно обнаружить проявления нежелательных изменений в ходе процесса, что создает предпосылки для своевременного применения упреждающих воздействий по поддержанию технологической системы в надлежащем состоянии.

### **Список литературы:**

1. ГОСТ Р 51814.1-2004 (ИСО/ТУ 16949:2002) Системы качества в автомобилестроении. Системы качества для предприятий-поставщиков автомобильной промышленности. Общие требования. М: Издательство стандартов, 2004. — 35 с.

2. ГОСТ 21427.1-83 «Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия». М. Издательство стандартов, 2003, — 29 с.
3. МС ИСО 9001:2000. Системы менеджмента качества. Требования. М.: ВНИИС, 2001.
4. Румянцев М.И., Цепкин А.С., Оплачко Т.В. Унифицированный подход к расчету дифференциальных оценок при квалиметрическом оценивании качества проката. Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. — № 3 — 2007. — 61 с.
5. Румянцев М.И., Ручинская Н.А. Статистические методы для обработки и анализа числовой информации, контроля и управления качеством продукции: Учебное пособие. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2008. — 207 с.
6. СТО ГАЗПРОМ 9004-2006. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению. М.: ОАО «ГАЗПРОМ», 2006, — 12 с.

## СЕКЦИЯ 6.

### ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА

**Немирова Юлия Александровна**

*студент 4 курса, кафедра «Технология технического регулирования» ДГТУ,  
РФ, г. Ростов-на-Дону*

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

**Сорочкина Оксана Юрьевна**

*научный руководитель, доцент кафедры «Технология технического  
регулирования», ДГТУ,  
РФ, г. Ростов-на-Дону*

В 1995 году был подписан первый документ о создании Таможенного союза, который со временем преобразился в ЕврАзЭС. Первоначальными членами данного союза являлись Белоруссия, Казахстан и Россия.

В 2007 году главами стран- членов Таможенного союза Белоруссией, Казахстаном и Россией был утвержден договор о создании единой таможенной территории и формировании Таможенного союза [1].

Спустя 3 года было введено в обращение Соглашение о единых принципах и правилах технического регулирования в республике Беларусь, республике Казахстан и Российской Федерации. Данным Соглашением регламентируется деятельность стран таможенной зоны в области технического регулирования, санитарных и фитосанитарных мер.

Основополагающим элементом, нацеленным на интеграцию в Таможенном союзе и Едином экономическом пространстве, и наиболее важным направлением деятельности Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) является техническое регулирование.

С точки зрения терминологии в рамках Таможенного союза техническое регулирование понимается как правовое регулирование отношений в области разработки и применения технической документации, предъявляющей

требования к продукции, в области оценки (подтверждения) соответствия, государственного контроля (надзора), которое осуществляется в соответствии с международными договорами и законодательством государств-членов данного союза.

В основе технического регулирования стран таможенной зоны лежит европейский опыт в данной сфере. Современная европейская концепция является либеральной моделью межгосударственной торговли, которая направлена на снятие торговых барьеров, что в свою очередь обеспечит свободное движение товаров путем установления единых обязательных требований к продукции в технических регламентах Таможенного союза.

Данные технические регламенты, как правило, содержат требования к продукции, связанные с требованиями к продукции процессы производства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации, а также правила идентификации, формы, схемы и процедуры оценки (подтверждения) соответствия.

Основным техническим регламентом в области пищевой промышленности является ТР ТС «О безопасности пищевой продукции» [4]. Данным документом регулируется выпуск безопасной пищевой продукции на территории стран, входящих в Таможенный союз.

Хотелось бы отметить, что этот Технический регламент является базой «Пищевого кодекса» стран Таможенной зоны. Данный кодекс представляет собой совокупность требований к производству, хранению, транспортированию и реализации продуктов питания на территории Таможенного пространства.

ТР ТС «О безопасности пищевой продукции» устанавливает только общие требования, а требования направленные на отдельные группы продукции содержат «вертикальные» регламенты. В качестве примера можно привести Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции», который вступил в силу в 1 мая 2014 года [3].

В качестве объектов данного документа представлены:

- продукты убоя и мясная продукция. В том числе жир-сырец, кровь, кость, сырье кишечное, сырье коллагенсодержащее и продукты их переработки.

- процессы производства, хранения, перевозки, реализации, утилизации продуктов убоя и мясной продукции.

Так же хотелось бы отметить, что одним из требований данного Технического регламента является обязательное прохождение всей продукцией убоя (сырого мяса) ветеринарно-санитарной экспертизы. Результатом прохождения данной процедуры является ветеринарный сертификат установленного образца [1], [2]. Согласно Правил [2], предусмотрена регистрация ветеринарных сопроводительных документов в электронной форме. Благодаря этому можно проследить за всеми передвижениями животных и продукции живого происхождения на всех стадиях их жизненного цикла.

Оценка (подтверждение) соответствия продукции, регламентируемой ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции») осуществляется в виде:

- Декларирования;
- Государственной регистрации;
- Государственного контроля;

По результатам проверки на соответствие продукты убоя и мясная продукция маркируются единым знаком обращения продукции на рынке Таможенной зоны.

Одним из нововведений данного документа является обязательное наличие прослеживаемости продукции на всех стадиях ее производства. Она обеспечивается процессом идентификации животных. Путем сравнения внешних и органолептических показателей с признаками, установленными в стандартах. Прослеживаемость и идентификация может быть также обеспечена чипированием животных.

Государствами- членами Таможенного союза должны быть приняты меры по ограничению и запрету выпуска в обращение объектов пищевой промышленности, не соответствующих требованиям Технических регламентов, которые на них распространяются.

В свою очередь иностранные изготовители, продавцы и лица, выполняющие функции иностранных изготовителей должны осуществлять



процессы своего производства в соответствии с требованиями Технических регламентов Таможенного союза, действие которых на них распространяется.

Подводя итог, хотелось бы отметить ряд новаций. Новым техническим регламентом вводится:

- Запрет убоя животных в тех местах, которые не специализированы для первичной обработки мяса;
- Обязательное разделение продукции на «мясо- растительную»( от 5 % мяса), «мясосодержащую»(30—60 % мяса), «мясную»(от 60 % мяса и выше);
- Обязательная маркировка продукции в соответствии с новой классификацией;
- Запрет на товарные знаки продукции, которые имеют схожесть или полностью совпадают с общеизвестными названиями мясных продуктов и производятся не по ГОСТу;

### **Список литературы:**

1. Евразийская Экономическая комиссия. Официальный сайт Евразийской Экономической Комиссии//[Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [www.eurasiancommission.org](http://www.eurasiancommission.org)
2. Порядок оформления ветеринарных сопроводительных документов в электронном виде/ Утвержден приказом Министерства Сельского Хозяйства от 17.07.14 № 281/ Официальный сайт Россельхознадзора//[Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [www.fsvps.ru](http://www.fsvps.ru)
3. Правила организации работы по оформлению ветеринарных сопроводительных документов/ Утвержден приказом Министерства Сельского Хозяйства от 17.07.14 № 281/ Официальный сайт Россельхознадзора//[Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [www.fsvps.ru](http://www.fsvps.ru)
4. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013)/ Принят решением Совета Евразийской Комиссии от 9.10.13 № 68/ Официальный сайт Евразийской Экономической Комиссии//[Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [www.eurasiancommission.org](http://www.eurasiancommission.org)
5. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011)/ Принят решением Комиссии Таможенного союза от 9.12.11 № 880 / Официальный сайт Евразийской Экономической Комиссии//[Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [www.eurasiancommission.org](http://www.eurasiancommission.org)

## СЕКЦИЯ 7.

### РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЦЕХА ПЛАСТМАСС

*Милютин Алексей Юрьевич*

*Темников Евгений Александрович*

*студенты 3 курса, энергетического института,  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск*

*Готфрид Павел Андреевич*

*студент 1 курса, энергетического института,  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск*

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

В данной работе мы выполним расчет освещения помещения производственного назначения на примере цеха пластмасс.

1. Размеры помещения (в метрах):

Длина,  $l = 64$ ; Ширина,  $b = 48$ ; Высота,  $H = 10,4$ .

2. Условия среды — жаркая.

3. Освещенность для комбинированного освещения  $E = 400$  лк.

4. Освещенность для общего равномерного освещения  $E = 200$  лк.

5. Коэффициент запаса  $K = 1,5$ .

6. Эксплуатационную группу светильника — (1—4)

7. Коэффициенты отражения: Потолка ( $\rho_{п}$ ) — 0,7; Стен ( $\rho_{с}$ ) — 0,5.

8. Характеристика зрительной работы — малой точности.

9. Контраст объекта с фоном — малый.

10. Характеристика фона — темный.

11. Особые условия — нет.

12. Мощность трансформатора: 400кВ·А.

13. Коэффициент загрузки трансформатора:  $\beta = 0,6$ .

14. Коэффициент мощности нагрузки трансформатора:  $\cos\varphi = 0,7$ .

15. Расстояние от ТП до группового щитка: 89 м.

16. Момент дополнительных нагрузок питающей линии:  $M = 4000\text{кВт}\cdot\text{м}$ .

### Выбор типа источников света и выбор системы освещения

Руководствуясь методическими указаниями на стр. 22—25 [1] и блок-схемой выбора ИС на стр. 23, выбираем натриевые лампы высокого давления. Исходя из разряда зрительной работы помещения ( $V_a$ ) и методических указаний на стр. 30 [1] и блок-схемой освещения на стр. 31 выбираем комбинированное освещение, но расчет будем выполнять только для общего равномерного освещения. Согласно рекомендации табл. 12.3 [2] выбираем для ламп типа ДНаТ светильник ЖСП20.

Таблица 1.

Параметры ламп

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Степень защиты	Экспл. группа/коэф-т запаса	КСС	КПД светильника, %	
					общий	В нижнюю полусферу
ДНаТ	250	IP23	4/1,5	Г3	72	69

Расчетная высота подвеса светильников:

$$h = H - h_c - h_p = 10,4 - 0,5 - 1 = 8,9 \text{ м},$$

где:  $H$  — Высота помещения;

$h_p$  — Высота рабочей поверхности;

$h_p = 1 \text{ м}$ ;  $h_c$  — Свес светильника, принимаем равным 0,5 м.

Находим оптимальное расстояние между светильниками:

$$L_0 = \lambda_0 \cdot h = 0,66 \cdot 8,9 = 5,9 \text{ м},$$

где  $\lambda_0$  — Коэффициент равномерности освещения, для светильников с типом КСС Г3  $\lambda_0 = 0,66$ .

Рациональное число рядов светильников:

$$n_p = \frac{b}{L_0} = \frac{48}{5,9} = 8,1 \approx 8;$$

Рациональное число светильников в ряду:

$$n_c = \frac{l}{L_0} = \frac{64}{5,9} = 10,8 \approx 11;$$

Расстояние между рядами светильников:

$$L_A = \frac{b}{n_p} = \frac{48}{8} = 6 \text{ м};$$

Расстояние между светильниками в ряду:

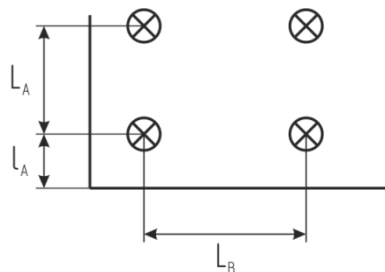
$$L_B = \frac{l}{n_c} = \frac{64}{11} = 5,8 \text{ м};$$

Расстояние от светильника до стен:

$$l_A = 0,5 \cdot L_A = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м},$$

Общее число светильников в помещении:

$$N = n_c \cdot n_p = 8 \cdot 11 = 88;$$



*Рисунок 2.1. Взаимное расположение светильников в цеху*

**Светотехнический расчет методом коэффициента использования светового потока.**

Определим индекс помещения:

$$i = \frac{l \cdot b}{h \cdot (l + b)} = \frac{64 \cdot 48}{8,9 \cdot (64 + 48)} = 3,1$$

Зная индекс помещения и коэффициенты отражения, определим по табл. 8.8 [2] значение коэффициента использования помещения  $\eta_{\text{п}} = 0,84$ .

Тогда полный коэффициент использования:

$$\eta = \eta_{\text{св}} \eta_{\text{п}} = 0,72 \cdot 0,84 = 0,605.$$

Расчетный световой поток лампы:

$$\Phi = \frac{EK_s Sz}{N\eta} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 64 \cdot 48 \cdot 1,15}{88 \cdot 0,605} = 21907 \text{ лм.}$$

где: S — площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

z — коэффициент неравномерности распределения освещенности в помещении, принимаем равным 1,15;

N — число устанавливаемых в помещении светильников.

Выбираем по табл. 3.29 [2] тип лампы со стандартным значением светового потока.

**Таблица 2.1.**

**Параметры используемых ламп**

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Рабочий ток, А	Срок службы, тыс. ч	$\Phi_{\text{ст}}$ , клм	Размер, мм	
						D	L
ДНаТ 250	250	100	3,1	20	26	48	250

**Определение коэффициента равномерности освещенности в помещении точечным методом**

Определим минимальную освещенность в цехе, если освещение выполнено лампами ДНаТ250 со световым потоком  $\Phi_{\text{ст}}=26000$  лм, установленными в светильниках ЖСП20; КПД светильника  $\eta = 0,72$ ; КПД в нижнюю полусферу  $\eta_{\text{с}} = 0,69$ ; КСС-ГЗ. Количество ламп 88 шт. Размеры

помещения: длина  $l=64$  м, ширина  $b=48$  м, расчетная высота подвеса  $h=8,9$  м. Коэффициент отражения: потолка — 0,7; стен — 0,5. Коэффициент запаса  $K_3=1,5$ .

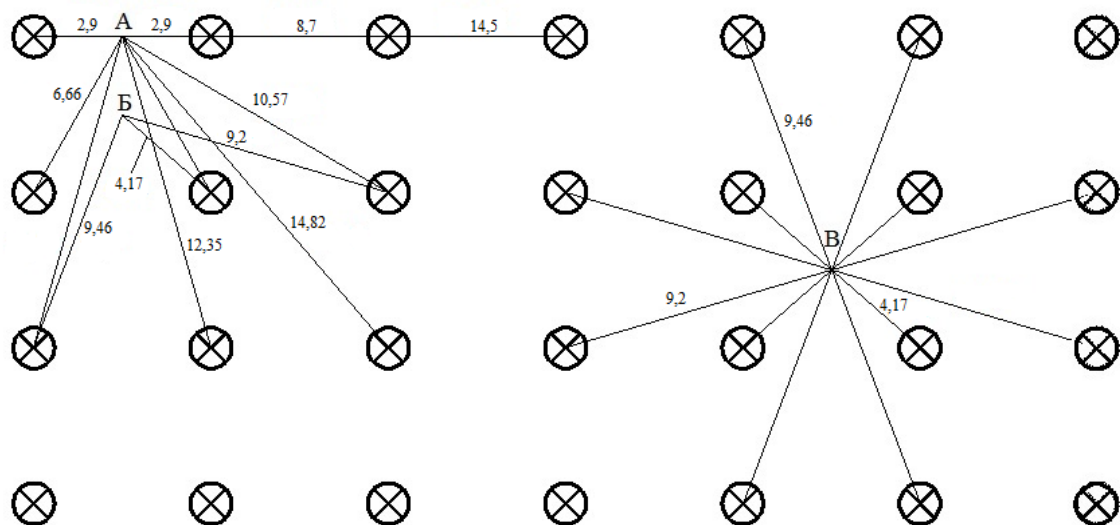
В качестве контрольных точек выбираем точки А и Б (рис. 3.2) с предполагаемой минимальной освещенностью, точку В с предполагаемой максимальной освещенностью.

Используя изолюксы рис. 8.3—8.15 [2], находим условную освещенность в контрольных точках от всех ближайших светильников и сведем результаты расчета в таблицу 2.2.

**Таблица 2.2.**

**Значение условной освещенности в контрольных точках А и Б**

Точка	h, м	d, м	n	e, лк	ne, лк	$\Sigma(ne)$ , лк
А	8,9	2,9	2	3,2	6,4	13,4
	8,9	8,7	1	1,3	1,3	
	8,9	14,5	1	0,4	0,4	
	8,9	6,66	2	1,7	3,4	
	8,9	14,82	1	0,4	0,4	
	8,9	10,57	1	0,7	0,7	
	8,9	12,35	2	0,5	0,8	
Б	8,9	4,17	4	2,8	11,2	14,6
	8,9	9,46	2	0,8	1,6	
	8,9	9,2	2	0,9	1,8	
В	8,9	9,46	4	0,8	3,2	18
	8,9	4,17	4	2,8	11,2	
	8,9	9,2	4	0,9	3,6	



**Рисунок 2.2. Расположение контрольных точек**

Как видно из таблицы наименьшая освещенность наблюдается в точке А, для нее определяем фактическую освещенность:

$$E = \frac{\Phi_{\text{ст}} \cdot \eta \cdot \mu \cdot \sum ne}{1000K} = \frac{26000 \cdot 0.72 \cdot 1.15 \cdot 13,4}{1000 \cdot 1,5} = 192,3 \text{ лк}$$

где  $\mu$  — коэффициент увеличения освещённости за счёт удаленных светильников ( $\mu = 1,1 \div 1,15$ ).

Максимальная освещенность в помещении наблюдается в точке В:

$$E_{\text{max}} = \frac{\Phi_{\text{ст}} \cdot \eta \cdot \mu \cdot \sum ne}{1000K} = \frac{26000 \cdot 0.72 \cdot 1.15 \cdot 18}{1000 \cdot 1,5} = 258,3 \text{ лк,}$$

Отношение максимальной освещенности в помещении к минимальной:

$$K_{\text{равн}} = \frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} = \frac{258,3}{192,3} = 1,34 < 2 \text{ по п. 7.9 [3] для работ разрядов IV – VII}$$

По методу использования светового потока найдем отраженную составляющую освещённости:

Определим по табл. 8.8 [2]:  $\eta_{\text{ч}}(\rho_{\text{п}} = 0; \rho_{\text{п}} = 0; \rho_{\text{п}} = 0; i = 3,1)$

$$E_{\text{отр}} = \frac{\Phi N_{\Sigma}(\eta - \eta_{\text{ч}})}{KSZ} = \frac{26000 \cdot 88 \cdot (0,84 - 0,8)}{1,5 \cdot 64 \cdot 48 \cdot 1} = 19,86 \text{ лк.}$$

Общая освещённость составляет:

$$E_{\Sigma} = E + E_{\text{отр}} = 192,3 + 19,86 = 212,2 \text{ лк.}$$

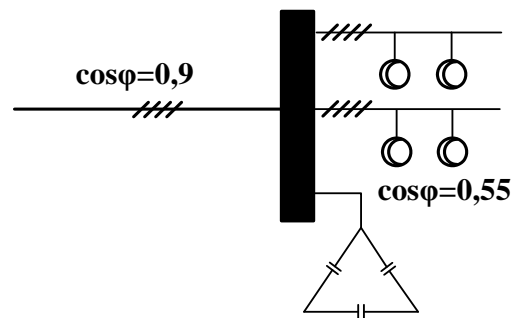
Вывод: фактическая освещенность в контрольной точке А получилась 212,2 лк, что больше нормированной 200 лк на 5,7 %, что допустимо. Следовательно, расчет произведен верно.

### **Выбор схемы и трассы осветительной сети**

Для осветительной установки будем использовать трехфазную групповую сеть, т. к. она рекомендуется при применении разрядных ламп высокого

давления, чтобы устранить пульсация светового потока. Для этого соседние в ряду лампы распределяются между фазами в следующем порядке: А-В-С-А-В-С-....

Согласно ПУЭ [3] ОП с РЛВД, используемых для освещения помещений, должна быть предусмотрена групповая компенсация реактивной мощности, т. е. должны быть установлены трехфазные конденсаторы в групповых щитках (рис. 3.1).



**Рисунок 3.1.**

Согласно ПУЭ [3] линии групповой сети внутреннего освещения должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями на рабочий ток не более 63А; и для линий, питающих светильники с лампами НЛВД, может присоединяться до 20 ламп на фазу.

