



**СИБАК**  
www.sibac.info

ISSN 2310-4066

## XXVII СТУДЕНЧЕСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

№ 12 (26)



## НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

г. НОВОСИБИРСК, 2014



# НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ 12 (26)  
Декабрь 2014 г.

Издается с Октября 2012 года

Новосибирск  
2014

УДК 62  
ББК 30  
Н 34

Председатель редколлегии:

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

Редакционная коллегия:

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

**Н 34 «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»:**  
Электронный сборник статей по материалам XXVII студенческой международной научно-практической конференции. — Новосибирск: Изд. «СибАК». — 2014. — № 12 (26)/ [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.sibac.info/archive/Technic/12\(26\).pdf](http://www.sibac.info/archive/Technic/12(26).pdf).

Электронный сборник статей по материалам XXVII 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>9</b>
КОНСТРУИРОВАНИЕ ГЛАВНОЙ БАЛКИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОСТА РЕКИ КУОХАРА	9
Едисеев Олег Сергеевич Едисеева Елена Владимировна Смолина Милена Васильевна	
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ТЕРМООБОЛОЧКИ ЗДАНИЙ	14
Угловский Владислав Николаевич Кабанов Евгений Анатольевич	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОГО РАЙОНА	21
Угловский Владислав Николаевич Кабанов Евгений Анатольевич	
РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ СТОЙКИ	28
Шакиров Ранис Рустамович Хайруллин Ильназ Ильдарович Хайруллин Ленар Равилевич	
<b>Секция 2. Информационные технологии</b>	<b>38</b>
ПОТОКОВЫЕ ETL ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	38
Бегма Татьяна Витальевна Селин Александр Николаевич	
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	43
Гаглюева Марина Валерьевна Авосопянц Наринэ Владимировна Гаглюева Индира Эдуардовна	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЮРВЕЙЕРСКИХ КОМПАНИЙ	51
Мельников Вячеслав Евгеньевич Бойко Виктор Дмитриевич	
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ	57
Мифтахутдинов Динар Ильдусович Ризаев Ильдус Султанович	

<b>Секция 3. Космос, Авиация</b>	<b>63</b>
АЭРОПОРТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 20—30-Х ГОДОВ	63
Пермякова Марина Сергеевна	
Федорова Людмила Федоровна	
<b>Секция 4. Материаловедение</b>	<b>69</b>
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДЕФОРМАЦИОННОЕ	69
ПОВЕДЕНИЕ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ ZR-1NB	
И ZR-2,5NB В УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОМ СОСТОЯНИИ	
Булышко Дмитрий Юрьевич	
Грабовецкая Галина Петровна	
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЕХА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО	75
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ В АТЕЛЬЕ	
Гааг Юлия Витальевна	
Исаева Виктория Александровна	
Штабнова Валентина Леонидовна	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ	81
РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПУШНО-	
МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА	
Кожаметова Аридаш Урозбаевна	
Бодрякова Людмила Николаевна	
<b>Секция 5. Машиностроение</b>	<b>87</b>
ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ АГРЕГАТОВ	87
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ	
ОСНАСТКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ	
ПРЕДНАТЯГА ПОДШИПНИКОВ В РЕДУКТОРАХ ВЕДУЩИХ	
МОСТОВ АВТОМОБИЛЕЙ	
Масленникова Галина Владимировна	
Угрюмов Родион Львович	
Булавин Игорь Александрович	
АНАЛИЗ ГРАММАТИКИ ВХОДНОГО ЯЗЫКА	97
ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ	
ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА	
Неустроев Иван Сергеевич	
Федоткин Роман Эдуардович	
Латышев Виктор Александрович	

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННЫХ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ Хайруллин Руслан Айратович Мартемьянова Ольга Николаевна Раджабов Марат Равильевич Кужагильдин Рим Салихович	103
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ПРОБ И НАВЕСОК Эрдман Виктор Евгеньевич Половнева Светлана Ивановна	109
<b>Секция 6. Metallургия</b>	<b>114</b>
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ Л.В. АНДРЕЮКА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ МЕТАЛЛА ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ Белов Владимир Игоревич Разгулин Игорь Андреевич Абсалямова Маргарита Румянцев Михаил Игоревич	114
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕНТОНИТА НА КОМКУЕМОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ НЕОФЛЮСОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ Черных Светлана Геннадьевна Елина Анастасия Сергеевна Груздов Виталий Сергеевич Пивикова Маргарита Сергеевна Тимофеева Анна Стефановна	122
РАСЧЕТ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ПО ГЛУБИНЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ Зенг Валерия Андреевна Постников Денис Васильевич	130
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПРАВКИ ТРУБОПРОШИВНОГО СТАНА ГОРЯЧИМ МЕТОДОМ Коренев Дмитрий Александрович Криничная Дарья Александровна Бальбеков Ренат Рашидович Цурихин Сергей Николаевич	135
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛА ПРОШИВНОЙ ОПРАВКИ НА ОТСЛОЕНИЕ Криничная Дарья Александровна Коренев Дмитрий Александрович Цурихин Сергей Николаевич	140

АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ Л.В. АНДРЕЮКА ДЛЯ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЛИСТОВ НА СТАНЕ 5000 Разгулин Игорь Андреевич Белов Владимир Игоревич Румянцев Михаил Игоревич	144
ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ШЛАМОВ Ряполов Вадим Владимирович Скрипченко Виталий Владимирович Тимофеева Анна Стефановна	152
<b>Секция 7. Моделирование</b>	<b>156</b>
ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ Зенг Валерия Андреевна Батенькина Оксана Васильевна	156
<b>Секция 8. Ресурсосбережение</b>	<b>162</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СЦБ НА ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО ВЫПРАВКЕ И ПОДБИВКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ Смоленскова Марина Александровна Селиверов Денис Иванович	162
<b>Секция 9. Технологии</b>	<b>169</b>
ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ Кальянова Ксения Александровна Свечникова Наталья Юрьевна	169
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ ЦОФ «БЕЛОВСКАЯ» Мамедалина Надежда Ивановна Свечникова Наталья Юрьевна	176
<b>Секция 10. Транспортные коммуникации</b>	<b>181</b>
РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО И ПЕШЕХОДНОГО ПОТОКОВ Ивлев Виктор Юрьевич Титова Александра Александровна	181
ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСТАНОВОЧНОГО ПУНКТА Титова Александра Александровна Ивлев Виктор Юрьевич	189

<b>Секция 11. Электротехника</b>	<b>195</b>
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП И СВЕТИЛЬНИКОВ	195
Бузько Сергей Александрович	
Замула Каролина Юрьевна	
Чабханов Ахмед Хаважевич	
Калимуллин Алик Талгатович	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА И ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЗАРЯЖЕННОГО ЦИЛИНДРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ FLEX PDE	200
Замула Каролина Юрьевна	
Бузько Сергей Александрович	
Чабханов Ахмед Хаважевич	
Калимуллин Алик Талгатович	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗНЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ НЕСИММЕТРИЧНОГО УЧАСКА ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ МЕТОДОМ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ	205
Лесков Иван Алексеевич	
Троценко Владислав Михайлович	
Темников Евгений Александрович	
<b>Секция 12. Энергетика</b>	<b>215</b>
КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДУГОГАСЯЩИХ РЕАКТОРОВ	215
Батурина Екатерина Александровна	
Сикорский Сергей Петрович	
Мохова Дарья Владимировна	
Лютаревич Александр Геннадьевич	
ОПАСНОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ	223
Коваленко Дмитрий Валерьевич	
ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110/35/6 КВ	230
Лесков Иван Алексеевич	
Троценко Владислав Михайлович	
Калимуллин Алик Талгатович	
ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 6—10 КВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	242
Степанов Александр Дмитриевич	
Болоев Евгений Викторович	



НОРМИРОВАНИЕ ИНТЕРГАРМОНИК КАК ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ Черничко Кристина Игоревна Веселова Алина Григорьевна Осипов Дмитрий Сергеевич	253
<b>Секция 13. Математика</b>	<b>261</b>
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ Егоров Нестер Александрович Попов Олег Николаевич	261
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО Зенг Валерия Андреевна Степанов Владимир Николаевич	270
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТАВЩИКОВ ТОРГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЮВЕЛИРНОГО МАГАЗИНА «АДАМАС» МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ Фролова Яна Викторовна Чернов Владимир Георгиевич	275

## СЕКЦИЯ 1.

### АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

#### КОНСТРУИРОВАНИЕ ГЛАВНОЙ БАЛКИ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ МОСТА РЕКИ КУОХАРА

***Едисеев Олег Сергеевич***

*студент 5 курса, кафедра Автомобильные дороги и аэродромы  
СВФУ им. М.К. Аммосова,  
РФ, г. Якутск  
E-mail: [olegediseev@yandex.ru](mailto:olegediseev@yandex.ru)*

***Едисеева Елена Владимировна***

*студент 4 курса, кафедра методики преподавания биологии, химии и  
географии, СВФУ им. М.К. Аммосова,  
РФ, г. Якутск  
E-mail: [aelenv@yandex.ru](mailto:aelenv@yandex.ru)*

***Смолина Милена Васильевна***

*научный руководитель, старший преподаватель кафедры «АДиА»,  
СВФУ им. М.К. Аммосова,  
РФ, г. Якутск*

Актуальность данной работы обусловлена повышением интенсивности движения и объема грузооборота по федеральной автомобильной дороге «Колыма», а также увеличением нормативной нагрузки на мостовые сооружения. Во время проектирования нагрузки по СНиП 2.05.03-84 считали на нагрузку А11, НК-80.

А по современным требованиям нормативную временную нагрузку считают по СП 35.13330.2012 «Мосты и трубы» на АК-14, НК-14.

**Углепластиковая арматура** — силовой стержень с равномерно расположенным на поверхности и под углом к его продольной оси анкерочным слоем, изготовленный из термореактивной смолы, непрерывного армирующего наполнителя и других наполнителей.

**Цель:** Оценка несущей способности железобетонных пролетных строений с рабочей арматурой из углепластика в сравнении со стальной арматурой.

### **Задачи:**

1. Определить фактическую грузоподъемность эксплуатируемых пролетных строений железобетонного автодорожного моста через р. Куохара

2. Определить грузоподъемность пролетных строений с балками, армированными углепластиком.

**Методика исследования:** Оценка грузоподъемности производится по первой группе предельных состояний. Расчеты изгибаемых железобетонных элементов и сечений, наклонных к продольной оси элемента, на действие поперечной силы выполнены в соответствии с методикой СП 35.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84»

### **Исходные данные:**

Габарит моста: Г-8;

Система моста: Балочно-разрезная;

Продольная схема: 3\*12;

Марка бетона: В 35;

Стальная арматура марка: А-III(А 400)

Углекомпозитная арматура: АУК

Грузоподъемность моста определена расчетом.