Поскольку нагрузка в трехфазной сети равномерна, то расчетный ток определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_{л} N_{л} k_{пра} k_c}{\sqrt{3} U_{л} \cos \phi_1} = \frac{250 \cdot 88 \cdot 1,0875 \cdot 1}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,55} = 58 \text{ А}$$

где:  $k_{пра} = 1,0875$  — коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре для ламп НЛВД,

$k_c = 1$  — коэффициент спроса, для групповой сети.

Выбираем радиально-магистральную схему питания осветительной установки (рис. 3.2).



## Определение расчётных осветительных нагрузок

Расчётная мощность питающей сети:

$$P_{\text{рпит}} = P_{\text{л}} N_{\text{л}} K_{\text{с}} K_{\text{пра}} = 250 \cdot 88 \cdot 1 \cdot 1,0875 = 23,83 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{доп}} = \frac{M_{\text{доп}}}{l} = \frac{4000}{64} = 62,5 \text{ кВт}$$

Расчётная мощность всей групповой сети:

$$P_{\text{р.гр}} = P_{\text{л}} N_{\text{гр}} K_{\text{с}} K_{\text{пра}} = 250 \cdot 11 \cdot 1 \cdot 1,0875 = 2,96 \text{ кВт}$$

## Выбор типа и сечения проводников

1. По допустимым потерям напряжения из табл. 17, стр. 84 [1] выбираем:

$$\Delta U_{\text{тр.н}} = 4\% , \text{ так как } S_{\text{ТР}} = 400 \text{ кВ}\cdot\text{А}, \cos \varphi = 0,7.$$

Тогда с учетом коэффициента загрузки трансформатора:

$$\Delta U_{\text{тр}} = \beta \Delta U_{\text{тр.н}} = 0,6 \cdot 4,3 = 2,58 \%$$

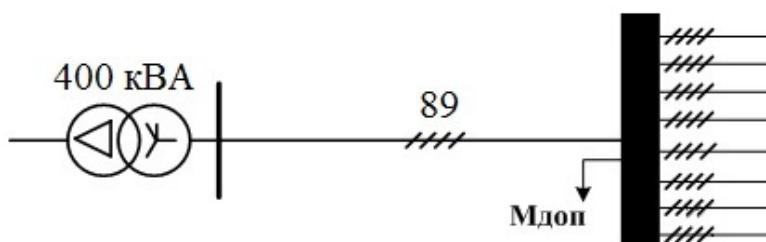
Допустимая потеря напряжения:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{max}} - \Delta U_{\text{min}} - \Delta U_{\text{тр}} = 105 - 95 - 2,58 = 7,42\%$$

В качестве материала жил проводников выбираем алюминий.

Расчет осветительной сети проводим как для сети с симметричной загрузкой фаз, так как:

1. Светильники подключены по схеме А-В-С-А-В-С-....
2. Количество подключенных светильников 11 шт.



### Рисунок 3.2 Схема осветительной сети

Определим моменты нагрузки на всех участках.

$$\begin{aligned}M_1 &= 89 \cdot (23,83 + 62,5) = 7683,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\M_2 = M_9 &= 2,96 \cdot ((8,9 - 2) + 3 + 64/2) = 124 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\M_3 = M_8 &= 2,96 \cdot ((8,9 - 2) + 9 + 64/2) = 141,8 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\M_4 = M_7 &= 2,96 \cdot ((8,9 - 2) + 15 + 64/2) = 159,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\M_5 = M_6 &= 2,96 \cdot ((8,9 - 2) + 21 + 64/2) = 177,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}, \\&\sum_{i=2}^9 M_i = 602,6 \text{ кВт} \cdot \text{м}\end{aligned}$$

Определяем сечение кабеля питающей сети:

$$q_{1\text{расч}} = \frac{M_1 + M_{\text{доп}} + \sum M_{2-9}}{C \Delta U_{\text{доп}}} = \frac{7683,4 + 4000 + 602,6}{44 \cdot 7,42} = 37,63 \text{ мм}^2;$$

где  $C$  — коэффициент из табл. 18, стр. 85 [1], для трехфазной сети с нулем.

Принимаем стандартное сечение  $q_{\text{СТ}} = 50 \text{ мм}^2$ .

Согласно табл. 9.7. [2], выбираем провод марки АПВ.

Определяем рабочий ток кабеля питающей сети:

$$I_{\text{р.пит}} = \frac{P_{\text{р.пит}}}{\sqrt{3} U_{\text{л}} \cos \varphi} = \frac{23830 + 62500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 146 \text{ А}.$$

Допустимый длительный ток для кабелей марки АПВ сечением  $50 \text{ мм}^2$  равен  $I_{\text{доп}} = 110 \text{ А}$  по табл. 1.3.7 [3]. Следовательно, по длительно допустимому току нагрузки провод АПВ сечением  $50 \text{ мм}^2$  не проходит. Необходимо увеличить сечение провода до  $95 \text{ мм}^2$  с  $I_{\text{доп}} = 170 \text{ А}$

Находим фактические потери напряжения на этом же участке:

$$\Delta U_{\phi 1} = \frac{M_1}{C q_1} k_p = \frac{7683,4}{44 \cdot 95} \cdot 1,09 = 2\%$$

где  $k_p = 1,09$  — коэффициент увеличения потерь напряжения за счет наличия реактивной составляющей мощности, определенный по табл. 9.13. [2].

Так как кабель проходит по допустимым потерям, то выбираем кабель сечения 95 мм<sup>2</sup>.

Потери напряжения в групповой сети:

$$\Delta U_{\Gamma} = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\Phi} = 7,42 - 2 = 5,42\%$$

Определим сечение групповой сети по наибольшему моменту:

$$q_{2\text{расч}} = \frac{M_5}{C\Delta U_{\Gamma}} = \frac{177,3}{44 \cdot 5,42} = 0,7 \text{ мм}^2;$$

Принимаем стандартное сечение  $q_{\text{СТ}} = 2 \text{ мм}^2$ .

Определяем рабочий ток кабеля питающей сети:

$$I_{\text{р.пит}} = \frac{P_{\text{ргр}}}{\sqrt{3}U_{\text{л}} \cos \varphi} = \frac{2960}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,5} = 9 \text{ А.}$$

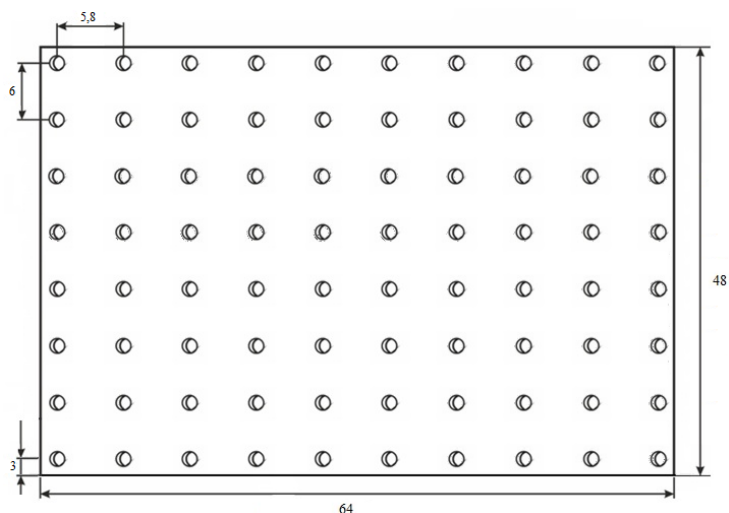
Допустимый длительный ток для проводов марки АПВ сечением 2 мм<sup>2</sup> равен  $I_{\text{доп}} = 16 \text{ А}$  по табл. 1.3.7 [3].

По длительно допустимому току нагрузки провод АПВ сечением 2 мм<sup>2</sup> проходит.

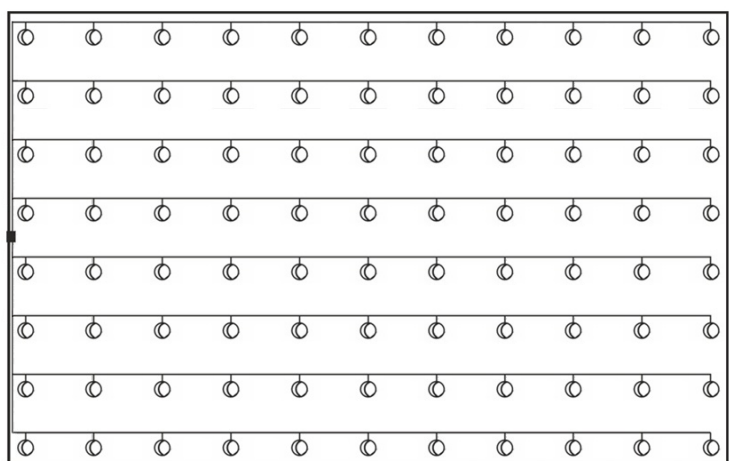
Находим фактические потери напряжения на этом же участке:

$$\Delta U_{\Phi} = \frac{M_5}{Cq_2} k_p = \frac{177,3}{44 \cdot 2} \cdot 1,015 = 2,04\%.$$

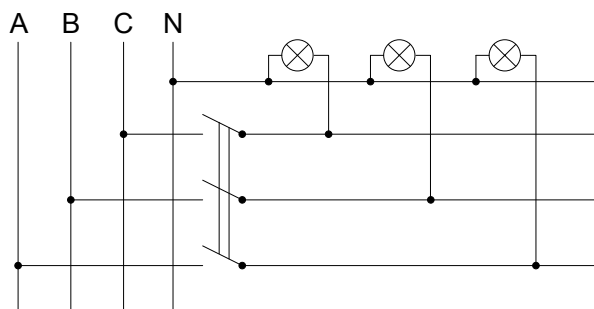
По потерям напряжения выбранная сеть проходит, по механической прочности наименьшее сечение проводов с алюминиевыми жилами должно быть 2 мм<sup>2</sup> по табл. 9.15 [2]. Выбранные провода АПВ 4×95 мм<sup>2</sup> и 4×2 мм<sup>2</sup> по механической прочности проходят.



**Рисунок 5.1. Расположение светильников в помещении**



**Рисунок 5.2. Схема питания осветительной установки**



**Рисунок 5.3. Схема групповой сети трехфазная**

### Список литературы:

1. Вязигин В.Л. Электрическое освещение. Методические рекомендации к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов. Омск, 2007. — 123 с.
2. Справочная книга по светотехнике: Справ. / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1995. — 528 с.

## СЕКЦИЯ 8. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

### О ЕДИНООБРАЗНОМ ФОРМИРОВАНИИ АНСАМБЛЕЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ КОЛЕБАНИЙ — КОМПОЗИТНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

*Зуев Максим Юрьевич*

*студент 5 курса, кафедра радиоэлектронных и телекоммуникационных систем КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, РФ, г. Казань  
E-mail: [zuevmax127@mail.ru](mailto:zuevmax127@mail.ru)*

*Чабдаров Шамиль Мидхатович*

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, РФ, г. Казань*

Многokратно и многовариантно обоснованный тезис о необходимости увеличения широкополосности сигналов(ШПС) для повышения качества решения традиционных и вновь возникающих задач радиосистемотехники вообще и телекоммуникационных систем в особенности, актуализирует решение проблем формирования ШПС [1; 5].

При всем разнообразии реализованных и описываемых в литературе методов, средств и ограничений в области ШПС основной схемой формирования широкополосных сигналов остается генерация синусоидальных несущих колебаний с последующими операциями кодирования, манипуляции и(или) модуляции от одного до всех трех атрибутивных параметров — амплитуды, частоты и фазы с целью получения оптимальных или достижимых в реальных условиях показателей широкополосности.

В настоящей работе обсуждается использование в подобных задачах широкополосных сигналов, формально описываемое с помощью наиболее широко представляющих эти сигналы неоднократных суперпозиций математических формул — сложными формулами. При этом синтезируемое колебание, предназначенное быть использованным в качестве радиосигнала,

по определению должно быть периодическим, что предопределяет свойство периодичности во времени итоговой сложной функции времени, а значит и свойства периодичности промежуточных аргументов, включая первичные исходные.

Не без оснований предполагая будущую востребованность ансамблей разнообразных параметрически различающихся радиосигналов, в настоящей работе обсуждаются принципы двух возможных подходов к синтезу семейств многопараметрических периодических широкополосных и (или) сверхширокополосных колебаний.

Один из них концептуально связан с переходом от традиционных круговых тригонометрических функций к определению тригонометрических функций на основе эллипса [2]. Второй подход [3; 4] связан с использованием многопараметрических сложных функций, аргументами которых являются традиционные тригонометрические функции.

Принцип перехода от традиционных круговых тригонометрических функций к определению тригонометрических функций на основе эллипса можно представить следующей формулой:

$$Sel(t) = A \cdot \frac{\sin(\omega t + \varphi_0)}{\sqrt{1 - (1 - l^2) \cos^2[(\omega t + \varphi_0) + \psi]}}, \quad (1)$$

Это является радиофизической интерпретацией математических свойств впервые предложенного Ч.И. Мастюковым пятипараметрического обобщения гармонической функции, построенного путем специфической суперпозицией двух трехпараметрических гармонических функций с добавлением к традиционным для гармонических колебаний в радиотехнике амплитуды  $A$ , угловой частоты  $\omega$  и начальной фазы  $\varphi_0$  и еще двух параметров, от которых зависит форма сигнала — параметра формы  $l$  и фазы всплеска  $\psi$ .

Другой подход основан на непосредственном использовании многопараметрических сложных функций, аргументами которых являются традиционные тригонометрические функции.

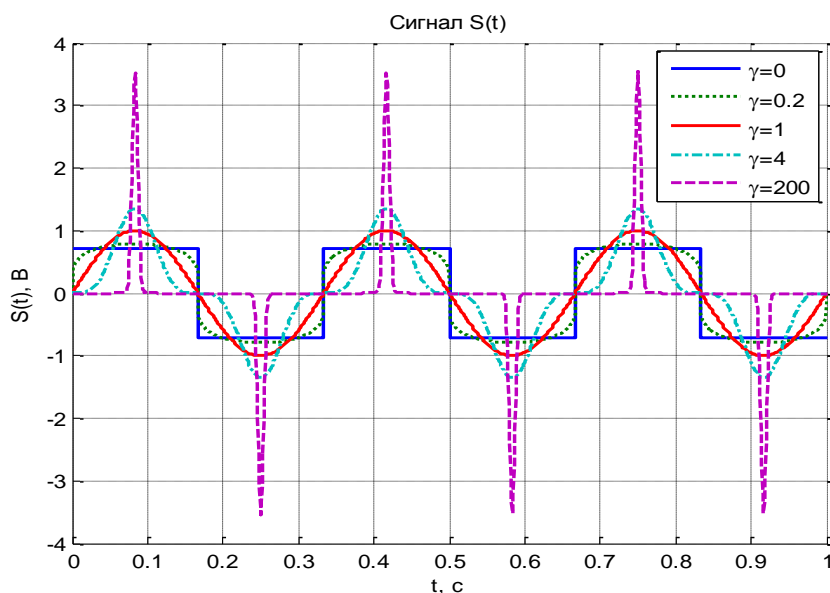
Из выражений (1) и (2) следует, что фактически оба описанных способа формирования ШПС сводятся к использованию разнообразных композиций из тригонометрических функций, поэтому получаемые ШПС можно назвать композитными радиосигналами.

Простейший вариант комбинаций тригонометрических функций можно представить в следующем виде:

$$S(t) = \frac{\sin(\omega t + \varphi)}{|\sin(\omega t + \varphi)|} \cdot U_0 |\sin(\omega t + \varphi)|^\gamma, \quad (2)$$

где  $\gamma$  — параметр, изменяя который можно менять эффективную ширину полосы частот.

В выражении (2), а также и в (3), первый сомножитель определяет знакопеременную последовательность импульсов, которая в дальнейшем будет обеспечивать симметричность широкополосных осцилляций относительно оси времени. Второй сомножитель определяет форму самого композитного сигнала.



**Рисунок 1. Разнообразие форм сигнала  $S(t)$**

На Рис. 1. представлены пять вариантов функций времени различающихся значениями параметра  $\gamma$ , которые в качестве радиосигналов имеют различную эффективную ширину полосы частот при одинаковой энергии. Особенности

спектров таких колебаний состоят в том, что удаление показателя степени  $\gamma$  от единицы увеличивает эффективную ширину полосы частот. Говоря об амплитудно-частотных спектрах сигналов, следует отметить, что в спектрах колебаний, приведенных на Рис. 1 отсутствуют четные гармоники.

В настоящей работе предлагается использовать конструкции, состоящие из приведенной выше формулы (2). В конкретном случае рассматривается конструкция, состоящая из двух функций с различными параметрами  $A, \omega, \varphi, \gamma$ .

Рассмотрим конструкцию, которая выглядит следующим образом:

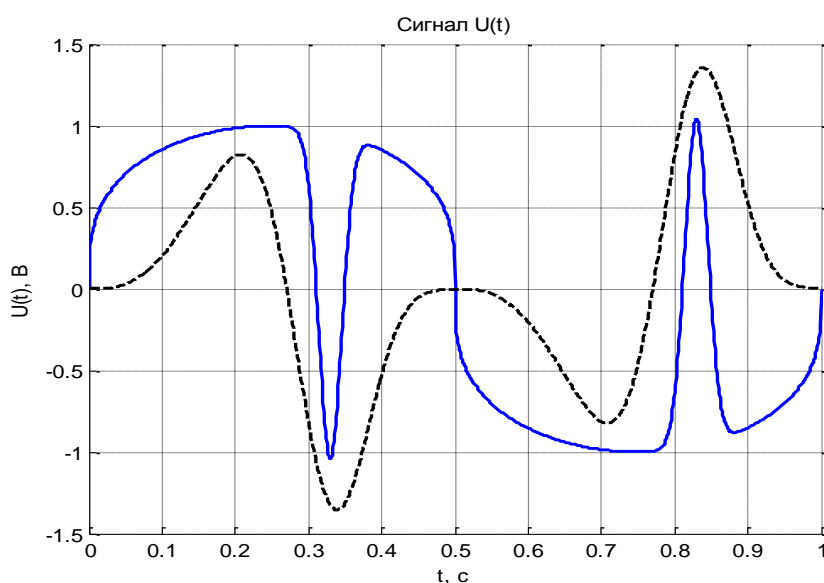
$$U(t) = \frac{S_1(t) + S_2(t)}{|S_1(t) + S_2(t)|} |(S_1(t) + S_2(t))|^\lambda, \quad (3)$$

где  $\lambda$  — общая степень конструкции.

В дальнейшем функцию  $U(t)$  можно записать следующим образом:

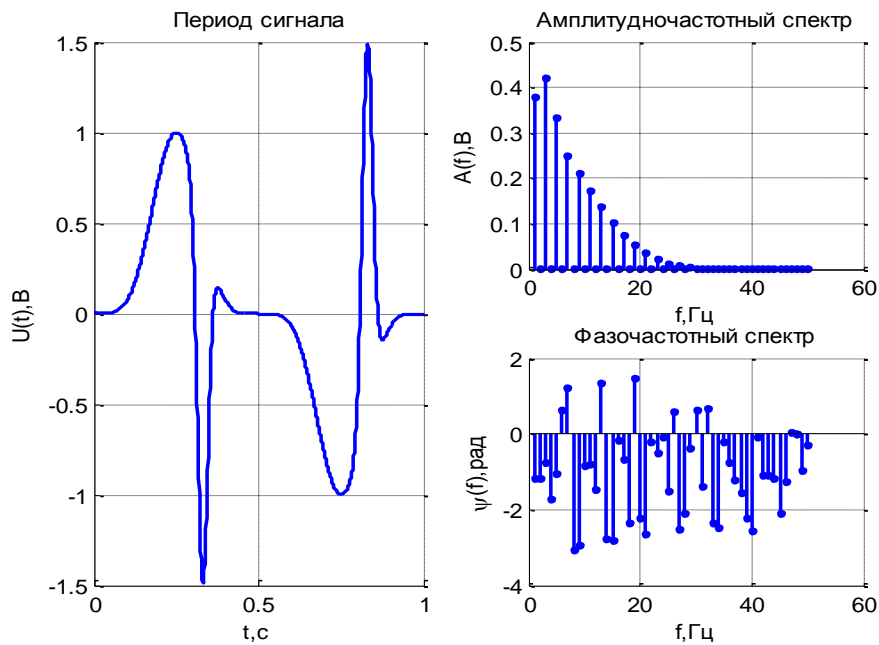
$$U(t) = F(t, A_1, \varphi_1, \gamma_1, A_2, \varphi_2, \gamma_2, \lambda), \quad (4)$$

Рассмотрим формы, амплитудно- и фазо- частотные спектры композитных сигналов, полученных по формуле (3) с фиксированными параметрами амплитуды, частоты и фазы гармонических колебаний.

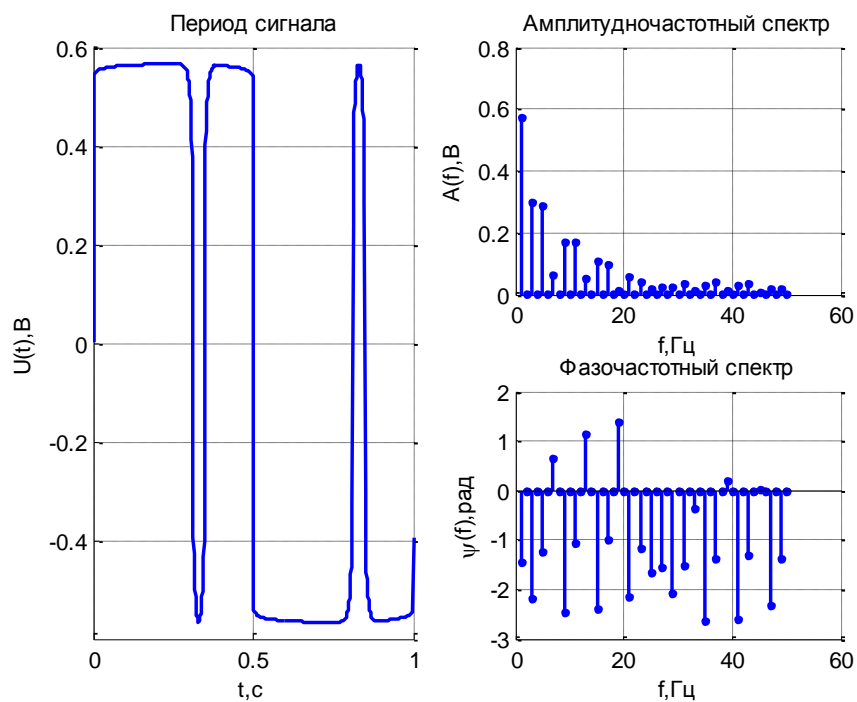


**Рисунок 2. Период композитного сигнала  $U(t)$  два графика при различных параметрах показателей степени  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$**





**Рисунок 3. Период сигнала  $U(t)$ , а также амплитудно- и фазо- частотные спектры сигнала  $U(t)$**



**Рисунок 4. Возможная форма периода и частотные характеристики сигнала  $U(t)$**

На Рис. 2 приведены графики периода ШПС, полученного из формулы (3) с параметрами  $A_1 = 1, \varphi_1 = 0, \gamma_1 = 0.3, A_2 = 2, \varphi_2 = \pi - 0.5, \gamma_2 = 100, \lambda = 1$  (сплошная линия),

а также для случая  $A_1 = 1, \varphi_1 = 0, \gamma_1 = 3, A_2 = 2, \varphi_2 = \pi - 0.5, \gamma_2 = 10, \lambda = 1$  (пунктирная линия).

На Рис. 3  $A_1 = 1, \varphi_1 = 0, \gamma_1 = 5, A_2 = 2, \varphi_2 = \pi - 0.5, \gamma_2 = 100, \lambda = 1$ . при этих параметрах получаем эффективную ширину спектра на уровне 95 % энергии  $\Delta f_{\varepsilon_{\phi\phi}} = 13 \text{ Гц}$ , полная энергия сигнала при этом  $\varepsilon_0 = 0.3044 \text{ Вм}$

На Рис. 4  $A_1 = 1, \varphi_1 = 0, \gamma_1 = 0.05, A_2 = 2, \varphi_2 = \pi - 0.5, \gamma_2 = 100, \lambda = 0.2$ . при этих параметрах получаем эффективную ширину спектра на уровне 95 % энергии  $\Delta f_{\varepsilon_{\phi\phi}} = 17 \text{ Гц}$ , полная энергия сигнала при этом  $\varepsilon_0 = 0.3041 \text{ Вм}$

Такого вида колебания можно получать с помощью формирования векторов сигналов и их генерация по средствам цифровых микросхем. Вторым способом является использование нелинейностей характеристик активных элементов.

### Список литературы:

1. Белов Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений М.: Издательский центр «Академия», 2005 — 224 с.
2. Гараев Р.И., Зайдуллин А.А., Нуруллин Э.Э. Разнообразие форм и радиофизические свойства пятипараметрического обобщения гармонического колебания // Материалы Международного конгресса «Проблемы и перспективы развития наукоемкого машиностроения», Казань, 19—21 ноября 2013 г. Т. 2. — С. 36—37.
3. Зуев М.Ю. Радиофизические характеристики широкополосных сигналов, полученных функциональным преобразованием синусоидальных колебаний // Материалы XIX Всероссийской научно технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании». Рязань 2014 г. — С. 80—81.
4. Зуев М.Ю., Чабдаров Ш.М. Синтез ансамблей широкополосных сигналов в формате сложных функций от периодических аргументов // Материалы XV международной научно-технической конференции «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций». Казань, 18—21 ноября 2014 г. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, — Т. 1. — 2014 — С. 88—90.
5. Лазаренко О.В., Черногор Л.Ф. Сверхширокополосные сигналы и физические процессы. 1. Основные понятия, модели и методы описания // Радиофизика и радиоастрономия. — 2008. — Т. 13, — № 2 — С. 166—194.

## **СЕКЦИЯ 9. ТЕХНОЛОГИИ**

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**

*Власов Дмитрий*

*Латышов Владислав*

*студенты 3 курса кафедры ЕНОТД филиала ТюмГНГУ в г. Новый Уренгой,  
РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой*

*Латышев Виктор Александрович*

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент кафедры ЕНОТД  
филиала ТюмГНГУ в г. Новый Уренгой,  
РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой  
E-mail: [viklat@yandex.ru](mailto:viklat@yandex.ru)*

#### **Введение.**

В настоящее время во всех продвинутых странах мира набирает силу четвертая «индустриальная» революция. Считается, что первые три промышленные революции произошли в результате механизации, электрификации и компьютеризации производства. Сейчас внедрение в производственную и другие сферы деятельности человека цифровых и информационно-коммутационных технологий (в частности, «интернета вещей и услуг»), применения новых материалов и робототехники, открывает эру четвертой промышленной революции. Техническое перевооружение предприятий различных форм собственности в этих условиях невозможно без использования систем водоснабжения. Под системой водоснабжения понимается совокупность мероприятий по обеспечению водой населения, промышленности, транспорта, сельского хозяйства и населения [1]. Вне зависимости от типа системы водоснабжения (централизованная и децентрализованная) необходимо обеспечить водой одну или несколько точек водоразбора путем организации водопровода, представляющего собой комплекс инженерных сооружений, с помощью которого проводятся забор воды из источника. Для управления

главной функцией насосной станции — подачей воды — предназначены различные технические средства автоматизации, от которых зависят эффективность и надежность эксплуатации станции. В связи с этим одним из наиболее ответственных этапов проектирования насосной станции является выбор типов и технических характеристик средств автоматизации с учетом параметров и особенностей объекта управления и удобства эксплуатации.

**Цель работы:** Обоснование выбора технических средств автоматизации для управления насосной станцией

**Задачи:** 1) Ознакомиться с основным энергетическим оборудованием.  
2) Определить состав входных и выходных параметров объекта управления;  
3) Определить параметры первичных преобразователей информации;

Насосная станция размещена в машинном зале и включает следующее оборудование:

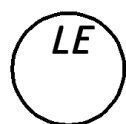
- резервуар для промышленной воды;
- три насоса, выкачивающие воду из резервуара для промышленной воды;
- дренажный приямок;
- два насоса, предназначенные для выкачивания воды из приямка в аварийном режиме;
- один насос, необходимый для постоянного выкачивания воды из приямка.

В процессе наладки, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта механического и другого оборудования насосной станции необходимо контролировать и измерять:

- температуру воды в напорном коллекторе разных типов насосов;
- температуру в подшипниках насосов;
- давление воды в патрубках насосов;
- уровень воды в резервуаре промышленной воды;
- уровень воды в дренажном приямке;
- уровень воды в машинном зале (в случае аварии).

Рассмотрим подробнее выбор первичных преобразователей для каждого компонента объекта управления — насосной станции.

В резервуар промышленной воды через сливной патрубок постоянно подается вода, поэтому для устранения перелива необходимо излишки воды постоянно откачивать. Насосы начинают откачивать воду при достижении уровня  $L = 3,3 \text{ м}$  от дна резервуара. Выключаются насосы при достижении минимального уровня  $L = 1,24 \text{ м}$  или в случае затопления машинного зала. Поэтому в резервуар промышленной воды необходимо установить уровнемер (рис. 1.а) и сигнализатор уровня (рис. 1.б), который выдает сигнал в случае достижения аварийного уровня воды ( $L = 3,6 \text{ м}$ ).



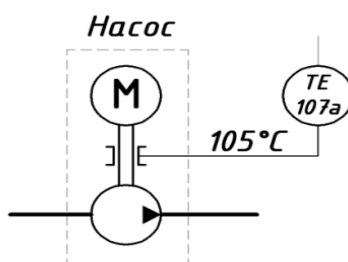
а)



б)

**Рисунок 1. а) Уровнемер; б) Сигнализатор уровня**

Насосные агрегаты станции оснащены встроенными датчиками, измеряющими температуру в подшипниках. Максимально допустимое значение составляет  $T = 105^\circ\text{C}$ . [1]. На рис. 2 показаны схематичные изображения насоса и встроенного датчика температуры.



**Рисунок 2. Насос со встроенным датчиком температуры**

В качестве запорной арматуры насосной станции используются задвижки и обратные клапаны. Опыт эксплуатации насосных станций показывает целесообразность их установки на трубопроводах рядом с насосами. Изображение обратного клапана и задвижки приведено на рис. 3.



Дренажный резервуар предназначен для сбора случайных стоков. Вода из этого резервуара выкачивается при помощи насосов, которые также включаются в зависимости от уровня воды в этом резервуаре. Методики выборов датчиков уровня дренажного резервуара и резервуара промышленной воды аналогичны.

Конструктивно машинный зал выполнен в виде резервуара — помещения, в котором установлено электромеханическое оборудование. Затопление этого помещения, в случае аварии, может привести к несчастным случаям и травмам персонала насосной станции. Поэтому в машинном зале также необходимо контролировать уровень воды. Для этого устанавливаются два сигнализатора уровня:  $L = 0,48$  м и  $L = 0,7$  м.

Датчики давления предназначены для контроля давления воды в трубопроводах. В соответствии с техническим заданием предусмотрены контроль и измерение давления:

- в трубопроводах, расположенных в насосной станции;
- в напорных патрубках каждого из насосов;
- в напорном коллекторе насосов.

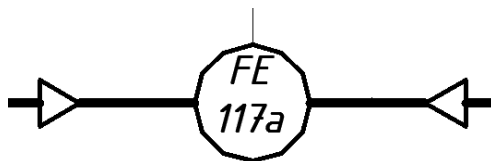
При этом необходимо использовать датчики для контроля по месту (на конкретном оборудовании) и датчики для автоматического и (или) дистанционного управления — датчики с электрическим выходом. Изображение применяемых датчиков показано на рис. 4.



**Рисунок 4. а) Показывающий датчик; б) Датчик давления с электрическим выходом**

Система автоматизации насосной станции обеспечивает также контроль и регистрацию значения расхода воды. Место установки первичного

преобразователя — расходомера — напорный трубопровод. Изображение расходомера показано на рис. 5.



*Рисунок 5. Расходомер*

Одним из основных условий нормальной эксплуатации насосной станции является температура воды в блоке водоподготовки. Температура воды измеряется в напорном трубопроводе. Устройство индикации температуры воды должно располагаться вблизи от места измерения для удобства работы оператора, а также текущие показания температуры должны дублироваться на панели дистанционного управления диспетчера. Поэтому, как и в случае с датчиками давления, принимаем к использованию два типа первичных преобразователей: показывающий (рис. 6.а) и с электрическим выходом (рис. 6б).



*Рисунок 6. а) Показывающий датчик температуры; б) Датчик температуры с электрическим выходом*

Заключительным этапом выбора технических средств автоматизации является вычерчивание функциональной схемы автоматизации насосной станции и оформление технической документации в соответствии с требованиями стандартов и ГОСТ [2; 3].

### **Список литературы:**

1. Будов В.М. Судовые насосы. Справочник. М.: Судостроение, 2004. — 342 с.
2. ГОСТ 2.701-91 [СТ СЭВ 2182-91]. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. М.: Изд-во стандартов, 2008. — 213 с.
3. Ящура А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: ЭНАС, 2008. — 504 с.

# МОНТАЖ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ НЕФТИ

*Дегтярев Роман Михайлович*

*Истомин Андрей Александрович*

*Карболин Иван Алексеевич*

*студенты 2 курса кафедры ЕНОТД филиала ТюмГНГУ в г. Новый Уренгой,  
РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой*

*Латышев Виктор Александрович*

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент кафедры ЕНОТД  
филиала ТюмГНГУ в г. Новый Уренгой,  
РФ, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Новый Уренгой  
E-mail: [viklat@yandex.ru](mailto:viklat@yandex.ru)*

## **Введение.**

Важнейшим условием нормального функционирования систем автоматического управления сбором, хранения, подготовки и транспорта углеводородного сырья является получение информации, правильно отображающей состояние объекта управления. В работе рассматриваются вопросы монтажа первичного и вторичного преобразователей для измерения уровня нефти. Нефть имеет свои оригинальные физические величины, поэтому при подборе средств измерений не могут применяться обычные методы. Для нефти характерны такие свойства как: 1) плотность; 2) молекулярная масса (вес); 3) вязкость; 4) температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения; 5) температуры застывания, помутнения и начала кристаллизации; 6) электрические или диэлектрические свойства; 7) оптические свойства; 8) растворимость и растворяющая способность.

**Цель работы:** Анализ особенностей монтажа технических средств измерения в нефтепромысловых емкостях — резервуарах.

- Задачи:** 1). Ознакомиться с основным оборудованием объекта измерения;
- 2). Выбрать тип и способ монтажа первичного преобразователя;
- 3). Выбрать тип и способ монтажа вторичного преобразователя.

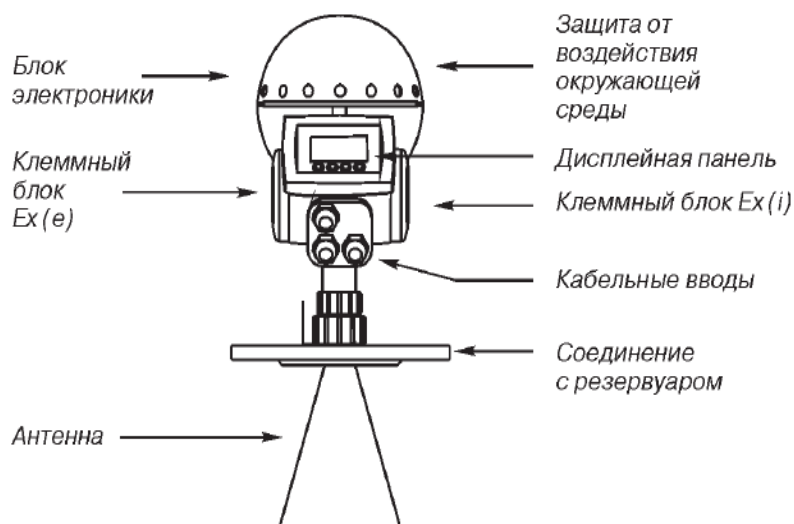


Основная часть.

Физические характеристики нефти, перечисленные выше, делают неэффективным использование приборов измерения по отдельности и приводят к необходимости установки комбинации приборов в защитных корпусах и чехлах, а также применение дистанционных устройств измерения для определения уровня нефти в резервуарах. Объединение в одну систему измерения нескольких методов, типов и конструкций устройств приводит к возникновению различного рода помех, которые можно устранить только путем установки специальных технических средств измерения и использованием систематических измерений [2, с. 25]. С учетом рассмотренных выше особенностей измерения уровня принимаем к использованию радарный уровнемер фирмы Rosemount, который устанавливают в резервуары для оценки количества нефти [3, с. 28]. В виде первичного преобразователя он использует антенну, изображенную на рис. 1. При монтаже радарного уровнемера следует принимать во внимание следующие факторы:

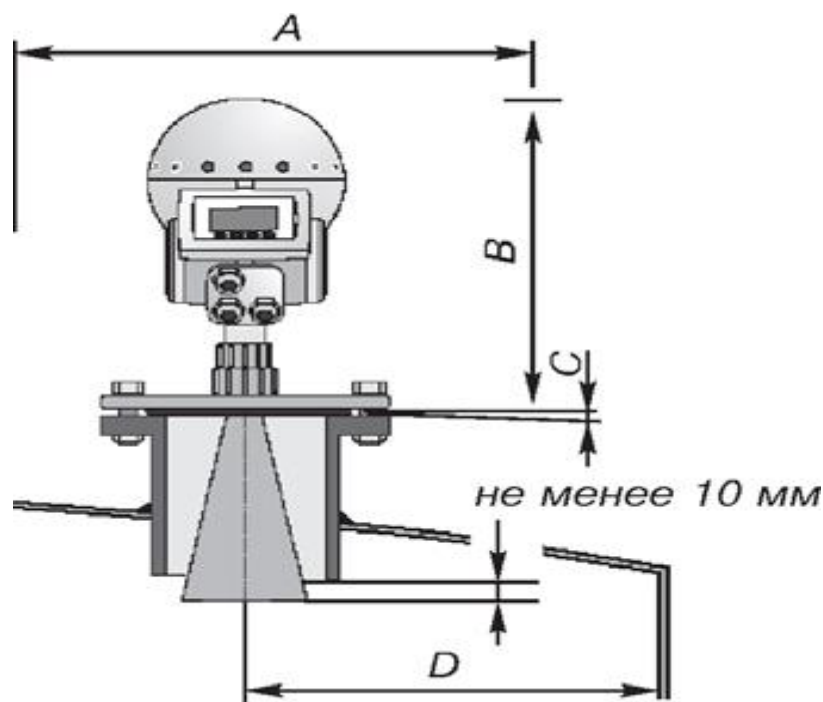
- необходимо избегать каких-либо препятствий в зоне распространения радарного луча;
- устанавливать уровнемер нужно как можно дальше от впускных патрубков для налива продукта;
- для уменьшения влияния турбулентности на процесс измерений применять успокоительные или байпасные устройства;
- для получения наиболее сильного отраженного эхо — сигнала использовать антенну как можно большего диаметра;
- располагать край антенны ниже края патрубка.

Для более эффективной работы уровнемера и обеспечения максимально точных измерений антенна должна выступать из патрубка не менее чем на 10 мм (см. рис. 2), в противном случае необходимо использовать удлиненную коническую антенну. Уровнемер крепится сверху резервуара.