Классы нормативных нагрузок:  $K_{AK}=10,69$ ;  $K_{HK}=11,41$ .

Класс эталонной нагрузки для схемы трехосных транспортных средств  $K_{ЭТ}=32,95$ .

Возможен пропуск транспортных средств:

- в колонне общей массой **32,95** т с нагрузкой на ось **13,18** т;
- в одиночном порядке общей массой **91,3** т с нагрузкой на ось **22,8** т.

Определение фактической несущей способности эксплуатируемого моста

$$R_s A_s - R_{sc} A_s' = R_b * b * x \quad (7.20) [1]$$

где:  $R_s$  — Расчетное сопротивление арматуры на растяжение;

$A_s$  — Площадь арматуры;

$R_{sc}$  — Расчетное сопротивление арматуры на сжатие;

$x$  — высота сжатой зоны

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A_{s'}}{R_b * B} = \frac{350 * 40,95 * 10^{-4} - 350 * 6,28 * 10^{-4}}{17,5 * 1,66} = 0,042 \text{ м}$$
$$h_{o1} = h - a_{s'} = 90 - 7,93 = 82,07 \text{ см}$$

где:  $h_0$  — расстояние до нижней арматуры;

$h$  — высота балки;

$a_s$  — расстояние до нижней арматуры;

$$h_{o1} = h - a_{s'} = 90 - 4,2 = 85,8 \text{ см}$$

где:  $h_{o1}$  — расстояние до верхней арматуры;

$h$  — высота балки;

$a_{s'}$  — расстояние до верхней арматуры;

$$M = R_b * B * x (h_0 - 0,5x) + \sigma_{pc} * A_p (h_{o1} - a_p)$$
$$= 17,5 * 1,66 * 0,042 (0,8207 - 0,5 * 0,042) + 350$$
$$* 0,000628 (0,858 - 0,042) = \mathbf{1,155 \text{ МН} * \text{м}}$$

где:  $M$  — изгибающий момент в сечении середины пролета;

$R_b$  — прочность бетона на сжатие;

$b$  — ширина плиты балки;

$h_0$  — расстояние до нижней арматуры;

$x$  — высота сжатой зоны;

$\sigma_{pc}$  — вводимое в расчет остаточное напряжение в напрягаемой арматуре, расположенной в сжатой зоне;

$A_p$  — площадь верхней арматуры;

$h_{o1}$  — расстояние до верхней арматуры;

$a_p$  — расстояние до арматуры от нижнего ребра балки;

Определение проектной несущей способности с углепластиковой арматурой

$$R_s A_s - R_{sc} A_{s'} = R_b * b * x \quad (7.20) [1]$$

где:  $R_s$  — Расчетное сопротивление арматуры на растяжение;

$A_s$  — Площадь арматуры;

$R_{sc}$  — Расчетное сопротивление арматуры на сжатие;

$x$  — высота сжатой зоны

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A_{s'}}{R_b * B} = \frac{1400 * 40,95 * 10^{-4} - 1400 * 6,28 * 10^{-4}}{17,5 * 1,66} = 0,167 \text{ м}$$
$$h_{o1} = h - a_{s'} = 90 - 7,93 = 82,07 \text{ см}$$

где:  $h_0$  — расстояние до нижней арматуры;

$h$  — высота балки;

$a_s$  — расстояние до нижней арматуры;

$$h_{o1} = h - a_{s'} = 90 - 16,2 = 73,3 \text{ см}$$

где:  $h_{o1}$  — расстояние до верхней арматуры;

$h$  — высота балки;

$a_s'$  — расстояние до верхней арматуры;

$$M = R_b * B * x(h_0 - 0,5x) + \sigma_{pc} * A_p(h_{o1} - a_p)$$
$$= 17,5 * 1,66 * 0,042(0,8207 - 0,5 * 0,167) + 1400 * 0,000628(0,737 - 0,167) = \mathbf{4,078 \text{ МН}}$$

где:  $M$  — изгибающий момент в сечении середины пролета;

$R_b$  — прочность бетона на сжатие;

$b$  — ширина плиты балки;

$h_0$  — расстояние до нижней арматуры;

$x$  — высота сжатой зоны;

$\sigma_{pc}$  — вводимое в расчет остаточное напряжение в напрягаемой арматуре, расположенной в сжатой зоне;

$A_p$  — площадь верхней арматуры;

$h_{o1}$  — расстояние до верхней арматуры;

$a_p$  — расстояние до арматуры от нижнего ребра балки

### **Выводы:**

Расчет по первой группе предельных состояний показал, что несущая способность оценена по значению изгибающего момента в середине сечения с применением углепластиковой арматуры в середине пролета увеличивается на **253 %**, в сравнении с обычной. В дальнейшем необходимо исследовать влияние попеременного замораживания и оттаивания на конструкции с углепластиковой арматурой. И оценить экономический эффект при реконструкции моста.

### **Список литературы:**

1. ГОСТ 31938 — 2012 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций» «НИИЖБ» им. А.А. Гвоздева.
2. ГОСТ Р 52748 — 2007. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. ООО «Дорожный инженерный центр», Российская академия транспорта.
3. СП 35.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84» ОАО «ЦНИИС».

# ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ТЕРМОБОЛОЧКИ ЗДАНИЙ

*Угловский Владислав Николаевич*  
*магистрант 2 курса, кафедра ПГС ВоГУ,*  
*РФ, г. Вологда*  
*E-mail: [vn.uglovskiy@mail.ru](mailto:vn.uglovskiy@mail.ru)*

*Кабанов Евгений Анатольевич*  
*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ВоГУ,*  
*РФ, г. Вологда*

В статье рассмотрена актуальная проблема энергосбережения и сохранения исчерпаемых природных ресурсов, получены графики снижения потребности в тепловой энергии при увеличении толщины термооболочки здания, определена целесообразность использования дополнительных энергосберегающих мероприятий сверх нормативных значений.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов как в России, так и во всем мире является одной из самых актуальных проблем. До недавнего времени дешевизна энергоносителей в нашей стране не позволяла ощутить максимальный экономический эффект от использования современных теплосберегающих материалов и оборудования. Только за последние несколько лет цены на электроэнергию выросли более чем на 45 %, а на газ — более чем на 65 %. Энергосберегающие технологии с каждым днем становятся все более востребованными. Целью строительства энергосберегающих домов является минимизация эксплуатационных расходов здания при условии сохранения комфортных условий проживания, защита окружающей среды от вредных отходов теплоисточников и теплового загрязнения.

В России за последний год был принят ряд основополагающих документов, способствующих повышению энергоэффективности:

- закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»;

- приказ Министерства регионального развития РФ от 28 мая 2010 года № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий»;

- приказ Министерства энергетики РФ от 19 апреля 2010 года № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования и к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации».

При проектировании энергоэффективных домов главное внимание уделяется следующим 5-ти аспектам: энергоэффективное архитектурно-планировочное решение, энергосберегающее утепление здания, энергосберегающие окна, эффективная система воздухообмена, альтернативные источники энергии.

Первостепенной задачей после создания архитектурно-планировочного решения и рационального расположения здания по сторонам света является комплексный подбор энергоэффективного утепления и стеклопакетов. Зачастую этому этапу, в современных условиях проектирования, не уделяют должного внимания, принимая толщину утеплителя и расчетное значение сопротивлению теплопередаче окон по минимально-допустимому значению согласно строительных норм и правил, что ведет к относительно большим эксплуатационным затратам на отопление и вентиляцию здания.

В связи с этим основной целью работы является анализ целесообразности увеличения толщины теплоизоляционной оболочки здания, а также расчетного сопротивления теплопередаче окон.

Методика проведения исследования заключается в следующем:

1. Для проектируемого здания первоначальный выбор теплозащитных свойств конструкций здания производится, согласно [1] и [2], по показателям «а» и «б». Здание представляет собой двухэтажный дом усадебного типа с мансардой, стены двух типов - кирпичные с эффективным утеплителем (тип 1) и каркасно-деревянные с эффективным утеплителем (тип 2), пол выполнен по грунту.

2. Задавшись начальными параметрами выполним расчет по показателю «в» — удельному расходу тепловой энергии на отопление здания,



позволяющему варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий. Расчет по данному показателю максимально отразит теплозащитные характеристики проектируемого здания и даст возможность присвоить класс энергетической эффективности.

3. Анализ эффективности увеличения толщины теплоизоляционной оболочки сверх нормативных значений, полученных по показателям «а» и «б».

Осуществляется путем перерасчета удельного расхода тепловой энергии (показатель «в») при последовательном увеличении толщины каждого элемента термооболочки здания в отдельности, что дает возможность судить об изменениях показателей в более широкой форме. Помимо утеплителя в работе так же рассмотрены энергосберегающие окна и их вклад в общую картину теплоизоляции здания.

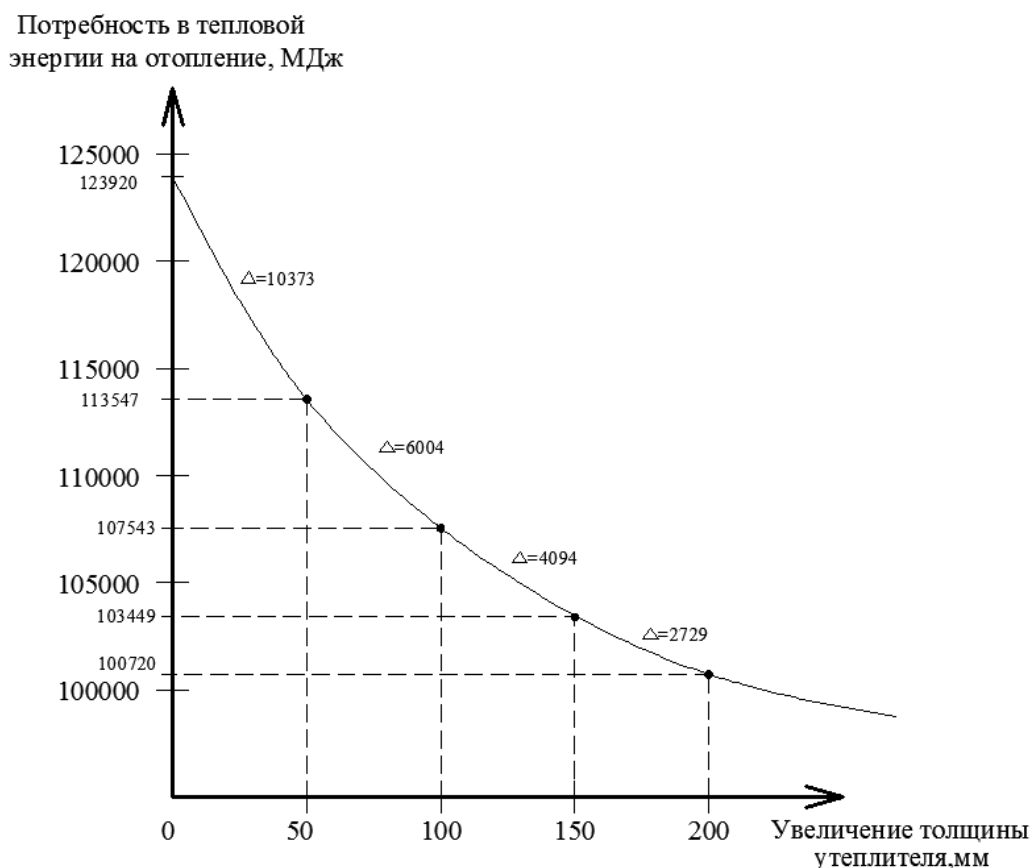
В результате выполненных расчетов получили следующие нормируемые значения по показателям «а» и «б»:

- для стен «типа 1»:  $R_{\text{req}} = 3,4 \text{ м}^2 \text{ С/Вт}$  (принимаем утеплитель Rockwool Кавити Баттс™  $t=90 \text{ мм}$ );
- для стен «типа 2»:  $R_{\text{req}} = 3,4 \text{ м}^2 \text{ С/Вт}$  (принимаем утеплитель Rockwool Лайт Баттс™  $t=120 \text{ мм}$ );
- для кровли:  $R_{\text{req}} = 5,01 \text{ м}^2 \text{ С/Вт}$  (принимаем утеплитель Rockwool Лайт Баттс™  $t=200 \text{ мм}$ );
- приведенное сопротивление теплопередаче пола по грунту:  $R_f = 2,37 \text{ м}^2 \text{ С/Вт}$ ;
- для окон  $R_{\text{req}} = 0,58 \text{ м}^2 \text{ С/Вт}$ .

Далее, согласно методике, представленной в приложении Г [1], был определен фактический удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $q_h^{\text{des}} = 86,23 \text{ кДж/ (м}^2 \text{ С} \cdot \text{сут)}$ , а так же потребность в тепловой энергии за отопительный период  $Q_h^y = 123920 \text{ МДж}$ . Согласно таблице 8 [1] нормируемый  $q_h^{\text{req}} = 110 \text{ кДж/ (м}^2 \text{ С} \cdot \text{сут)}$ , из чего следует, что зданию можно присвоить класс энергетической эффективности В —высокий.

Одним из основополагающих решений в начальном этапе проектирования при создании комфортного, а главное, энергоэффективного здания является его правильно подобранная теплоизоляция. Увеличивать толщину утеплителя можно вплоть до метровых величин, но будет ли это выгодно как с энергетической, так и с экономической стороны может отразить только расчет.

При последовательном увеличении толщины теплоизоляции стен был проведен перерасчет по показателю «в». На основании результатов составлен график снижения потребности в энергии, представленный на рисунке 1, а также составлена сравнительная характеристика изменения стоимости отопления при использовании различных источников энергии и таблица окупаемости утеплителя для каждого конструктивного элемента оболочки здания в отдельности.



**Рисунок 1. График снижения потребности в тепловой энергии при увеличении толщины утеплителя стен**

Таблица 1.

**Сравнительная характеристика изменения стоимости отопления при использовании различных источников энергии**

Увеличение толщины утеплителя стен, мм	Стоимость за отопительный период, руб.		
	Геотермальный тепловой насос	Электрический конвектор	Котел на магистральном газе
Без дополнительного утепления	23637	70911	13117
50	21657	64971	12019
100	20513	61539	11383
150	19732	59196	10950
200	19211	57633	10661

Таблица 2.

**Окупаемость утеплителя стен при использовании различных источников энергии**

Увеличение толщины утеплителя стен, мм	Окупаемость, лет		
	Геотермальный тепловой насос	Электрический конвектор	Котел на магистральном газе
50	9,67	3,22	17,45
100	12,27	4,09	22
150	14,72	4,91	26,5
200	17,3	5,76	31,2

Аналогичные расчеты, графики и таблицы были сделаны для утеплителя кровли, утеплителя пола по грунту и светопрозрачных конструкций (окон).

По результатам аналитических данных принимаем следующие решения: для стен «типа 1»  $t_{yt} = 150$  мм; стен «типа 2»  $t_{yt} = 250$  мм; для пола по грунту  $t_{yt} = 100$  мм; окна энергоэффективные  $R_{req} = 1$  м<sup>2</sup> С/Вт.

На основании новых принятых данных для теплозащитной оболочки здания произведем перерасчет теплоэнергетических и комплексных показателей.

Фактический удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $q_h^{des} = 50,44$  кДж/ (м<sup>2</sup> С·сут) уменьшился на 41,5 %. Потребность в тепловой энергии за отопительный период  $Q_h^y = 72060$  МДж уменьшилась

на 41,8 %. Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{des}$  от нормативного составляет минус 54,15 %. Согласно таблицы 3 [1] зданию можно присвоить класс энергетической эффективности А — очень высокий.

Таким образом после комплексного и сравнительно небольшого увеличения теплозащитных свойств оболочки здания затраты на отопление здания уменьшились на 41,8 %.