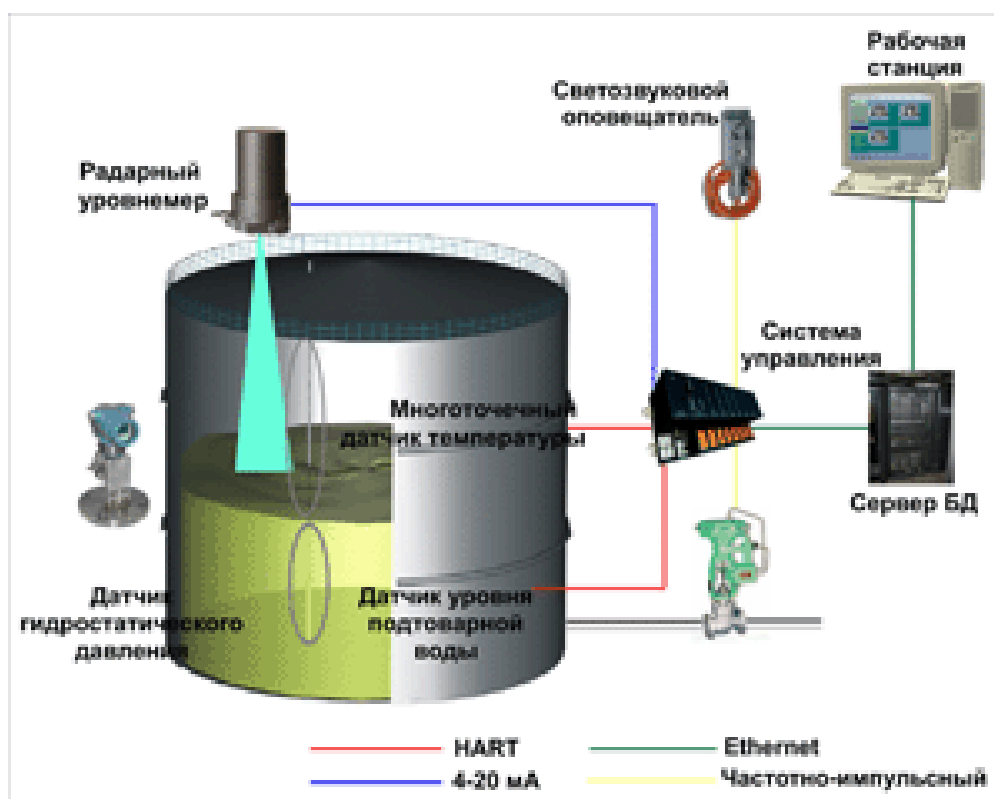
**Рисунок 1. Конструкция уровнемера Rosemount серии 5600**

Место монтажа уровнемера должно удовлетворять требованиям свободного распространения микроволнового излучения и обеспечивать доступ к уровнемеру в случае проведения обслуживания [3, с. 40].



**Рисунок 2. Установка уровнемера**

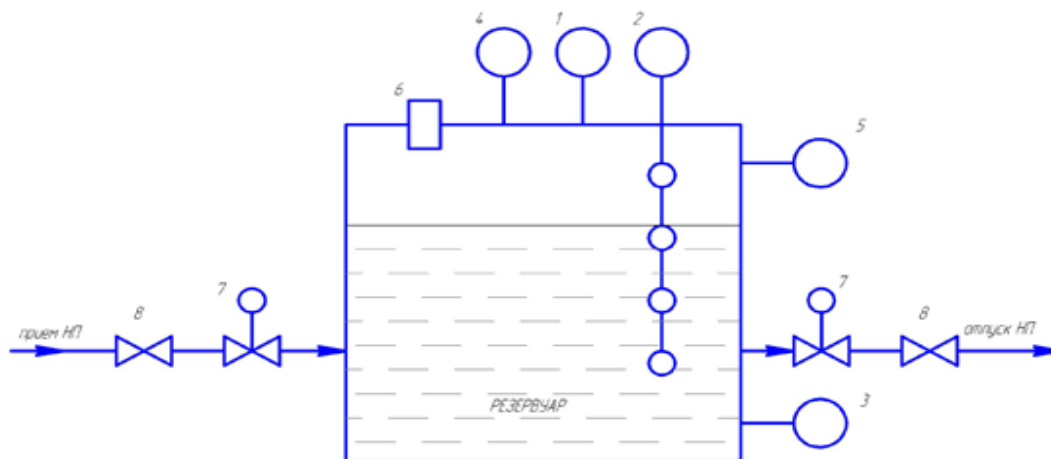
На рис. 3 представлена схема установки радарного уровнемера в резервуары для хранения нефтепродуктов. Для защиты и контроля используют дополнительные многоточечные датчики температуры, работа и измерение которых передаются на сервер и на монитор оператора.



**Рисунок 3. Схема установки радарного уровнемера**

В нашем случае первичным преобразователем уровня является радарный уровнемер. Радарный луч проникает через пену, изолирующие прокладки и не подвержен влиянию паров нефтепродуктов. Радарный уровнемер не контактирует непосредственно с измеряемой средой, а значит, нечувствителен к изменению характеристик среды, он обладает высокой точностью измерения и нуждается в минимальном техническом обслуживании. В качестве недостатка можно отметить их относительно высокую стоимость, а также неспособность измерять уровень подтоварной воды. В качестве альтернативы возможно измерение уровня нефтепродуктов при помощи волноводных радарных уровнемеров. Излучаемый сигнал при этом распространяется по специальному волноводу (гибкий или жесткий металлический стержень). Такой уровнемер обладает практически всеми достоинствами радиолокационных уровнемеров, хотя и требует больших затрат при монтаже и демонтаже на резервуаре. Отдельным достоинством можно отметить способность одновременного измерения кроме уровня нефтепродуктов также и уровня подтоварной воды.

Многоточечный датчик температуры имеет несколько сенсоров (рис. 4), распределенных по всей глубине резервуара, что позволяет с большей точностью контролировать неоднородность температуры нефтепродуктов, а также рассчитать среднюю температуру нефтепродуктов в резервуаре.



**Рисунок 4. Мостовая схема системы контроля уровня: 1 — радарный уровнемер; 2 — многоточечный датчик температуры; 3 — датчик гидростатического давления или плотномер; 4 — датчик избыточного давления паров нефтепродуктов; 5 — сигнализатор максимально допустимого уровня; 6 — предохранительный воздушный клапан; 7 — автоматический отсечной клапан; 8 — ручной отсечной клапан**

Датчик гидростатического давления (плотномер) позволяет рассчитать (измерить) плотность нефтепродуктов в резервуаре. Данные по температуре и плотности нефтепродуктов необходимы для расчета объема и/или массы нефтепродуктов. Так как резервуары изолированы от атмосферы, необходимо измерять давление паров нефтепродуктов, с этой целью в верхнюю часть резервуара устанавливается датчик избыточного давления.

Сигнализатор максимально допустимого уровня предназначен для независимого от основного уровнемера измерения уровня, при достижении которого создается угроза нарушения герметичности резервуара или поломки оборудования. Показания сигнализатора отображаются в АСУТП, а защитные функции по предотвращению перелива реализуются через ПАЗ. Предлагается использовать сигнализаторы емкостного типа. Среда при достижении сенсора изменяет его емкость, происходит выдача сигнала в контроллер.

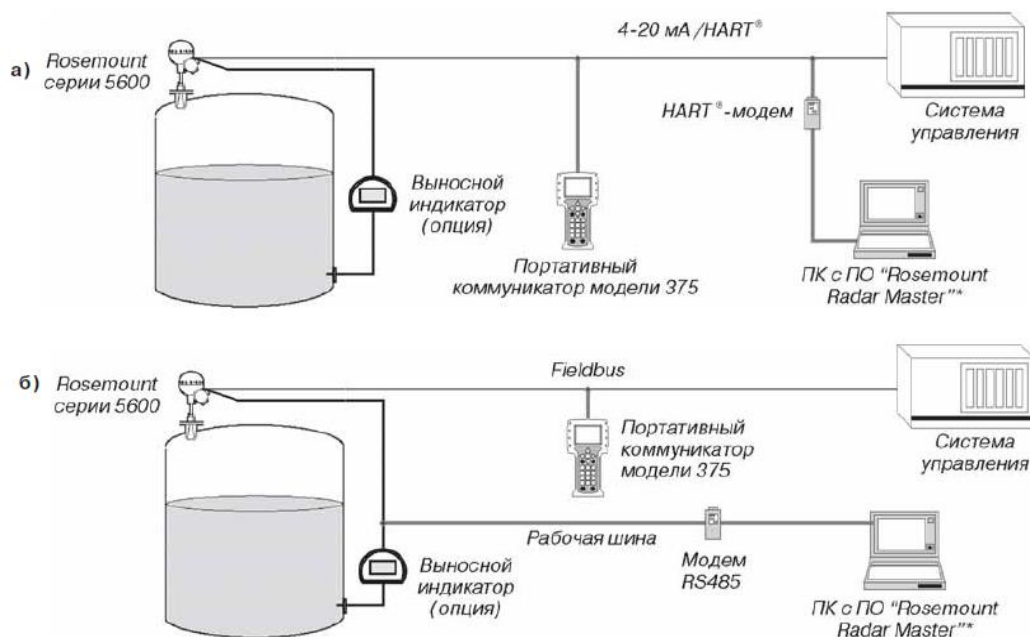
Вторичным преобразователем является устройство переводящее сигнал в электронную форму и выводящий значение. На устройстве Rosemount 5600 имеется дисплейная панель (рис. 5), имеющая три модификации:

- устанавливается непосредственно на уровнемере;
- устанавливается на удалении (расстояние до 100 м);
- устанавливается на удалении с дополнительной температурной картой внутри панели. Такая карта позволяет подключить к уровнемеру до 6 датчиков температуры.



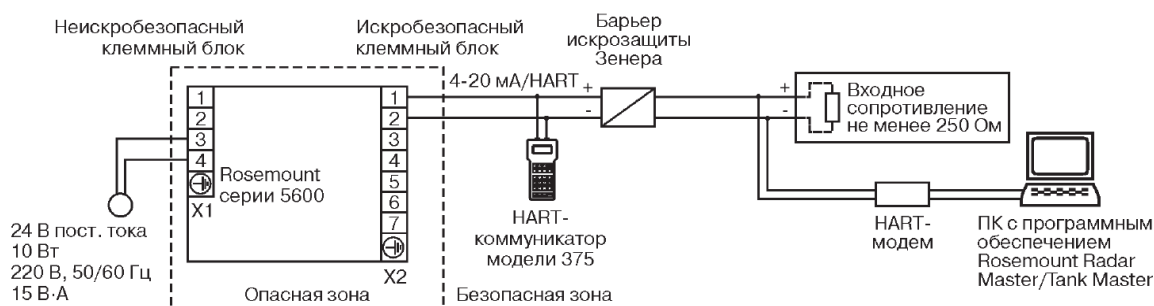
*Рисунок 5. Дисплейная панель 2210*

При помощи четырех клавиш обеспечивается доступ к выполнению конфигурирования, сервисных функций и мониторинга уровня. Также дисплейная панель может использоваться для отображения результатов измерений в резервуаре, осуществления перехода из одного меню в другое и выбора различных функций настройки и конфигурирования [3, с. 77]. В функции вторичного преобразователя также входит передача значений на ПК и систему управления. В данном устройстве он может передавать информацию по унифицированному цифровому сигналу типа HART (рис. 6а) или по протоколу шины Fieldbus (рис. 6б).



**Рисунок 6. Интеграция данных с протоколами HART и Fieldbus**

Более подробная схема по подключению активного искробезопасного выхода по системе HART приведена на рис. 7. Активная схема подразумевает, что датчик имеет свой источник питания без дополнительных контуров. Пассивная должна иметь свой внешний контур питания, который устанавливается после искрозащиты.



**Рисунок 7. Схема подключения активная, искробезопасная с выходом HART**

В заключение необходимо отметить, что монтаж технических средств измерения должен осуществляться по функциональной схеме автоматизации и технической документации на объект в соответствии с требованиями стандартов и ГОСТ [1, с. 124].

### **Список литературы:**

1. ГОСТ 2.701-91 [СТ СЭВ 2182-91]. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах. М.: Изд-во стандартов, 2008. — 213 с.
2. Исакович Р.Я., Логинов В.И., Попадько В.Е. Автоматизация технологических процессов в нефтяной и газовой промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1996. — 376 с.
3. SIMATIC Industrial Automation Systems. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.automation.siemens.com/mcms/automation/en/Pages/Default.aspx> (дата обращения 12.12.2014).

## СЕКЦИЯ 10. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*Попелло Егор Сергеевич*

*студент 3 курса, архитектурно-строительный факультет ОГУ,  
РФ, г. Оренбург  
E-mail: [mouse-ka001@mail.ru](mailto:mouse-ka001@mail.ru)*

*Татарина Мария Витальевна*

*студент 3 курса, факультет информационных технологий ОГУ,  
РФ, г. Оренбург*

Разработка альтернативных источников энергии, сегодня это основная проблема человечества и фотопреобразователи — одна из наиболее перспективных альтернатив. Автономные фотоэлектрические системы являются независимыми источниками энергоснабжения на основе альтернативной энергии. Электроснабжение с использованием экологически чистой энергии Солнца направлено, прежде всего, на энергосбережение имеющихся природных энергетических ресурсов. Данная проблема, проблема энергосбережения, актуальна на данный момент. Именно это и обусловило выбор темы исследования.

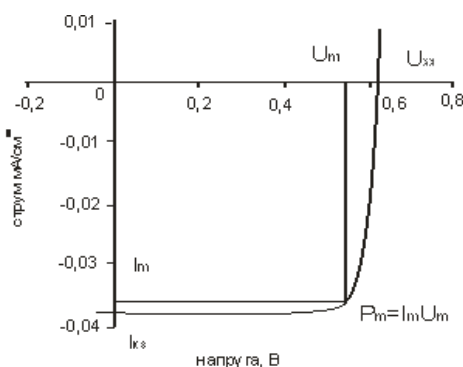
Преобразование солнечной энергии базируется на внутреннем фотоэффекте. Суть эффекта заключается в том что под влиянием солнечной энергии происходит перераспределение электронов по энергетическим состояниям в полупроводниках и диэлектриках. Эффект проявляется в изменении концентрации носителей тока и приводит к появлению вентильного фотоэффекта. В результате чего происходит увеличение электрической проводимости.

В качестве материала для фотопреобразователей используется монокремниевая пластина, КПД для такого типа кремния составляет ~ 15—16 %. Такой тип элементов идеально подходит для устройства по соотношению



цена/качество. Принцип работы солнечного элемента с p-n переходом заключается в том что фото-сгенерированные в p-области электроны вытягиваются электрическим полем в n-область, и, наоборот, фото-сгенерированные в n-области дырки вытягиваются электрическим полем в p-область. На омических контактах возникает разность потенциалов, которая называется напряжением холостого хода  $U_{xx}$ . Если замкнуть контакты, то через солнечный элемент потечет ток короткого замыкания  $I_{кз}$ . Для того, чтобы элемент отдавал энергию во внешнюю цепь, к его контактам присоединяют нагрузку, которая имеет электрическое сопротивление  $R_n$ . То есть солнечный элемент выполняет роль помпы, которая перекачивает электроны в направлении n-область-внешняя нагрузка-p-область [1, с. 143].

Поскольку вольтамперная характеристика такого прибора проходит через четвертый квадрант, то это значит, что прибор является источником тока.



**Рисунок 1. Вольтамперная характеристика солнечного элемента на основе p-n перехода**

Следует отметить, что в отличие от химических источников света полупроводниковые солнечные элементы не портятся при электрическом замыкании контактов. При соответствующем выборе сопротивления нагрузки энергия, вырабатываемая солнечным элементом, может достигать 80 % от произведения  $U_{xx} * I_{кз}$ . На рисунке 1 показаны также значения  $U_m$  и  $I_m$  значение тока и напряжения, для которых реализуется максимальная выходная мощность  $P_m = U_m * I_m$ . Коэффициент полезного действия КПД солнечного элемента определяется как отношение максимальной выходной

мощности  $P_m$  к мощности падающего солнечного света  $P_0$ :  $KПД = P_m / P_0$ . Чем больше фотонов солнечного света поглощается солнечным элементом, тем больше будет у него ток  $I_{кз}$ . Это может быть достигнуто за счет использования полупроводников с меньшей шириной запрещенной зоны (тогда повышается количество фотонов в солнечном излучении, которые имеют энергию выше ширины запрещенной зоны полупроводника). С другой стороны, напряжение  $U_{хх}$  определяется высотой потенциального барьера в pn переходе и будет тем больше, чем больше ширина запрещенной зоны полупроводника. Поскольку для получения максимальной выходной мощности солнечного элемента нужно создать такой элемент, у которого будут наибольшими не величины  $U_{хх}$  или  $I_{кз}$  отдельно, а произведение  $P_m = U_p * I_p$ , и, учитывая распределение энергии в спектре солнечного излучения, можно подобрать наилучший полупроводниковый материал для создания эффективных солнечных элементов [3, с. 73].

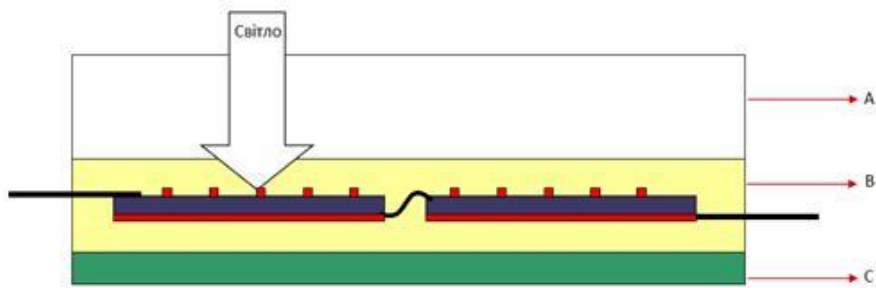
Экспериментальным путем было определено характеристики образца и рассчитано параметры.

**Таблица 1.**

**Параметры исследованного образца**

<b>Параметры</b>	<b>Значение</b>
$I_p$ (А) — Рабочий ток	4,409
$U_p$ (В) — Рабочее напряжение	0,493
$\eta$ (%) — Коэффициент полезного действия	13,901
FF (%) — Филфактор	70,764
$P$ (Вт) — Мощность	2,172
$I_{кз}$ (А) — Ток короткого замыкания	4,787
$U_{хх}$ (В) — Напряжение холостого хода	0,641
$J$ (mA/cm <sup>2</sup> ) — Плотность тока	30,6
$S$ (мм) — Размер образца	125 x 125

Структура фотоэлемента имеет слоистый вид



**Рисунок 2. Структура солнечной панели в разрезе: А) Стекло с низким уровнем железа. Б) EVA (этилен-винил-ацетат) пленка для герметизации. С) ТРТ (тедлар-полиэстер-тедлар) пленка для упрочнения конструкции**

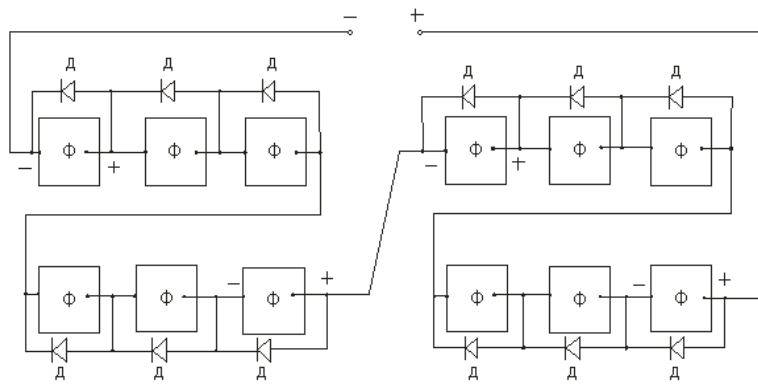
Для достижения минимальных потерь энергии необходимо подобрать максимально похожие фотоэлементы. Также соединить их так, чтобы получить максимально возможную мощность, при необходимых значениях тока и напряжения (Рис. 3) [3]. При наличии параметров элементов можно точно рассчитать сколько элементов, какой площади необходимо, а также способ соединения. Так как:

$$J = 31,53 \text{ mA/cm}^2 \gg 0,032 \text{ A/cm}^2 \quad (1)$$

Найдем площу пластинки необходимую для получения тока  $I = 0.55 \text{ A}$  (минимальный необходимый ток для зарядки);

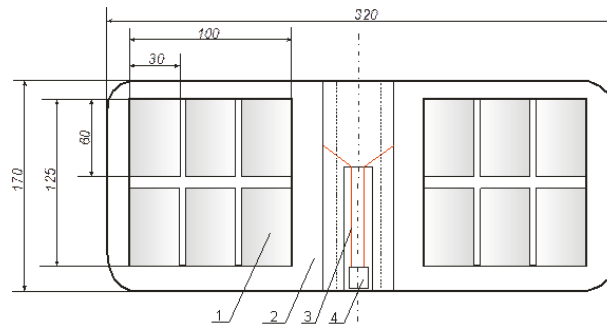
$$S_{\text{пл.}} = 0,55 / 0,032 = 17,185 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Среднее значение напряжения  $\sim 0,5 \text{ В}$ , так как элементы будут соединены последовательно, необходимо взять 12 пластин, при этом будет получена мощность  $P_s = 6 \times 0,55 = 3,5 \text{ Вт}$ , что является вполне достаточно для нормального процессу зарядки аккумуляторной батареи мобильного телефона [1].



**Рисунок 3. Электрическая схема устройства:  $\Phi$  — Фотопреобразователь,  $\Delta$  — Шунтирующий диод**

При таком размещении панелей, каждая из которых имеет размер (30 мм \* 60 мм). Реальная модель устройства будет иметь вид книжки.



**Рисунок 4. Реальная модель устройства**

На данном принципе уже реализованы некоторые устройства, такие как фотоэлектрическое зарядное устройство ФЗУ 5-5, с разъёмом USB.



**Рисунок 5. Фотоэлектрическое зарядное устройство ФЗУ 5-5, с разъёмом USB**

Складные фотозарядные устройства (солнечные батареи), применяемые для заряда, электропитания мобильных телефонов, GPS навигаторов, КПК и других электронных устройств с соответствующими характеристиками энергопотребления. Изготовлены ФЗУ из монокристаллического кремния с антибликовым покрытием, на тканевой основе, срок службы изделия производитель ставит не менее 20 лет. Номинал. напряжение 5,5 вольт. Ток макс. мощности не  $< 800$  мА, макс. мощность не  $< 5$  Вт.

Проблема энергосбережения с каждым годом становится всё более острой и злободневной, но наука также не стоит на месте.

Французская компания Wysips представила на выставке СТИА прозрачную фотоэлектрическую пленку, которая может быть наклеена на сенсорный экран смартфона, как впрочем, и на любой другой экран.



***Рисунок 6. Фотоэлектрическая пленка***

Пленка не искажает изображение, а также не уменьшает функциональные возможности тачскрина. При этом новинка обеспечивает устройству мощность 0,25 Вт. По мнению специалистов, участвующих в разработке, новинка способна зарядить смартфон за шесть часов. В будущем планируется сократить время на подзарядку устройств до получасового периода. Стоимость оснащения одного устройства составит в районе 1 долл.

Другую, не менее интересную интерпретацию зарядного устройства, представил французский дизайнер Вивьен Мюллер. Вивьен Мюллер

разработала фотоэлектрическое зарядное устройство PhotonSynthesis (Фотосинтез) для мобильных телефонов, фотоаппаратов и другой портативной электроники.



***Рисунок 7. Фотоэлектрическое зарядное устройство PhotonSynthesis***

Зарядное устройство представляет собой дерево с 57 листьями-солнечными панелями, с помощью которых аккумуляторы заряжаются солнечной энергией. Накопленная в течение солнечного дня энергия может быть использована в любое время суток. Заряжаемые устройства могут быть спрятаны под «почвой» электронного дерева, а все провода спрятаны в его стволе и ветвях [4].

Но поистине сенсацией в области использования солнечной энергии стала разработка американских инженеров. Проект подразумевает превращение дороги в интерактивную систему под названием Solar Roadways (Солнечные пути).

Суть проекта заключается в замене традиционного дорожного покрытия интерактивными панелями, в которые будут встроены солнечные батареи. Эти панели выступят в роли огромной солнечной электростанции, которая будет снабжать энергией и саму дорожную инфраструктуру, и придорожные заведения, строения, небольшие города. Дорожная разметка при этом становится интерактивной, благодаря чему на полотне выводятся любые изображения и информация [4].



*Рисунок 8. Интерактивная панель*

Реализация проекта предполагается следующим образом: после замены существующего дорожного полотна на солнечные батареи они накрываются сверхпрочным прозрачным материалом на основе стекла, который способен выдерживать постоянную транспортную нагрузку. С помощью подобной схемы, по мнению разработчиков, можно сделать ненужными ряд стандартных электростанций.

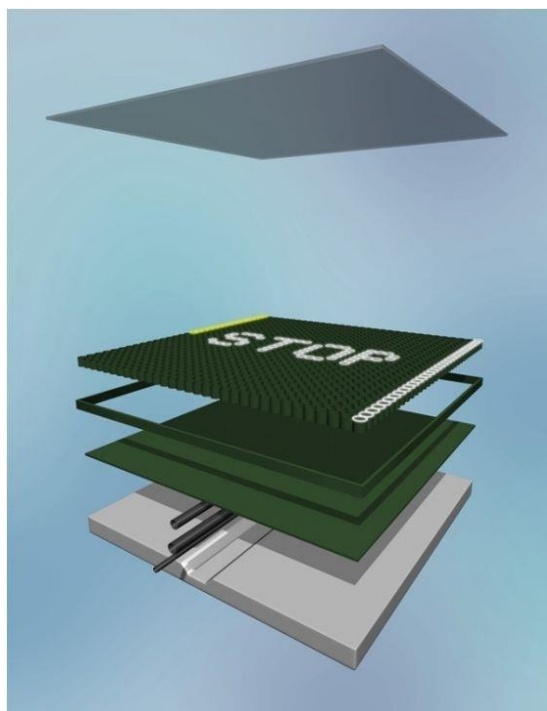
Такая дорога будет зимой самоочищаться от льда и снега благодаря легкому прогреву. В то же время дорожные знаки приобретут интерактивность и будут управляться от дороги, а разметка будет высвечиваться светодиодами, встроенными в полотно. Также предполагается, что от такого дорожного полотна будет возможна бесконтактная зарядка электромобилей [4].

Покрытие Solar Roadways включает три слоя:

1-й (внешний) — это сверхпрочное стекло, которое должно выдерживать массу даже тяжелых грузовиков, не прогибаться, чтобы не повредить солнечные панели;

2-й — электронный, который включает микропроцессоры, нагревательные элементы для защиты от снега, солнечные панели, подсветку;

3-й — коммуникационный, через который добытая дорогой электроэнергия будет поступать внешним потребителям.

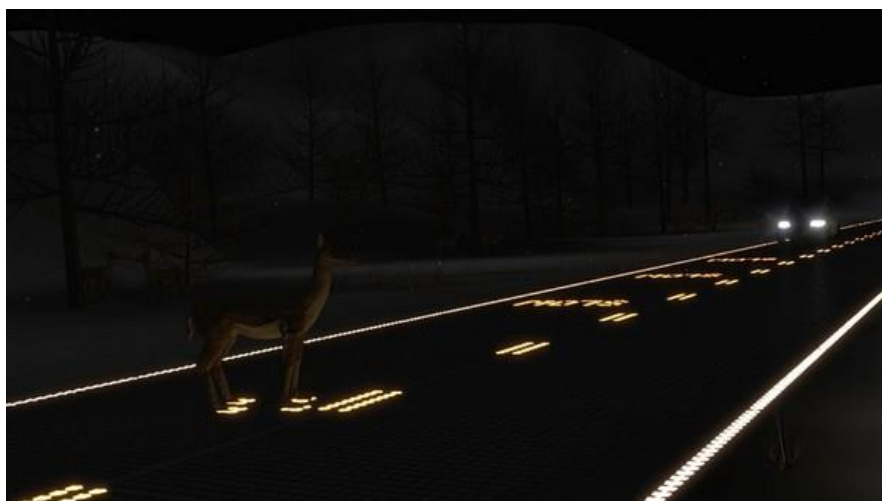


*Рисунок 9. Покрытие Solar Roadways*

Прототип панелей был тщательно протестирован, и смог выдержать воздействие даже самых тяжёлых грузовиков. При этом в производстве панелей можно использовать переработанное сырьё — прототипы на 10% состояли из переработанного стекла.

Также создатели предлагают устанавливать датчики давления, с помощью которых дорога сама сможет обнаружить, например, сломавшийся автомобиль, стоящий на полосе движения или перебегающее дорогу крупное животное. Соответствующее предупреждение будет выводиться прямо на дорогу, и все приближающиеся к опасному месту водители его увидят. Если человек наступит на панели в полной темноте — покрытие подсветит ему путь снизу. Одновременно с этим примерно за двести метров от пешехода для автомобилистов появится предупреждение о переходящем дорогу человеке, и предложение сбросить скорость.





*Рисунок 10. Покрывие Solar Roadways*

В заключение, следует отметить, что современная фотоэлектрическая система производит экологически-чистую электроэнергию, не загрязняющую окружающую среду. Защита экологии и ее очищение от вредных выбросов углекислого газа, уменьшение парникового эффекта — это важные преимущества, которые дают фотоэлектрические модули. Эксплуатация солнечных установок не только позволяет пользоваться бесплатным электричеством, но и сокращает выбросы углекислого газа на тысячи тонн в год. Солнечная энергия на службе у человека — одно из современных решений проблемы безопасного энергообеспечения «зеленой энергией».

### **Список литературы:**

1. Васильев А.М. Полупроводниковые фотопреобразователи. /А.М. Васильев, А.П. Ландсман. М.: Советское радио, 1971. — 246 с.
2. Официальный сайт Solar Roadways — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.solarroadways.com/> (дата обращения 7.02.2015).
3. Фаренбрух А. Солнечные элементы: теория и эксперимент /Р. Бьюб, Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. М.: Энергоатомиздат, 1987. — 280 с.
4. Электрик Инфо — [Электронный Ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://electrik.info/main/news/614-alternativnye-istochniki-energii.html> (дата обращения 6.02.2015).

## СЕКЦИЯ 11. ЭНЕРГЕТИКА

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ПОДХОДЫ, ТЕНДЕНЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

**Краснова Юлия Сергеевна**

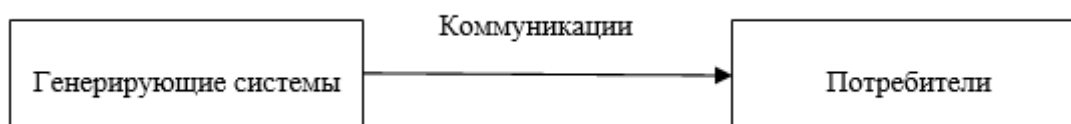
*студент 1 курса магистратуры, кафедра «Промышленной теплоэнергетики»  
НИУ МЭИ в г. Смоленске,  
РФ, г. Смоленск  
E-mail: [youlianaks@mail.ru](mailto:youlianaks@mail.ru)*

**Михайлов Владимир Александрович**

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент НИУ МЭИ в г. Смоленске,  
РФ, г. Смоленск*

Современные экономические условия требуют совершенствования существующих и возникновения новых научных подходов к решению задач повышения экономической эффективности теплофикационных систем в целом, а также их отдельных звеньев.

Говоря о повышении эффективности, ставится задача оптимизации. Задача экономической оптимизации состоит в оптимизации всей схемы теплоэнергетической системы и её отдельных элементов. Принципиальная схема теплоэнергетической системы представлена на рисунке (рисунок 1).



**Рисунок 1. Принципиальная схема теплоэнергетической системы**

Генерирующими системами являются ТЭЦ или атомные станции. Коммуникации — тепловые сети, разветвления которых достигают больших размеров. Потребители — это промышленные предприятия, районные города и поселки.

Рассмотрим подходы к решению задач повышения эффективности теплофикационных систем.

1. Повышению эффективности работы ТЭЦ, в первую очередь, способствует разумный выбор мощности как отдельных агрегатов, так и всей зоны теплофикации. Совершенствование компоновок и технологических схем, внедрение прогрессивных методов строительства, применение парогазовых технологий комбинированного производства электрической и тепловой энергии, поддержание оптимальных режимов работы оборудования приводит к росту экономичности показателей работы теплофикационных систем.

2. Безусловным фактором повышения эффективности является реконструкция действующих и строительство новых районных отопительных котельных и ТЭЦ (при выборе в качестве топлива природного газа), которые рекомендуется осуществлять только с применением высокоэффективных газотурбинных и парогазовых технологий. Не теряет актуальности задача совершенствования теплофикационных паровых турбин со ступенчатым подогревом сетевой воды и паровых турбин с переводом последних на теплофикационное производственное и отопительное противодавление с организацией ступенчатого подогрева сетевой воды.

3. Важным фактором роста эффективности является реконструкция устаревших конденсационных турбин в теплофикационные, а также переход турбоустановок на теплофикационное противодавление (ухудшенного вакуума).

4. Необходимо развивать идею применения малых ТЭЦ для коммунального и промышленного снабжения небольших городов. Мини- и малые ТЭЦ могут быть паротурбинными, газотурбинными и парогазовыми. Последние из выше перечисленных более экономичны, чем паротурбинные, так как и для малых ГТУ можно применять высокие начальные температуры газов.

При применении малых ПГУ-ТЭЦ важно обосновать условия, при которых в их составе могут быть противодавленческие паровые турбины (ППТ) как

более дешевые, но при этом требующие определенного сезонного минимума тепловых нагрузок.

Использование ППТ как на паротурбинных, так и на парогазовых ТЭЦ оставляет актуальными вопросы применения систем аккумулирования теплоты с помощью специальных аккумуляторов или на основе аккумулирующей способности тепловых сетей. Это будет способствовать возможности выравнивания суточных графиков промышленно-отопительных нагрузок и увеличению числа часов использования тепловой мощности ТЭЦ в течение года.

5. Говоря о совершенствовании теплофикации, нельзя не заострить внимания на проблеме прохождения минимумов электрической нагрузки энергосистемы и покрытия её пиков. Обычно ТЭЦ проектируются в базисной части графика электрических нагрузок и не имеют целого ряда необходимых маневренных и форсировочных свойств. Исследования перспективных режимов использования ТЭЦ в энергосистемах и выбор профиля их оборудования остаются актуальными. В современном мире, парогазовые и газотурбинные ТЭЦ отвечают требованиям маневренности в наибольшей степени. Однако при этом, учитывая преобладающее число паротурбинных ТЭЦ, нельзя не задумываться о выпуске современного оборудования, а также разработке прогрессивных технических и технологических решений, которые способны работать в пиковой и полупиковой частях графика электрической нагрузки с разгрузкой в выходные дни и ночное время до 30—50 %.

На существующих сегодня теплофикационных установках может использоваться и их естественная маневренность. Отметим, что такая маневренность не требует значительных затрат, чему может способствовать использование конденсационного потока пара и пара на производство. Также данный эффект можно получить, если использовать регенеративные сетевые подогреватели, однако обязательным условием является неизменный отпуск теплоты потребителям.

Вектор дальнейших исследований сосредоточен на создании специализированных базовоманевренных ТЭЦ, в части технологических схем, профиля, параметров и режимов работы основного оборудования (турбины, котлы), которые позволяют, если возникает такая необходимость, обеспечить любой диапазон их разгрузки по электрической мощности.

6. Немаловажно заострять внимание на промышленной теплофикации, которая обеспечивает покрытие 50 % парового теплопотребления. Для начала, следует унифицировать рабочую шкалу рабочих давлений технологических аппаратов, сведя их к минимуму. Нам сегодняшний день на технологические нужды отпускается пар с давлением от 3 до 40 бар, что существенным образом влияет на экономичность использования выпускаемой серии турбин, а в некоторых случаях вообще не позволяет выпускать пар из отборов. Отметим, что конструкция турбин должна быть такой, чтобы стало возможным допускать отбор небольших количеств пара нужного давления из верхних регенеративных отборов, либо организовать дополнительный нерегулируемый отбора. Важной задачей является совершенствование технологических аппаратов с целью уменьшения и исключения загрязнения и потери конденсата.

7. Актуальными остаются исследования по выбору оптимальных технических решений, схем и параметров систем теплоснабжения с атомными источниками, в том числе и при возможном использовании АЭС, если последняя используется в качестве источника дальнего теплоснабжения агломераций и городов.

8. Отметим, что без удешевления и совершенствования систем транспорта теплоты невозможно дальнейшее развитие теплофикации. Строительство новых тепловых сетей, а также замене изношенных должны осуществляться только с применением прогрессивных технологий и способов прокладки подземных тепловых сетей. Для предотвращения наружной коррозии трубопроводов теплосетей традиционной канальной прокладки также необходимы современные эффективные меры. Для улучшения дальнего транспорта теплоты (и паротурбинной КЭС, и АЭС) рекомендуется

осуществлять передачу тепловой энергии в химически связанном виде с использованием современных технологий.

9. Как известно, современные крупные системы теплоснабжения не обладают достаточной тепловой и гидравлической устойчивостью и не оснащены качественным и надежным автоматизированным управлением теплоснабжением. Поэтому возникают как недогрев, так и перегрев зданий. Это приводит к превышению температуры обратной сетевой воды (по сравнению с расчетной температурой) на 10—15 °С в некоторых системах. Это значительно снижает выработку электроэнергии на тепловом потреблении (на 3—4 кВт·ч на 1 Гкал отпускаемой от турбины теплоты при изменении температуры воды на 1 °С) и увеличивает расход сетевой воды и электроэнергии на её перекачку [1, с. 15].

10. Необходимо соблюдать проектный температурный график, а также ограничить отпуск теплоты от ТЭЦ для повышения эффективности теплофикации и топливосбережения в целом. Повсеместно наблюдается тенденция снижения температуры прямой сетевой воды по сравнению с расчетной при сохранении расчетной температуры воздуха в зданиях, которые отапливаются. Это объясняется соображениями экономии, однако вместо этого происходит пережог топлива в энергосистеме.

11. Одной из важнейших проблем современной теплофикации является обеспечение требуемой гидравлической плотности, чистоты теплоиспользующего оборудования, а соответственно, и качества сетевой воды. Отметим что подпитка теплосетей превышает нормативную во много раз. Причинами этого являются изношенность и неплотность теплосетей, а также неконтролируемый разбор сетевой воды. Также проблемой является загрязненное отопительное и теплообменное оборудование, которое не в состоянии из-за своих негативных характеристик обеспечить нужный теплосъем, а это, в свою очередь, увеличивает температуру и расход обратной сетевой воды. В западных странах в системах теплоснабжения отмечается высокая гидравлическая плотность, которая, является свидетельством высокой

надежности тепловых сетей, а механическая и химическая виды очистки и малая подпитка теплосетей способствуют повышению качества сетевой воды и поддержанию чистоты теплоиспользующего оборудования.

Для того, чтобы повысить эффективность работы, а также надежность теплоснабжения, применяют предизолированные трубы; где это возможно, переходят на независимую схему присоединения потребителей (температуру теплоносителя в первом контуре рассчитывают на уровне 160—170 °С); внедряют метод количественно-качественного регулирования отпуска теплоты от источников; применяют электрические регулируемые приводы на подкачивающих и сетевых насосах; внедряют автоматизированные системы управления гидравлическими и тепловыми режимами теплоснабжения и т. д.

12. Отметим, что для расширения и сохранения теплофикационных системы необходимо применение рыночной тарифной политики при установлении цен на энергоносители, в первую очередь, на тепловую энергию. Ситуация на сегодняшний день такая: тарифы на тепловую энергию, которая отпускается промышленными предприятиями от централизованных источников слишком высоки. В первую очередь, это происходит из-за наличия перекрестного субсидирования льготных потребителей. Все это приводит к тому, что руководство предприятия принимает решения о строительстве на предприятиях даже в тех зонах, которые уже охвачены централизованным теплоснабжением и теплофикацией, собственных и совершенно неэкономичных теплоисточников. Такая массовая тенденция влечет развал теплофикационных систем. Для недопущения убыточности и развала действующих на данный момент теплофикационных систем необходимо понять следующее: экономия топлива от комбинированной выработки тепловой и электрической энергии должна относиться не только на электрическую (физический метод учета), но и на оба вида энергии. Именно такой подход приводит к установлению тарифов, которые являются обоюдновыгодными как для потребителей, так и для производителей тепловой и электрической энергии.