В таблицах 3 и 4 представлено уменьшение стоимости отопления здания на основании принятого решения по теплозащите.

**Таблица 3.**

**Уменьшение стоимости отопления при использовании различных источников энергии**

Показатель сравнения	Стоимость за отопительный период, руб.		
	Геотермальный тепловой насос	Электрический конвектор	Котел на магистральном газе
Нормативное значение показателей теплозащитной оболочки	23637	70911	13117
Принятое значение показателей теплозащитной оболочки	13745	41235	7630

**Таблица 4.**

**Окупаемость дополнительного утеплителя**

Окупаемость при использовании, лет		
Геотермальный тепловой насос	Электрический конвектор	Котел на магистральном газе
10	3,3	18

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод о том, что целесообразность увеличения толщины утеплителя и увеличение расчетного сопротивления окон постепенно уменьшается по закону показательной функции. Из этого следует, что для получения наилучшего эффекта утепления здания необходимо увеличить толщину каждого компонента оболочки здания в разумных пределах, которые необходимо

определять путем детального анализа. При нынешнем росте цен на энергоносители рациональное увеличение термозащиты здания будет давать весомый экономический эффект для владельцев недвижимости, а также вносить свой вклад в сохранение энергоресурсов и окружающей среды.

### **Список литературы:**

1. Строительные нормы и правила: СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Введ. 01.10.2003. М.: ЦИТП Госстроя России, 2003. — 45 с.
2. Свод правил: СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. Введ. 01.06.2004. М.: ЦИТП Госстроя России, 2004. — 186 с.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОГО РАЙОНА**

*Угловский Владислав Николаевич*  
*магистрант 2 курса, кафедра ПГС ВоГУ,*  
*РФ, г. Вологда*  
*E-mail: [vn.uglovskiy@mail.ru](mailto:vn.uglovskiy@mail.ru)*

*Кабанов Евгений Анатольевич*  
*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ВоГУ,*  
*РФ, г. Вологда*

Повышение энергетической эффективности — самая актуальная мировая проблема. Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ был введен в действие 23 ноября 2009 года. Правительство РФ, фирмы застройщики и, конечно же, заказчики заинтересованы в строительстве нового, энергоэффективного, доступного и комфортного жилья.

При строительстве дома, который будет отвечать всем этим требованиям, необходим комплексный подход. Он включает в себя следующие строительные решения:

1. Архитектурное решение. При строительстве важно энергетически рационально ориентировать здание. На северной стороне не желательно располагать жилые помещения, максимально приспособить для этого южные фасады.

2. Объемно-планировочное решение. Дому необходимо придать энергоэффективную форму, обеспечивающую минимальную площадь наружных стен, оптимальную площадь остекления, наличие тамбуров на входах.

3. Конструктивное решение. Оно заключается в создании герметичной теплозащитной оболочки-термоса, исключаяющей мостиков холода, а также использование оконных систем с высоким уровнем теплозащиты.

4. Инженерное решение. Рациональное или даже оптимальное использование энергии в реальных условиях потребления. Использование возобновляемых источников энергии и инновационных технологий.

Целью работы является анализ возможностей внедрения новых экологически чистых технологий энергосбережения в Вологодском районе, поэтому именно на четвертом пункте мы остановимся более подробно. В ходе работы был проанализирован весь возобновляемый энергетический потенциал Вологодского района.

Анализируя данные о количестве осадков в Вологодском районе, был сделан вывод, что собирая дождевую воду в период с мая по октябрь, происходит экономия водных ресурсов на различные хозяйственные цели на 98 %. Таким образом, использование водозаборных устройств в Вологодском районе достаточно эффективно и рационально.

Анализируя использование солнечных батарей, был сделан вывод, что в Вологодском районе интенсивность солнечной радиации не велика, количество дней без солнца в год равно 125 дней или 34,25 %, в тоже время средняя солнечная радиация при безоблачном небе в месяц равна  $438,83 \text{ МДж/м}^2 = 121,9 \text{ кВтч/м}^2/\text{год}$ . Использование энергии солнца для гражданского строительства в Вологодском районе пока неэффективно и нерационально.

Анализируя данные о ветровом потенциале, мы пришли к выводу, что его не достаточно. Средняя скорость ветра весь год 3—4 м/с, для экономической выгоды необходима скорость больше 10 м/с. Таким образом, использование энергии ветра в Вологодском районе не эффективно.

Самой эффективной технологией энергосбережения в Вологодском районе является использование теплового насоса. Тепловой насос — это устройство для переноса тепловой энергии, от источника низкопотенциальной тепловой энергии (тепло земли, грунтовых вод, воздуха, и др.) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Главными преимуществами тепловых насосов является их высокая степень экологичности, снижение

энергозатрат и абсолютная возобновляемость используемых альтернативных источников энергии. Второстепенными положительными качествами является их автономность и возможность работы на два фронта — отопление и горячее водоснабжение зимой, кондиционирование и горячее водоснабжение летом.

В зависимости от источника отбора тепла тепловые насосы подразделяются на несколько типов.

1. Геотермальные тепловые насосы замкнутого типа.

а. С горизонтальным коллектором в грунте.