Слишком высокие тарифы провоцируют массовое отключение и подключение потребителями в самостоятельном порядке собственных теплотребляющих установок к системам централизованного теплоснабжения в зависимости от погоды или времени суток. Это существенно снижает экономичность и надежность теплоснабжения. Такая проблема, которая появилась относительно недавно, также требует рассмотрения и решений, так как существующие системы теплоснабжения не приспособлены к таким режимам работы.

Недостатки и достоинства, которые были рассмотрены в данной статье, а также возможности и тенденции развития в области теплофикации и централизованного теплоснабжения указывают на то, что необходимо решить еще значительный ряд организационных, технических и экономических задач и проблем для того, чтобы не только обеспечить сохранность существующих теплофикационных позиций, но и добиться качественного и количественного роста, а также роста эффективности теплофикации в целом.

### **Список литературы:**

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. Новости теплоснабжения, 2008. — 448 с.



## СЕКЦИЯ 12.

### МАТЕМАТИКА

#### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МАР-ПОТОКА СОБЫТИЙ В УСЛОВИЯХ НЕПРОДЛЕВАЮЩЕГОСЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ

*Березин Дмитрий Владимирович*  
*магистрант 1 курса, кафедра исследования операций ТГУ,*  
*РФ, г. Томск*  
*E-mail: [berezin14@mail.ru](mailto:berezin14@mail.ru)*

*Нежелская Людмила Алексеевна*  
*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ТГУ,*  
*РФ, г. Томск*

#### **1. Введение**

С развитием техники возникли новые задачи, требующие решения. Например, обслуживание заявок, поступающих на телефонную станцию или билетную кассу. Как оказалось, подобные задачи возникают во многих направлениях исследований: технике, экономике, транспорте. Теория, изучающая задачи данного типа, называется теорией массового обслуживания.

Основные элементы и методы исследования теории массового обслуживания можно найти в книгах Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко [1].

В реальных ситуациях часто приходится сталкиваться с тем, что параметры входящих потоков и обслуживающих приборов неизвестны или частично известны, кроме того, могут изменяться со временем. При этом изменения обычно носят случайный характер, что приводит к рассмотрению дважды стохастических потоков событий. Двойная случайность заключается в следующем: во-первых, моменты наступления событий случайны, во-вторых, интенсивность потока есть случайный процесс. Более того, встречаются ситуации, когда не все моменты наступления событий наблюдаемы. Это может происходить по многим причинам. Одной из таких причин является период

ненаблюдаемости, порождаемый зарегистрированным событием, получивший название «мертвое время».

Потоки событий с интенсивностью, зависящей от времени можно разделить на два класса. К первому классу относятся потоки с интенсивностью, которая является непрерывным случайным процессом. Ко второму классу относятся потоки, у которых интенсивность есть кусочно-постоянный случайный процесс с конечным числом состояний. Такие потоки получили название МС-потоки (Markov chain). МС-потоки являются хорошей математической моделью телекоммуникационных сетей. Зачастую реальные информационные потоки аппроксимируются МС-потоками с числом состояний большим двух [2], но исследование дважды стохастических потоков с двумя состояниями также имеет большое значение. МС-потоки возможно представить в виде моделей МАР-потоков событий (Markovian Arrival Process) [3].

## 2. Постановка задачи

Рассмотрим поток событий с интенсивностью, представляющей собой ненаблюдаемый кусочно-постоянный случайный процесс  $\lambda(t)$  с двумя состояниями  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  ( $\lambda_1 > \lambda_2$ ).

Длительность пребывания процесса  $\lambda(t)$  в каждом состоянии есть случайная величина с функцией распределения  $F_i(t) = 1 - e^{-\lambda_i t}$ ,  $i = 1, 2$ .

Пусть в момент времени  $t$  имеет место первое состояние процесса  $\lambda(t)$ . В момент окончания состояния возможны 3 ситуации:

1) Процесс остается в первом состоянии и наступает событие потока. Вероятность этой ситуации  $P_1(\lambda_1/\lambda_1)$ .

2) Процесс переходит из первого состояния во второе и наступает событие потока. Вероятность этой ситуации  $P_1(\lambda_2/\lambda_1)$ .

3) Процесс переходит из первого состояния во второе и событие потока не наступает. Вероятность этой ситуации  $P_0(\lambda_2/\lambda_1)$ .

При этом  $P_1(\lambda_1/\lambda_1) + P_1(\lambda_2/\lambda_1) + P_0(\lambda_2/\lambda_1) = 1$ .

Аналогично для второго состояния процесса  $\lambda(t)$ .

Матрица инфинитезимальных характеристик примет блочный вид:

$$D = \left\| \begin{array}{cc|cc} -\lambda_1 & \lambda_1 P_0(\lambda_2/\lambda_1) & \lambda_1 P_1(\lambda_1/\lambda_1) & \lambda_1 P_1(\lambda_2/\lambda_1) \\ \lambda_2 P_0(\lambda_1/\lambda_2) & -\lambda_2 & \lambda_2 P_1(\lambda_1/\lambda_2) & \lambda_2 P_1(\lambda_2/\lambda_2) \end{array} \right\| = \|D_0 \mid D_1\|.$$

Элементами матрицы  $D_1$  являются интенсивности переходов процесса  $\lambda(t)$  из состояния в состояние с наступлением события. Недиагональным элементам матрицы  $D_0$  соответствуют интенсивности переходов из состояния в состояние без наступления события.

Описанный выше поток носит название МАР-потока событий [3].

Рассмотрим ситуацию, когда не все события являются наблюдаемыми. После каждого зарегистрированного события наступает время случайной длительности  $T_{dead}$ , в течение которого поток ненаблюдаем (мертвое время). Длительность мертвого времени есть случайная величина с функцией распределения  $F(t) = 1 - e^{-Tt}$ . События, наступившие в течение мертвого времени, теряются, не продлевая его длительность, т. е.  $T_{dead}$  — непродлевающееся мертвое время. Далее, новое зарегистрированное событие снова порождает период ненаблюдаемости случайной длительности.

На рисунке 1 приведен пример возникающей ситуации. Здесь  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  — значения состояний ненаблюдаемого процесса  $\lambda(t)$ ,  $t_1, t_2, \dots, t_n$  — моменты наступления событий в наблюдаемом потоке,  $T_i$  — длительность мертвого времени после  $i$ -го зарегистрированного события.



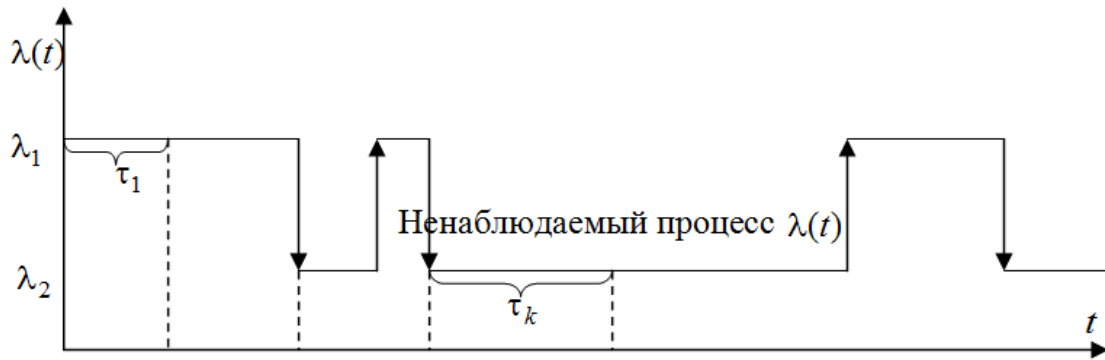
**Рисунок 1. Формирование наблюдаемого потока событий**

Задача заключается в построении имитационной модели МАР-потока событий в условиях непродлевающегося мертвого времени.

### 3. Имитационное моделирование

Задача построения имитационной модели сводится к задаче генерации значений  $\tau$  случайной величины — времени пребывания процесса  $\lambda(t)$  в  $i$ -м состоянии,  $i = 1, 2$ . Длительность пребывания процесса  $\lambda(t)$  в  $i$ -м состоянии имеет плотность распределения вероятностей  $p_i(\tau) = \lambda_i e^{-\lambda_i \tau}$  и функцию распределения  $F_i(\tau) = 1 - e^{-\lambda_i \tau}$ ,  $i = 1, 2$ . В соответствии с методом обратных функций [4] обозначим  $F_i(\tau) = \gamma$ . Тогда имеем  $\gamma = 1 - e^{-\lambda_i \tau}$ , откуда находим

$\tau = -\frac{1}{\lambda_i} \ln(1 - \gamma)$  — значение экспоненциально распределенной случайной величины — времени пребывания процесса  $\lambda(t)$  в  $i$ -м состоянии,  $i = 1, 2$ , а  $\gamma$  есть значение случайной величины  $\Gamma$ , равномерно распределенной на отрезке  $(0, 1)$  [4].



**Рисунок 2. Процесс  $\lambda(t)$**

Так как длительность мертвого времени также экспоненциально распределенная случайная величина, то для генерации ее значений, согласно методу обратных функций, будем иметь формулу  $T_{dead} = -\frac{1}{T} \ln(1-\gamma)$ .

#### 4. Результаты

Результаты работы модели приведены ниже. Для первого эксперимента были использованы исходные данные, приведенные в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Исходные данные для первого эксперимента**

$t = 10$	$\lambda_1 = 3$	$P_1(\lambda_1/\lambda_1) = 0.3$	$P_1(\lambda_2/\lambda_1) = 0.6$	$P_0(\lambda_2/\lambda_1) = 0.1$
$T = 2$	$\lambda_2 = 1$	$P_1(\lambda_2/\lambda_2) = 0.6$	$P_1(\lambda_1/\lambda_2) = 0.3$	$P_0(\lambda_1/\lambda_2) = 0.1$

Результаты первого эксперимента приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Результаты первого эксперимента**

	$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_9$	$t_{10}$	$t_{11}$	$t_{12}$	$t_{13}$	$t_{14}$
$t_{MAP}$	1.597	1.777	2.854	...	6.072	7.158	7.329	7.676	9.048	9.521
$\lambda$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_1$	...	$\lambda_2$	$\lambda_1$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_1$
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	...	$t_7$		$t_8$		$t_9$	$t_{10}$
$t$	1.597	1.777	2.854	...	6.072		7.329		9.048	9.521

$T_{dead}$	0.098	0.544	0.237	...	1.151		1.393		0.088	0.137
------------	-------	-------	-------	-----	-------	--	-------	--	-------	-------

Здесь  $t_{MAP}$  — моменты наступления событий MAP-потока,  $\lambda$  — состояние процесса  $\lambda(t)$ , в котором наступило событие MAP-потока (условимся, что сначала наступает событие, затем процесс  $\lambda(t)$  переходит из состояния в состояние),  $t$  — моменты наступления событий в наблюдаемом потоке,  $T_{dead}$  — длительность мертвого времени после зарегистрированного события

Для второго эксперимента уменьшим параметр  $T$ . Как известно, математическое ожидание экспоненциальной случайной величины с функцией распределения  $F_{\xi}(t) = 1 - e^{-\alpha t}$  равно  $M(\xi) = \frac{1}{\alpha}$ . Таким образом, уменьшая  $T$ , можем ожидать, что увеличится средняя длительность мертвого времени. Исходные данные для второго эксперимента приведены в таблице 3.

**Таблица 3.**

**Исходные данные для второго эксперимента**

$t = 10$	$\lambda_1 = 3$	$P_1(\lambda_1/\lambda_1) = 0.3$	$P_1(\lambda_2/\lambda_1) = 0.6$	$P_0(\lambda_2/\lambda_1) = 0.1$
$T = 0.2$	$\lambda_2 = 1$	$P_1(\lambda_2/\lambda_2) = 0.6$	$P_1(\lambda_1/\lambda_2) = 0.3$	$P_0(\lambda_1/\lambda_2) = 0.1$

Результаты второго эксперимента продемонстрированы в таблице 4.

**Таблица 4.**

**Результаты второго эксперимента**

	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	$t_9$	$t_{10}$
$t_{MAP}$	1.207	1.681	2.109	2.842	3.098	5.261	5.564	5.984	8.097	8.945
$\lambda$	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$	$\lambda_2$
	$t_1$			$t_2$		$t_3$		$t_4$		
$t$	1.207			2.842		5.261		5.984		
$T_{dead}$	0.930			2.253		0.666		6.045		

Как и ожидалось, во втором эксперименте событий наблюдаемого потока наступило значительно меньше, чем в МАР-потоке, и меньше по сравнению с первым экспериментом, т. к. был уменьшен параметр  $T$ .

## **5. Заключение**

В данной работе описан МАР-поток событий с двумя состояниями, получена основная формула для построения имитационной модели МАР-потока, приведены численные результаты экспериментов. Таким образом, сравнивая начальные данные и значения, приведенные в таблицах, можно сделать вывод об адекватности работы построенной модели.

## **Список литературы:**

1. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. М.: Наука, 1966. — Гл. 1 : Задачи теории массового обслуживания в простейших предпосылках. — С. 12—91.
2. Горцев А.М. Оптимальная оценка состояний асинхронного дважды стохастического потока событий с произвольным числом состояний / А.М. Горцев, В.Л. Зуевич Вестн. Томского гос. ун-та. Сер. Управление, выч. техника и информатика. — 2010. — № 2 (11). — С. 44—65.
3. Горцев А.М. Математическое моделирование: о связи МС-потоков и МАР-потоков событий / А.М. Горцев, Л.А. Нежелская. Вестн. Томского гос. ун-та. Сер. Управление, выч. техника и информатика. — 2011. — № 1. — С. 13—21.
4. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло / И.М. Соболев. М.: Наука, 1973. — 311 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ В КОДИРОВАНИИ И ДЕКОДИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИИ

*Васильева Марина Владимировна*

*студент 3 курса, факультет информатики  
СГАУ им. академика С.П. Королева,*

*РФ, г. Самара*

*E-mail: [vasmarishka1994@mail.ru](mailto:vasmarishka1994@mail.ru)*

*Додонова Наталья Леонидовна*

*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, доцент, кафедра прикладной  
математики СГАУ им. академика С.П. Королева,*

*РФ, г. Самара*

В последние годы особую важность приобрели те разделы математики, которые имеют отношение к развитию цифровых устройств, цифровой связи и цифровых вычислительных машин. Базой для преподавания этих дисциплин наряду с классическими методами анализа непрерывных физических моделей стали алгебраические, логические и комбинаторные методы исследования различных моделей дискретной математики.

Значительно возросла популярность теории графов — ветви дискретной математики.

Теория графов стала мощным средством исследования и решения многих задач, возникающих при решении больших, сложных систем.

Действительно, существует ряд систем, изучение которых становится значительно проще с использованием теории графов. Кроме того теория графов оказалась полезной при изучении задач, возникающих в некоторых областях наук, таких как, теории групп, теории матриц, теории информации.

В настоящее время, с развитием научно-технического прогресса, изучение теории графов обрело **актуальность** в связи с применением при разработке эффективных алгоритмов оптимизации тех или иных процессов.

В настоящее время теория графов охватывает большой материал и активно развивается.

**Цель работы:** с помощью теории графов закодировать и декодировать информацию.



**Задачи работы:** рассмотреть основные понятия из теории графов, изучить алгоритм Хаффмана для кодирования и декодирования информации, построить кодовое дерево.

### **Основные понятия из теории графов**

Граф — это средство для наглядного представления состава и структуры системы. Граф состоит из вершин, связанных дугами или ребрами. Вершины могут быть изображены кругами, овалами, точками, прямоугольниками и пр. Связи между вершинами изображаются линиями — ребрами. Если линия направленная (т.е. со стрелкой), то она называется дугой, если не направленная, то такой граф называется ориентированным графом. Две вершины, соединенные дугой или ребром, называются смежными.

Взвешенный (размеченный) граф — это граф, в котором с вершинами или линиями связана дополнительная информация. Эта информация называется весом вершины или линии. Вес позволяет отобразить на графе не только структуру системы, но и различные свойства компонент и связей, количественные характеристики и пр.

Семантическая сеть — модель знаний в форме графа. В основе таких моделей лежит идея о том, что любые знания можно представить в виде совокупности объектов (понятий) и связей (отношений) между ними.

Связным называется граф, в котором любые две вершины можно соединить непрерывным путем, сопоставленным из нескольких ребер графа.

Граф, не содержащий циклов, называется ациклическим.

Связный ациклический граф называется деревом (свободным деревом).

Основные свойства деревьев в виде теоремы:

Теорема. Для графа  $G$  следующие утверждения эквивалентны:

1.  $G$  — дерево;
2. Любые две вершины в графе  $G$  соединены единственной простой цепью;
3.  $G$  — связный граф и  $p=q+1$ ;
4.  $G$  — ациклический граф и  $p=q+1$ ;

5.  $G$  — ациклический граф, и если любую пару несмежных вершин соединить ребром  $x$ , то в графе  $G+x$  будет точно один цикл;

6.  $G$  — связный граф, отличный от  $K_p$  для  $p=3$ , и если любую пару несмежных вершин соединить ребром  $x$ , то в графе  $G+x$  будет точно один цикл;

7.  $G$  — граф, отличный от  $K_n$ ,  $p=q+1$ , и если любую пару несмежных вершин соединить ребром  $x$ , то в графе  $G+x$  будет точно один цикл.

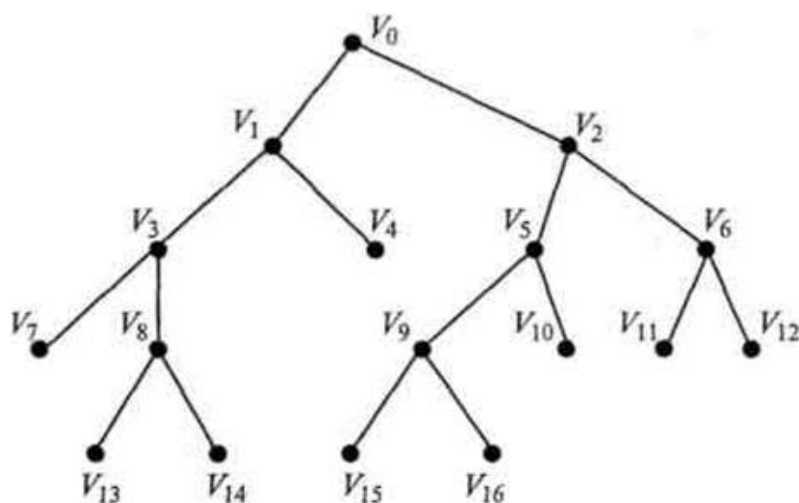
Любое из утверждений теоремы можно использовать в качестве определения дерева.

Дерево — граф, обладающий следующими свойствами:

- ни в один из углов не входит более одной дуги;
- только в один узел (он называется корнем) не входит ни одной дуги;
- перемещаясь от корня по дугам, можно попасть в любой узел.

**Неориентированное дерево** (или просто **дерево**) — это конечный связный граф с выделенной вершиной (**корнем**) без циклов. Дерево не имеет петель и кратных рёбер.

Дерево и названо деревом, поскольку, будучи нарисованным, выглядит как дерево, только перевёрнутое «вверх ногами». Граф, изображённый на рисунке 1, является примером дерева.



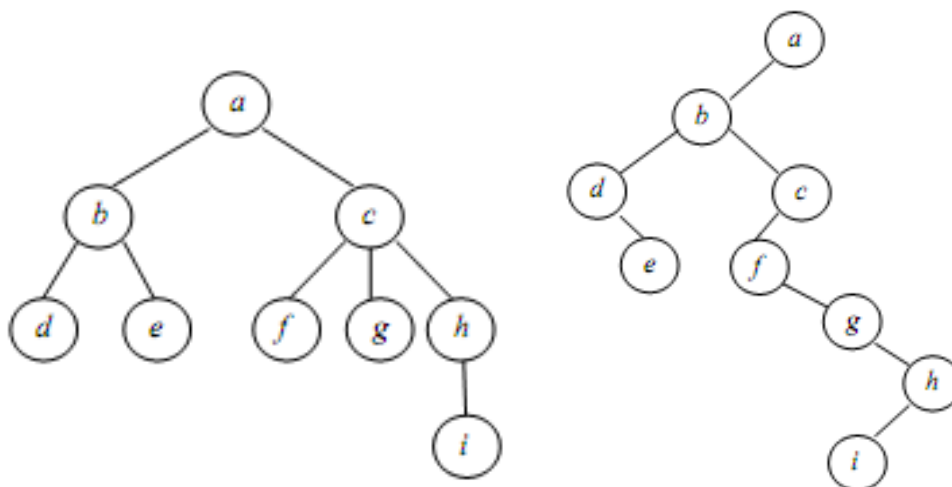
*Рисунок 1. Дерево*

Для каждой пары вершин дерева — **узлов** — существует единственный маршрут, поэтому вершины удобно классифицировать по степени удалённости от корневой вершины.

**Упорядоченным деревом** называется дерево, в котором поддеревья каждого узла образуют упорядоченное подмножество.

В информатике принято использовать подмножество множества деревьев, когда каждый узел либо является листом, либо образует два поддерева: левое и правое. Такой вид деревьев называется **бинарными деревьями** и используется при делении множества на два взаимоисключающих подмножества по какому-то признаку.

На рисунке 2 приведен пример упорядоченного дерева и соответствующего ему бинарного.



**Рисунок 2. Упорядоченное дерево и соответствующее ему бинарное**

Лист дерева — это узел, из которого не выходит ни одной дуги. Два листа, имеющие общий узел, называются родственными.

Двоичное дерево — дерево, у которого из каждого угла выходит только две дуги.

Н-дерево — двоичное дерево кодирования, у которого каждый узел имеет вес, причем вес родителя равен сумме весов детей.

## **Применение теории графов**

Графы широко используются в различных отраслях науки.

Двоичные кодовые деревья допускают интерпретацию в рамках теории поиска. Каждой вершине при этом сопоставляется вопрос, ответить на который можно либо «да», либо «нет». Утвердительному и отрицательному ответу соответствуют два ребра, выходящие из вершины. «Опрос» завершается, когда удастся установить то, что требовалось.

Двоичные деревья играют весьма важную роль в теории информации. Предположим, что определенное число сообщений требуется закодировать в виде конечных последовательностей различной длины, состоящих из нулей и единиц. Если вероятности кодовых слов заданы, то наилучшим считается код, в котором средняя длина слов минимальна по сравнению с прочими распределениями вероятности. Задачу о построении такого оптимального кода позволяет решить алгоритм Хаффмана.

### **Алгоритм Хаффмана**

Алгоритм Хаффмана — адаптивный алгоритм оптимального префиксного кодирования алфавита с минимальной избыточностью.

Этот алгоритм был разработан в 1952 году аспирантом Массачусетского технологического института Дэвидом Хаффманом при написании им курсовой работы. В настоящее время используется во многих программах сжатия данных.

Сжатие информации — проблема, имеющая достаточно давнюю историю, гораздо более давнюю, нежели история развития вычислительной техники, которая (история) обычно шла параллельно с историей развития проблемы кодирования и шифровки информации.

Все алгоритмы сжатия оперируют входным потоком информации, минимальной единицей которой является бит, а максимальной — несколько бит, байт или несколько байт.

Целью процесса сжатия, как правило, есть получение более компактного выходного потока информационных единиц из некоторого изначально некомпактного входного потока при помощи некоторого их преобразования.

Метод сжатия информации на основе двоичных кодирующих деревьев был предложен Д.А. Хаффманом. Кодирование Хаффмана является простым алгоритмом для построения кодов переменной длины, имеющих минимальную среднюю длину.

Кодирование — это преобразование сообщений в сигнал, т. е. преобразование сообщений в кодовые комбинации.

Идея алгоритма кодирования: зная вероятность вхождения символов (частоту встречаемости символа в сообщении), можно описать процедуру построения кодов переменной. Символу, имеющему большую вероятность, присваиваются более короткие коды.

Классический алгоритм Хаффмана имеет на входе таблицу частот появления символов и, зная ее основание, строится так называемое дерево Хаффмана.

Символы входного алфавита образуют список свободных узлов.

Каждый лист имеет вес, который равен либо вероятности, либо количеству вхождений символа в сжимаемое сообщение.

Обратным процессом кодирования является декодирование .

Пусть дана частота встречаемости каждого символа в сообщении или дано дерево Хаффмана и некоторая битовая последовательность, полученная с его помощью, как описано в предыдущем пункте. Для получения текста по этой последовательности следует многократно повторять траверс от корня к листьям, перемещаясь в левое поддерево, если встречен 0, и в правое поддерево, если 1. Каждый раз по достижению листа символ в нём следует добавлять в полученный текст и снова начинать процедуру от корня, продолжая просмотр последовательности с того же места.

Рассмотрю данный алгоритм Хаффмана на придуманных мною задачах.

Задача № 1. Закодировать по методу Хаффмана сообщение:

**Самарский государственный аэрокосмический университет**

Решение:

1. Посчитаю количество символов в данном сообщении  $Q = 53$

2. Найду частоты появления (вероятности) символов и занесу их в таблицу 1.

*Таблица 1.*

**Таблица частот появления символов**

С	а	м	р	с	к	и	й		г
$\frac{1}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{1}{53}$

о	у	д	т	в	е	н	ы	э	ч
$\frac{3}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$

3. Кодлируемые знаки расположу в порядке убывания их вероятностей ( $p_i$ )

4. На каждом шаге две последние позиции списка (жирным шрифтом) суммирую и заменяю одной (выделенной цветом), которой приписываю данный результат сложения. Далее вновь сортирую список вероятностей, при этом сохраняю информацию о том, какие именно символы объединялись на каждом этапе. Процесс продолжаю до тех пор, пока не останется единственная позиция, вероятность которой равна 1.

Таблица 2.

## Алгоритм Хаффмана

Знаки	P <sub>i</sub>	Вспомогательные столбцы							
		1	2	3	4	5	6	7	8
с	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$
и	$\frac{5}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$
а	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{6}{53}$
р	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{5}{53}$
е	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$
к	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$
й	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$
	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$
о	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$
т	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{4}{53}$
н	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$
м	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$
у	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	$\frac{3}{53}$	
в	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{3}{53}$		
с	$\frac{1}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$			
г	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$	$\frac{2}{53}$				
д	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{2}{53}$					
ы	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$						
э	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{53}$							
ч	$\frac{1}{53}$								

Вспомогательные столбцы										
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\frac{6}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{11}{53}$	$\frac{12}{53}$	$\frac{14}{53}$	$\frac{16}{53}$	$\frac{23}{53}$	$\frac{30}{53}$	1
$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{11}{53}$	$\frac{12}{53}$	$\frac{14}{53}$	$\frac{16}{53}$	$\frac{23}{53}$	
$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{11}{53}$	$\frac{12}{53}$	$\frac{14}{53}$		
$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{11}{53}$			
$\frac{5}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{8}{53}$	$\frac{8}{53}$				
$\frac{4}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$					
$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{5}{53}$	$\frac{6}{53}$	$\frac{6}{53}$						
$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{5}{53}$							
$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$								
$\frac{4}{53}$	$\frac{4}{53}$									
$\frac{4}{53}$										

5. Строю кодовое дерево. Корню дерева ставлю узел, вероятность которого равна 1. Затем каждому узлу приписываю два потомка с вероятностями, которые участвовали в образовании значения вероятности этого узла.

6. Данный процесс продолжаю до достижения узлов, соответствующих вероятностям исходных знаков.

Одной из ветвей, выходящей из каждого узла, например, с меньшей вероятностью, ставлю в соответствие символ 0, а с большей — 1. Спускаюсь от корня к нужному символу и, тем самым, получаю код этого символа.

Таким образом, получаю кодовое дерево (см. Приложение 1).

Составлю таблицу соответствия символов с полученным кодом Хаффмана:



Таблица 3.

Таблица соответствия символов с полученным кодом Хаффмана

Символ	Вероятность	Код Хаффмана	Символ	Вероятность	Код Хаффмана
с	$\frac{6}{53}$	100	н	$\frac{3}{53}$	0110
и	$\frac{5}{53}$	000	м	$\frac{2}{53}$	11101
а	$\frac{4}{53}$	1011	у	$\frac{2}{53}$	11100
р	$\frac{4}{53}$	1010	в	$\frac{2}{53}$	11111
е	$\frac{4}{53}$	1101	с	$\frac{1}{53}$	110001
к	$\frac{3}{53}$	0011	г	$\frac{1}{53}$	110000
й	$\frac{3}{53}$	0010	д	$\frac{1}{53}$	110011
	$\frac{3}{53}$	0101	ы	$\frac{1}{53}$	110010
о	$\frac{3}{53}$	0100	э	$\frac{1}{53}$	111101
т	$\frac{3}{53}$	0111	ч	$\frac{1}{53}$	111100

Чтобы убедиться в том, что исходное сообщение сжалось, сравню объемы данного сообщения, закодированного с помощью ASCII-кодов и закодированного с помощью алгоритма Хаффмана.

Рассчитаю объем сообщения после кодирования кодом Хаффмана: суммирую произведение частоты встречаемости символа и количества 0 и 1 соответствующее этому символу по коду Хаффмана.

$$I_1 = 6*3 + 5*3 + 4*4 + 4*4 + 4*4 + 3*4 + 3*4 + 3*4 + 3*4 + 3*4 + 3*4 + 2*5 + 2*5 + 2*5 + 1*6 + 1*6 + 1*6 + 1*6 + 1*6 + 1*6 = 18 + 15 + 48 + 72 + 30 + 36 = 219 \text{ бит}$$

Сообщение в памяти компьютера закодировано с помощью ASCII-кодов, каждый символ весит 8 бит. Значит, объем исходного сообщения найду по формуле:

$$I = K * i,$$

где:  $K$  — количество символов в сообщении,

$i$  — вес одного символа в битах,

$I$  — информационный объем данного сообщения.

В моей задаче  $K = 53$ ,  $i = 8$  бит, значит,  $I_2 = 8 * 53 = 424$  бит

Коэффициент сжатия:

$$k = I_2 / I_1$$
$$\frac{424}{219} = 1 \frac{205}{219}$$
$$k = 1 \frac{205}{219}$$

**Ответ:** закодированное данное сообщение методом Хаффмана выглядит так:

11000110111110110111010100001100000100101110000010010011100110011101  
11010100011111111110101100110110010001001011011111101101001000011010  
01001110100011110011011000011000001001011110001100001111111011010100  
000011111010111

### Декодирование

Рассмотрю на следующем примере, как происходит процесс декодирования.

Задача № 2. Дано дерево Хаффмана (см. Приложение 2) и битовая последовательность (закодированное сообщение):

0100100110111000100000110111111110000110101101110010001010111110  
01000111010110100110010111011101100010001111010000

Получить исходное сообщение (раскодировать).

Решение:

Для получения текста по этой последовательности многократно повторяю траверс от корня к листьям, перемещаясь в левое поддерево, если встречен 1, и в правое поддерево, если 0. Каждый раз по достижению листа символ в нём добавляю в полученный текст и снова начинаю процедуру от корня, продолжая просмотр последовательности с того же места.

**Ответ:** Математика — царица всех наук.

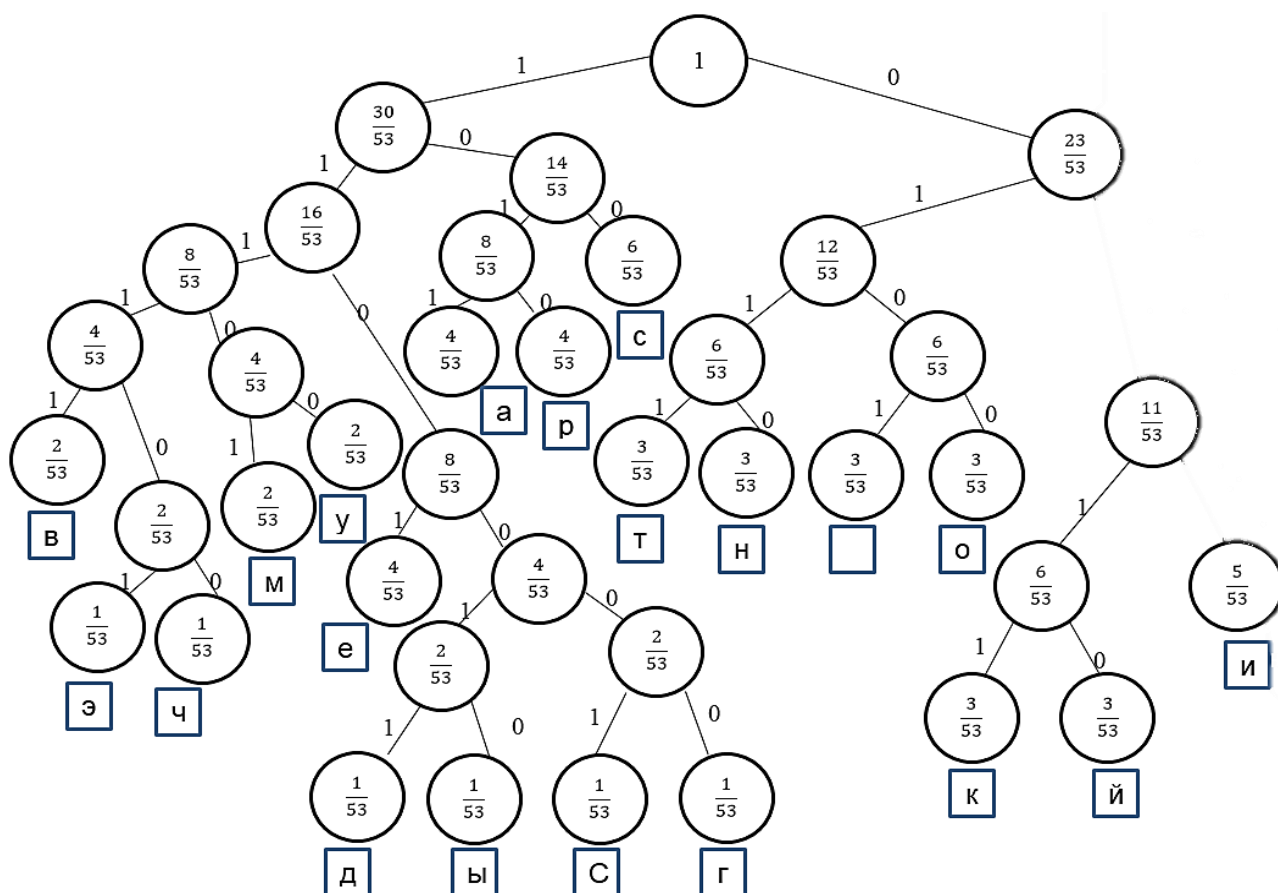
## Заклучение

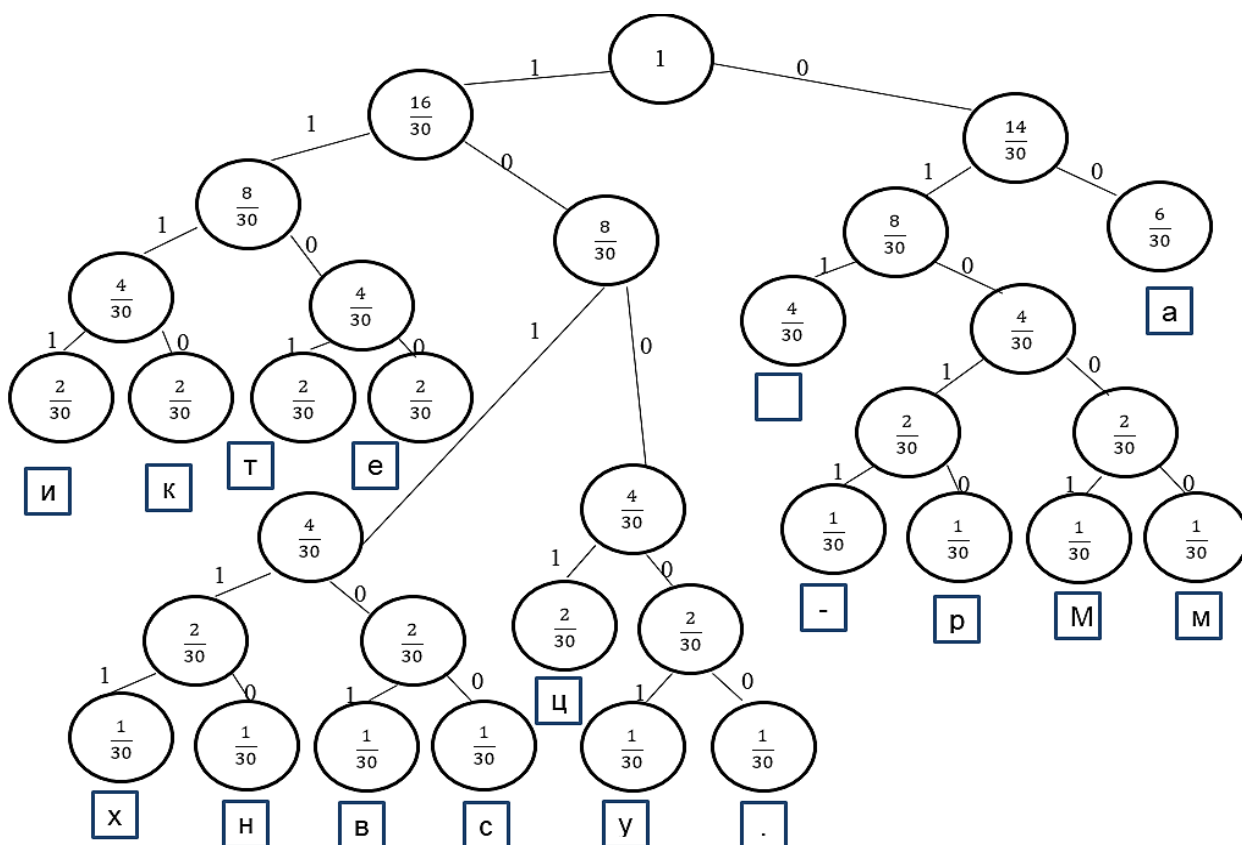
В работе я рассмотрела основные понятия теории графов, виды графов. Описала алгоритм Хаффмана, метод сжатия информации, кодирования и декодирования.

Применяя теорию графов и используя алгоритм Хаффмана, закодировала и декодировала информацию, построив кодовое дерево.

С помощью графов решать задачи очень удобно, интересно, увлекательно. Теория графов обеспечивает эффективное сжатие информации.

## Приложение 1.





**Список литературы:**

1. Березина Л.Ю. Графы и их применение. М.: Просвещение, 1979. — 143 с. с ил.
2. Додонова Л.Н. Конспект лекций по дисциплине «Теория конечных графов и ее применения». Самара, 2010. — С. 52.
3. Камерон П., ван Линт Дж. Теория графов, теория кодирования и блок-схемы М.: Наука, 1980, — 140 стр.
4. Фурсов В.А. Лекции по теории информации: Учебное пособие под редакцией Н.А. Кузнецова. Самара: Издательство Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. — 148 с.: ил.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИРА ФРАКТАЛОВ

**Васильева Марина Владимировна**

*студент 3 курса, факультет информатики*

*СГАУ им. академика С.П. Королева,*

*РФ, г. Самара*

*E-mail: [vasmarishka1994@mail.ru](mailto:vasmarishka1994@mail.ru)*

**Тишин Владимир Викторович**

*научный руководитель, доцент, кафедра прикладной математики*

*СГАУ им. академика С.П. Королева,*

*РФ, г. Самара*

### **Введение**

Мир фракталов — это удивительный, огромный и многообразный мир. Он очаровывает, покоряет, однако иногда в нем трудно разобраться. Фрактальные рисунки — это пик вдохновения мастера на пути к совершенному единству математики, информатики и искусства. Недавно геометрические модели природных объектов изображались с помощью комбинаций простых фигур, таких как прямые, треугольники, окружности, сферы, многогранники. Но с помощью набора этих известных фигур нелегко описать более сложные природные объекты, например, пористые материалы, формы облаков, кроны деревьев. Новые компьютерные средства, без которых не может обойтись современная наука, выводят математику на чрезвычайно высокий уровень. Когда изучаешь фракталы, понимаешь, что весьма затруднительно провести грань между математикой и информатикой, потому что они тесно переплелись, стремясь открыть неповторимые, уникальные модели. Фракталы приближают нас к пониманию некоторых природных процессов и явлений. Поэтому тема фракталов меня заинтересовала.