Горизонтальный грунтовый теплосъемный коллектор состоит из системы труб, уложенной на широкой площади приблизительно на 20 см ниже границы промерзания. На такой глубине круглый год сохраняется сравнительно постоянная температура  $+2..+6$  °С. По контуру циркулирует морозоустойчивая жидкость (этилен, пропиленгликоль или спиртосодержащие жидкости). Летом грунт у которого забрали зимой тепло аккумулирует солнечную энергию, которая воспринимается либо непосредственно в форме солнечной радиации, либо косвенно, в форме тепла, получаемого от дождя или из воздуха, также восполнение теплового потенциала происходит за счет работы на охлаждение.

Достоинствами данного типа насосов являются:

- высокий коэффициент трансформации тепла (КТТ);
- относительно невысокие капитальные затраты;
- высокая экологичность и автономность;
- возможность работы на охлаждение.

Недостатки:

- требуется довольно большая территория для установки контура теплосъема (порядка  $500 \text{ м}^2$  для насоса мощностью 10 кВт);
- на территории над контуром запрещается постройка затеняющих строений.

Применимость в Вологодском районе: основной грунт — суглинки, удельный теплосъем  $30—50 \text{ Вт/м}$ ,  $t^\circ$  на глубине  $15—20 \text{ м}$   $+6—8$  °С,  $t^\circ$



на глубине 1,6 м  $+2—6$  °С (в отопительный период), почвенно-климатические условия полностью благоприятны для устройства теплового насоса.

б. С вертикальным зондом в грунте.

Контуром теплосъема служат либо U-образные трубки, опущенные в пробуренные скважины длиной до 100—200 м, либо зонд, выполненный с обсадной трубой, заглушенной внизу. В первом случае с метра можно получить до 50 Вт тепла, во втором до 100 Вт с погонного метра зонда. Отбор тепла компенсируется притоком из земных недр и за счет работы на охлаждение.

Этот вид применяется тогда, когда пятно застройки мало и площади участка явно не хватает. Финансово более затратный.

Достоинствами данного типа насосов являются:

- высокий коэффициент трансформации тепла(КТТ) идентичный;
- не требует большой территории для устройства зонда;
- высокая экологичность и автономность;
- возможность работы на охлаждение.

Недостатки:

- высокая стоимость устройства вертикальных зондов.

Применимость в Вологодском районе: основной грунт — суглинки, удельный теплосъем 50—100 Вт/м,  $t^{\circ}$  на глубине 15—20 м  $+6—8$  °С,  $t^{\circ}$  на глубине 1,6 м  $+2—6$  °С (в отопительный период), почвенно-климатические условия полностью благоприятны для устройства теплового насоса.

в. С горизонтальным зондом в водоеме.

Коллектор для передачи тепла укладывается на дне какого-либо водоема. Важно, чтобы коллектор снабжался отягощающим грузом для предотвращения всплытия на поверхность. Для этого на 1 погонный метр трубы укладывается около 5 кг груза. Для получения 10 кВт тепла достаточно уложить более короткий контур (по сравнению с земляным) 250—300 м трубы.

Достоинствами данного типа насосов являются:

- более высокий коэффициент трансформации тепла(КТТ);

- низкие капитальные затраты;
- высокая автономность;
- возможность работы на охлаждение.

Недостатки:

- требуется получение необходимых разрешений;
- вмешательство в гидрологический режим водоемов.

Применимость в Вологодском районе: не рекомендуется применять в связи со сложностями по получению необходимых документов, возможностью промерзания воды в пределах контура и вмешательством в экосистему и гидрологический режим водоема.

## 2. Геотермальные тепловые насосы открытого типа.

Подобная система использует в качестве теплообменной жидкости воду, циркулирующую непосредственно через систему геотермального теплового насоса в рамках открытого цикла, то есть вода после прохождения по системе возвращается в землю.

Достоинством открытых систем является возможность получения большого количества тепловой энергии при относительно низких затратах.

Температура подземных вод обычно является постоянной на глубине 10—15 м, и для Вологодского района составляет 5—8 °С. Несмотря на относительно низкую стоимость данного типа тепловых насосов применение его в Вологодском районе следует ограничить ввиду того, что использование этих источников связано с более интенсивным вмешательством в гидрологический режим недр и требует согласования с соответствующими службами. Также с течением времени водоносные слои могут попросту исчезнуть, и тогда будет необходимо переоборудовать насос под другой тип. Ещё одним недостатком является периодическая дорогостоящая чистка системы контура забора воды и замена фильтров.

3. Воздушные тепловые насосы (источником отбора тепла является воздух).

Достоинствами данного типа насосов являются:

- самые низкие капитальные затраты;
- высокая экологичность и автономность;
- возможность работы на охлаждение;
- быстрота и простота установки;
- не требует разработки грунта и больших площадей территории.

Недостатки:

- самый низкий среди тепловых насосов КТТ;
- требуется резервный источник тепла при температурах менее  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- высокие расходы на электроэнергию;

Рассмотрим применимость теплового насоса воздушного типа на примере одного из лидеров в данной категории – воздушный тепловой насос ZUBADAN INVERTER. На одну из самых важных характеристик теплового насоса (КТТ — коэффициент трансформации тепла) влияет температура наружного воздуха. Согласно данным метеостанции расположенной в городе Вологда, средняя температура воздуха за месяц в отопительный период не опускается ниже  $-17,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . КТТ теплового насоса ZUBADAN INVERTER при температуре  $-17,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет ориентировочно 2,75 ед. согласно графикам производителя. При уменьшении температуры наружного воздуха также падает КТТ. Очевидно, что не имеет смысла рассчитывать тепловой насос воздушного типа на абсолютно минимальные температуры отопительного периода ввиду того, что они бывают относительно редко. Для обогрева в эти дни в конструкции насоса предусмотрены ТЭНы, а так же следует предусмотреть при проектировании дома камины или печи. Таким образом данный тип имеет право на существование в Вологодском районе, но только при работе в бивалентном режиме, т.е. при наличии резервного источника тепла и горячего водоснабжения в наиболее холодные сутки.