Передо мной возникла проблема: как построить фрактал, используя математические формулы.

Гипотеза: если изучить закономерности построения фракталов, то их можно смоделировать.

Методы исследования: анализ, синтез, моделирование.

Цель: построить фракталы с помощью компьютерных технологий.

Задачи: исследовать фракталы; изучить историю возникновения и применения фракталов.

Актуальность: я считаю — за фракталами будущее, они лучше передают наш изменчивый и сложный мир. Фракталы помогают изучить различные процессы и явления.

Результат исследования: разработка алгоритма построения фракталов.

Теоретическая и практическая значимость: использование алгоритма построения фракталов для изучения их свойств.

### **Понятие «фрактал»**

Понятия «фрактал» и «фрактальная геометрия» появились в 70—80-х годах XX века. Они устойчиво закрепились в употреблении математиков и программистов. Слово «фрактал», что в переводе с латинского означает разбитый, поделённый на части, было предложено Бенуа Мандельбротом, американским математиком, в 1975 году, с целью обозначения нерегулярных самоподобных структур. Мандельброт дал такое определение: «фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому». Следует отметить, что свойство самоподобности отражает главную особенность природных объектов.

С точки зрения математики, фрактал — это, в первую очередь, множество дробной размерности. Известно, что размерность отрезка равна 1, квадрата — 2, куба и параллелепипеда — 3. Дробная размерность — это основное свойство фракталов.

С выходом книги Мандельброта «Фрактальная геометрия природы» в 1977 году связывают рождение фрактальной геометрии. В ней применены научные результаты учёных, среди них Пуанкаре, Фату, Жюлиа, Кантор, Хаусдорф, работавших в период 1875—1925 гг. в той же области. И только в наше время удалось объединить в единую систему эти работы.

Фрактальная геометрия является революцией в математике и математическом описании природы. Сам Бенуа Мандельброт, первооткрыватель фрактальной геометрии, пишет об этом так: «Облака — это не сферы, горы —

это не конусы, линии берега — это не окружности, и кора не является гладкой, и молния не распространяется по прямой. Природа демонстрирует нам не просто более высокую степень, а совсем другой уровень сложности. Число различных масштабов длин в структурах бесконечно».

Рассматривая фрактальные объекты в различном масштабе, можно легко обнаружить одни и те же основные элементы. Закономерности, которые повторяются, определяют дробную размерность необычной геометрической фигуры.

### **Классификация фракталов**

Удобно прибегнуть к их общепринятой классификации, чтобы представить все многообразие фракталов. Фракталы делятся на геометрические, алгебраические и стохастические.

К геометрическим фракталам относятся: кривая Коха, кривая дракона, кривая Леви, кривая Минковского, треугольник Серпинского, ковер Серпинского, множество Кантора и дерево Пифагора.

Такого класса фракталы самые наглядные, так как в них сразу видна самоподобность. В двухмерном случае их можно получить с помощью ломаной, которая называется генератором, в трехмерном случае — поверхности. Каждый из отрезков, составляющих ломаную, за один шаг алгоритма, заменяется на ломаную-генератор, в соответствующем масштабе. Таким образом, получается фрактальная кривая в результате бесконечного повторения этой процедуры. При видимой сложности полученной кривой, её общий вид задается только формой генератора.

Алгебраические фракталы: множество Мандельброта, множество Жюлиа, бассейны Ньютона, биоморфы.

Алгебраические фракталы являются самыми многочисленными. Для построения алгебраических фракталов используются итерации нелинейных отображений, которые задаются простыми алгебраическими формулами. Двухмерные процессы считаются наиболее изученными. Следует отметить, что нелинейные динамические системы имеют несколько устойчивых состояний.

От начального состояния зависит то состояние, в котором оказалась динамическая система после некоторого числа итераций. Возможность с помощью примитивных алгоритмов порождать очень сложные нетривиальные структуры стала для математиков неожиданностью.

К стохастическим фракталам относятся плазма и рандомизированный фрактал.

Термин «стохастичность» происходит от греческого слова и обозначает «предположение».

Как бы ни была похожа на границу берега, кривая Коха не может быть в качестве её модели, потому что она всюду одинакова, самоподобна и, можно сказать, слишком «правильна». Все природные объекты создаются по капризу природы, в этом процессе всегда есть случайность. Стохастическими фракталами называются такие фракталы, при построении которых случайным образом в итеративной системе изменяются какие-либо параметры. При этом получаются очень похожие на природные объекты такие, как несимметричные деревья, изрезанные береговые линии. При моделировании рельефа местности и поверхности моря используются двумерные стохастические фракталы.

### **Применение фракталов**

Главным применением фракталов является современная компьютерная графика. С их помощью можно создавать плоские множества и поверхности очень сложной формы, изменяя при этом параметры в заданных уравнениях.

Фрактальная геометрия является незаменимой при генерации искусственных облаков, горных ландшафтов, морей. Учёные нашли простой способ изображения сложных объектов, у которых образы напоминают природные формы.

Наиболее полезным использованием фракталов в компьютерной науке считается фрактальное сжатие данных. Основой такого вида сжатия служит то, что фрактальной геометрией достаточно хорошо описывается реальный мир. Картинки при этом сжимаются даже намного лучше, чем с помощью обычных методов. При увеличении картинки не наблюдается эффекта пикселизации,



в этом заключается еще одно преимущество фрактального сжатия. При фрактальном сжатии после увеличения картинка часто выглядит даже лучше, чем до него.

Следует отметить, что фракталы применяются в шифрование данных с помощью фрактальных алгоритмов.

Для передачи данных на расстояние используются антенны, которые имеют фрактальные формы, что сильно уменьшает их вес и размеры.

Также с помощью фракталов можно моделировать сложные физические процессы, например, языки пламени. Фрактальные формы достаточно хорошо передают пористые материалы, имеющие очень сложную геометрическую структуру. Такие знания используются в науке о нефти.

Теория фракталов применяется и при изучении структуры Вселенной.

В биологии можно рассмотреть такие примеры, как биосенсорные взаимодействия и биения сердца, моделирование хаотических процессов. Фракталы используют в своих произведениях и художники, и дизайнера, и композиторы.

### **Алгоритмы построения фракталов**

Рассмотрим множество Мандельброта. В математике множество Мандельброта — это фрактал, который определяется как множество точек на комплексной плоскости, итеративная последовательность не уходит в бесконечность и задана формулами  $z_0=0$ ,  $Z_{n+1}=Z_n^2+M$ . Чтобы построить данную последовательность точек, т. е. фрактал, перейдем от комплексной формы записи с помощью преобразований к удобным формулам для построения.

Если выражение  $Z_{n+1}=Z_n^2+M$  переформулировать в виде итеративной последовательности значений координат комплексной плоскости  $x$  и  $y$ , то есть, приняв  $Z = X + iY$  и  $M = p + iq$  (где  $i$  — мнимая единица), то получим алгоритм с формулами (1):  $X_{n+1}=X_n^2-Y_n^2+p$ ;  $Y_{n+1}=2X_nY_n+q$ , с параметрами  $p = -0,5219$ ;

$$q = 0,4999.$$

Сначала полагаем  $X_n = 0$ ;  $Y_n = 0$ , и по формулам (1) получаем на первом шаге вычислений:  $X_{n+1} = 0^2 - 0^2 - 0,5219 = -0,5219$ ;  $Y_{n+1} = 2 \cdot 0 \cdot 0 + 0,4999$ .

Теперь полагаем  $X_n = X_{n+1} = -0,5219$ ;  $Y_n = Y_{n+1} = 0,4999$ , и по формулам (1) получаем на втором шаге:  $X_{n+1} = (-0,5219)^2 - (0,4999)^2 - 0,5219 = -0,4994\dots$ ;

$$Y_{n+1} = 2 \cdot (-0,5219) \cdot (0,4999) + 0,4999 = -0,0218\dots$$

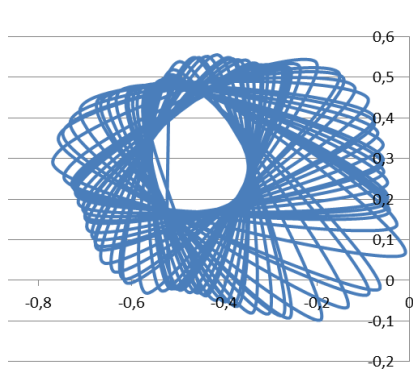
Затем полагаем  $X_n = X_{n+1} = -0,4994\dots$ ;  $Y_n = Y_{n+1} = -0,0218$ , и опять по формулам (1) продолжаем дальше. То есть на каждом последующем шаге вычислений (итераций) предыдущие значения  $X_{n+1}$  и  $Y_{n+1}$  надо подставлять в формулы (1) в качестве новых значений  $X_n$  и  $Y_n$ .

В программе «Microsoft Excel» можно сделать 32000 подобных «шагов»-вычислений, а затем построить («точками») график функции  $Y_{n+1} = f(X_{n+1})$ , который и будет похож на «пылающее солнце». Более того, меняя числовые значения параметров  $p$  и  $q$ , на том же графике можно увидеть и другие объекты; например, при  $p = -0,5$ ;  $q = 0,4999$  вместо «солнца» получится «спиральная галактика».

Представлю алгоритм, который я составила, для построения в программе «Microsoft Excel» фракталов Мандельброта «пылающее солнце» и «спиральная галактика». На практике для достижения приемлемой точности достаточно 100 итераций.

**Таблица 4.**

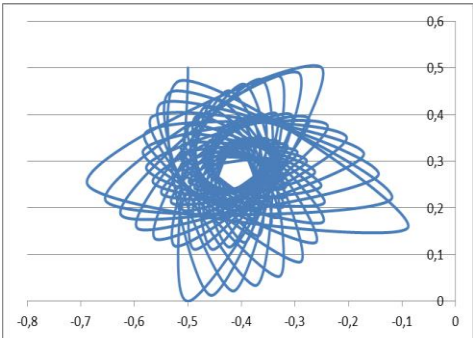
**Алгоритм построения в программе “Microsoft Excel” фрактала Мандельброта «пылающее солнце» (для 100 итераций)**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Записать в ячейку A1 переменную <math>X_n</math></li> <li>2. Записать в ячейку B1 переменную <math>Y_n</math>.</li> <li>3. Записать в ячейку D1 параметр <math>p</math>.</li> <li>4. Записать в ячейку E1 параметр <math>q</math>.</li> <li>5. Записать в ячейку G1 переменную <math>X_{n+1}</math>.</li> <li>6. Записать в ячейку H1 переменную <math>Y_{n+1}</math>.</li> <li>7. Ввести в ячейку A2 значение 0.</li> <li>8. Ввести в ячейку B2 значение 0.</li> <li>9. Ввести в ячейку A3 формулу =G2.</li> <li>10. Ввести в ячейку B3 формулу =H2.</li> <li>11. Ввести в ячейку D2 значение -0,5219.</li> </ol>	
--	--

12. Ввести в ячейку E2 значение 0,4999.
13. Ввести в ячейку G2 формулу  $=A2^2-B2^2+\$D\$2$
14. Ввести в ячейку H2 формулу  $=2*A2*B2+\$E\$2$
15. Растянуть ячейку A3 за правый нижний уголок до A101.
16. Растянуть ячейку B3 за правый нижний уголок до B101.
17. Растянуть ячейку G2 за правый нижний уголок до G101.
18. Растянуть ячейку H2 за правый нижний уголок до H101.
19. Выделить область значений от G2 до H101.
20. Для построения фигуры сделать следующее:  
Вставка->Диаграммы->Точечная->Точечная с гладкими кривыми

**Таблица 5.**

**Алгоритм построения в программе “Microsoft Excel” фрактала  
Мандельброта «спиральная галактика» (для 100 итераций)**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Записать в ячейку A1 переменную <math>X_n</math></li> <li>2. Записать в ячейку B1 переменную <math>Y_n</math>.</li> <li>3. Записать в ячейку D1 параметр p.</li> <li>4. Записать в ячейку E1 параметр q.</li> <li>5. Записать в ячейку G1 переменную <math>X_{n+1}</math>.</li> <li>6. Записать в ячейку H1 переменную <math>Y_{n+1}</math>.</li> <li>7. Ввести в ячейку A2 значение 0.</li> <li>8. Ввести в ячейку B2 значение 0. .</li> <li>9. Ввести в ячейку A3 формулу <math>=G2</math>.</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Ввести в ячейку B3 формулу <math>=H2</math>.</li> <li>11. Ввести в ячейку D2 значение -0,5.</li> <li>12. Ввести в ячейку E2 значение 0,4999.</li> <li>13. Ввести в ячейку G2 формулу <math>=A2^2-B2^2+\\$D\\$2</math></li> <li>14. Ввести в ячейку H2 формулу <math>=2*A2*B2+\\$E\\$2</math></li> <li>15. Растянуть ячейку A3 за правый нижний уголок до A101.</li> <li>16. Растянуть ячейку B3 за правый нижний уголок до B101.</li> <li>17. Растянуть ячейку G2 за правый нижний уголок до G101.</li> <li>18. Растянуть ячейку H2 за правый нижний уголок до H101.</li> <li>19. Выделить область значений от G2 до H101.</li> <li>20. Для построения фигуры сделать следующее: Вставка-&gt;Диаграммы-&gt;Точечная-&gt;Точечная с гладкими кривыми</li> </ol>	

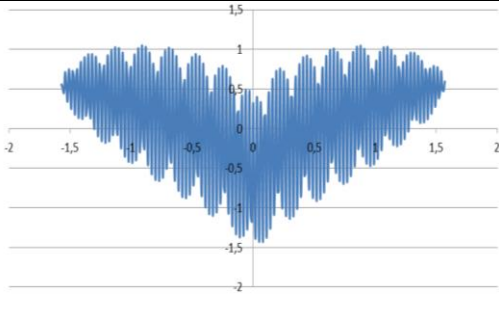
Рассмотрим фрактал «кривая Гильберта», заданный формулой (2):

$y(x) = (\cos^{0,5}x \cdot \cos 200x + |x|^{0,5} - 0,7)(4 - x^2)^{0,01}$ . Найдем область допустимых значений данного выражения. Под арифметическим квадратным корнем находится функция  $\cos(x)$ , значит,  $\cos(x) \geq 0$ .

Представлю алгоритм, который я составила, для построения в программе “Microsoft Excel” фрактала «кривая Гильберта» по данной формуле (2) в допустимой области значений, выбрав шаг равный 0,01.

Таблица 6.

**Алгоритм построения в программе “Microsoft Excel” фрактала  
«кривая Гильберта»**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Записать в ячейку А1 переменную х.</li> <li>2. Записать в ячейку В1 переменную у.</li> <li>3. Записать в ячейку А2 значение <math>-\pi/2</math>, согласно области допустимых значений <math>X \in [-\pi/2; \pi/2]</math>,</li> <li>4. Ввести в ячейку А3 формулу <math>=A2+0,01</math>.</li> <li>5. Растянуть ячейку А3 за правый нижний уголок до ячейки А316 (до значения 1,57).</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Ввести в ячейку В2 формулу <math>=((КОРЕНЬ(COS(A2))) * COS(200 * A2) + КОРЕНЬ(ABS(A2)) - 0,7) * (4 - A2 * A2)^{0,01}</math></li> <li>7. Растянуть ячейку В2 за правый нижний уголок до ячейки В316.</li> <li>8. Выделить область значений от А2 до В316.</li> <li>9. Для построения фигуры сделать следующее: Вставка-&gt;Диаграммы-&gt;Точечная-&gt;Точечная с гладкими кривыми</li> </ol>	

Рассмотрим фрактал Мандельброта «кривая Дракона», заданный системами уравнений (3) и (4) соответственно:

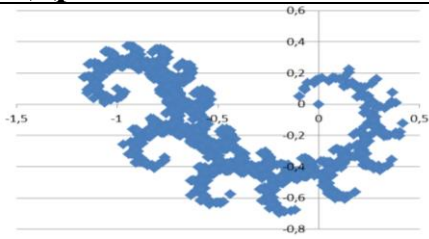
$$\begin{cases} X_{n+1} = -0,4 \cdot X_n - 1 \\ Y_{n+1} = -0,4 \cdot Y_n + 0,1 \end{cases} \quad \begin{cases} X_{n+1} = 0,76 \cdot X_n - 0,4 \cdot Y_n \\ Y_{n+1} = 0,4 \cdot Y_n + 0,76 \cdot X_n \end{cases}$$

Сначала полагаем  $X_n = 0$ ;  $Y_n = 0$ . Задаем случайным образом параметр  $m$ , который меняется от 0 до 1. Если  $m > 0,5$ , то применяем систему уравнений (3) для построения фрактала, иначе — (4). Каждое новое значение получается из предыдущего в зависимости от случайного числа.

Представлю алгоритм, который я составила, для построения в программе “Microsoft Excel” фрактала Мандельброта «кривая Дракона».

Таблица 7.

**Алгоритм построения в программе “Microsoft Excel” фрактала  
Мандельброта «кривая Дракона»**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Записать в ячейку А1 номер n.</li> <li>2. Записать в ячейку В1 случайную величину m.</li> <li>3. В ячейку С1 записать х.</li> <li>4. В ячейку D1 записать у.</li> <li>5. В ячейку А2 записать 1.</li> <li>6. В ячейку А3 ввести формулу <math>=A2+</math></li> <li>7. Растянуть А3 до ячейки А 11363</li> <li>8. В ячейку В2 записать функцию случайного числа <math>=СЛЧИС()</math></li> </ol>	
---	--

9. Растянуть ячейку В2 до В 11363
10. Ввести в ячейку С2 значение 0
11. Ввести в ячейку С3 формулу =ЕСЛИ(В3>0,5;-0,4\*С2-1;0,76\*С2-0,4\*Д2)
12. Растянуть ячейку С3 до ячейки С 11363
13. Ввести в ячейку Д2 значение 0.
14. Ввести в ячейку Д3 формулу =ЕСЛИ(В3>0,5;-0,4\*Д2+0,1;0,4\*С2+0,76\*Д2)
15. Растянуть ячейку Д3 до ячейки Д11363
16. Выделить ячейки от С2 до Д11363
17. Для построения фигуры сделать следующее:  
Вставка->Диаграммы->Точечная

## **Заключение**

Компьютер можно характеризовать как новое средство познания. Благодаря ему, можно увидеть связи и значения, которые до сих пор были скрыты от нас.

Выполняя исследовательскую работу, я убедилась в том, что область применения фракталов чрезвычайно велика. Их помощь необходима, например, когда требуется задать линии и поверхности очень сложной формы с помощью нескольких коэффициентов.

Можно сказать, что фактически найден способ легкого, удобного представления сложных неевклидовых объектов, образы которых похожи на природные.

Фракталы позволяют посмотреть на математику совсем с другой стороны, открывают нам глаза. Казалось бы, производятся обычные расчёты с обычными цифрами, однако это даёт нам по-своему уникальные, неповторимые результаты, которые позволяют почувствовать себя творцом природы. Фракталы дают понять, что математика — это тоже наука о прекрасном.

## **Список литературы:**

1. Бенуа Мандельброта. «The Fractal Geometry of Nature», 1977.
2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. — 656 с.
3. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. — 160 с.
4. О фракталах. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://elementy.ru/posters/fractals>
5. Перерва Л.М., Юдин В.В. П 27 Фрактальное моделирование: учебное пособие / под общ. ред. В.Н. Гряника. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007. — 186 с.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

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

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

№ 2 (28)  
Февраль 2015 г.

В авторской редакции

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



**СибАК**  
[www.sibac.info](http://www.sibac.info)