Анализируя вышеизложенные данные можно сделать вывод о том, что наиболее рациональным для почвенно-климатических условий Вологодского района является выбор теплового насоса геотермального типа

с горизонтальным грунтовым коллектором, работающим в моновалентном режиме, либо воздушного типа, работающего в бивалентном режиме (например совместно с камином, печью или конвекторами) в наиболее холодные сутки отопительного периода.

### **Список литературы:**

1. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология.: утв. Постановлением Госстроя России от 11 июня № 45. Введ. 01.01.2000. М: ГУП ЦПП, 2003. — 172 с.
2. Строительные нормы и правила: СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Введ. 01.10.2003. М.: ЦИТП Госстроя России, 2003. — 45 с.
3. Свод правил: СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. Введ. 01.06.2004. М.: ЦИТП Госстроя России, 2004. — 186 с.

# РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ СТОЙКИ

*Шакиров Ранис Рустамович*

*Хайруллин Ильназ Ильдарович*

*студенты 3 курса*

*Казанского государственного архитектурно-строительного университета,*

*РФ, г. Казань*

*E-mail: [rant.i.t.a.n@list.ru](mailto:rant.i.t.a.n@list.ru)*

*Хайруллин Ленар Равилевич*

*научный руководитель, старший преподаватель*

*Казанского государственного архитектурно-строительного университета,*

*РФ, г. Казань*

Рассчитываемая конструкция — горизонтальная пластина опорной стойки хоккейного борта.

Вертикальный элемент опорной стойки, выполнены из прокатного стального профиля ГСП 50x50x3, который крепится к горизонтальной пластине (объекту исследования) с помощью двух треугольных фасонки толщиной 5 мм. Толщины горизонтальной пластины принять равным 6—10 мм, с шагом 2 мм.

Расчет выполнить на горизонтальную нагрузку, возникающую от воздействия двух игроков, общей массой 160 кг, движущихся в момент удара со скоростью 10 км/ч, и ударяющихся о борт на высоте 80 см от уровня горизонтальной пластины.

## **Расчет несущей способности горизонтальной пластины стойки**

Расчет выполнен на нагрузки приведенные в п. 1.

Т.к. мы не знаем величину ни горизонтальной статической, ни динамической нагрузки, действующей на борт, определим их из условия

сохранения энергии. Зная что  $T = \frac{mv^2}{2}$ ; а с другой стороны энергия удара

переходит в энергию деформации стойки  $\Pi = \int_V \sigma \varepsilon dV$ , для определения величины горизонтальной нагрузки приравняем:  $T = \Pi$ .

Энергия деформации от единичной силы:

$$\begin{aligned} \Pi^{e\delta} &= \int_V \sigma \varepsilon dV = \int_V \frac{M^{e\delta}}{I} y \cdot \frac{M^{e\delta}}{I} y \cdot \frac{1}{E} dV = \frac{1}{EI^2} \int_V M^{e\delta} \cdot M^{e\delta} \cdot y^2 \cdot dV = \\ &= \frac{1}{EI^2} \int_A dA \cdot y^2 \cdot \int_l M^{e\delta} \cdot M^{e\delta} \cdot dl = \frac{1}{EI} \int_l M^{e\delta} \cdot M^{e\delta} \cdot dl \end{aligned}$$

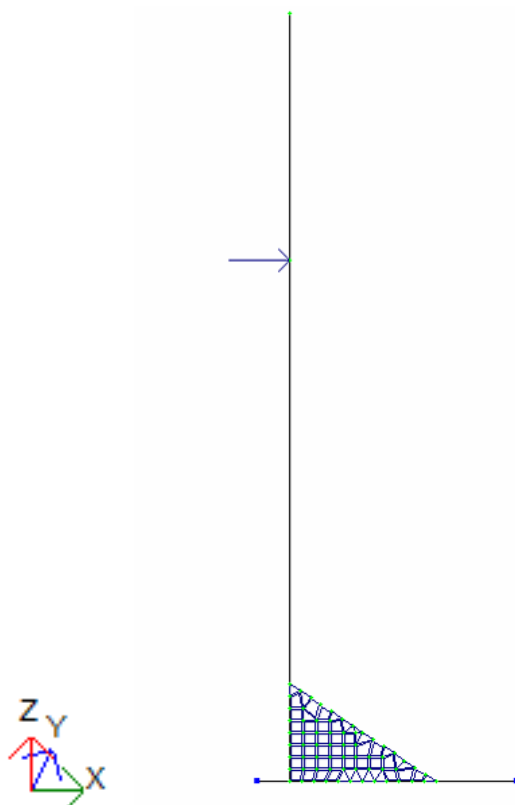
где:  $M^{e\delta}$  — это момент от единичной силы.

Для определения энергии деформации от единичной силы, определим

величину  $\int_l M^{e\delta} \cdot M^{e\delta} \cdot dl$ , при помощи формулы Мора, а величины моментов от единичной силы найдем из решения статической задачи на ПК «Лира»:

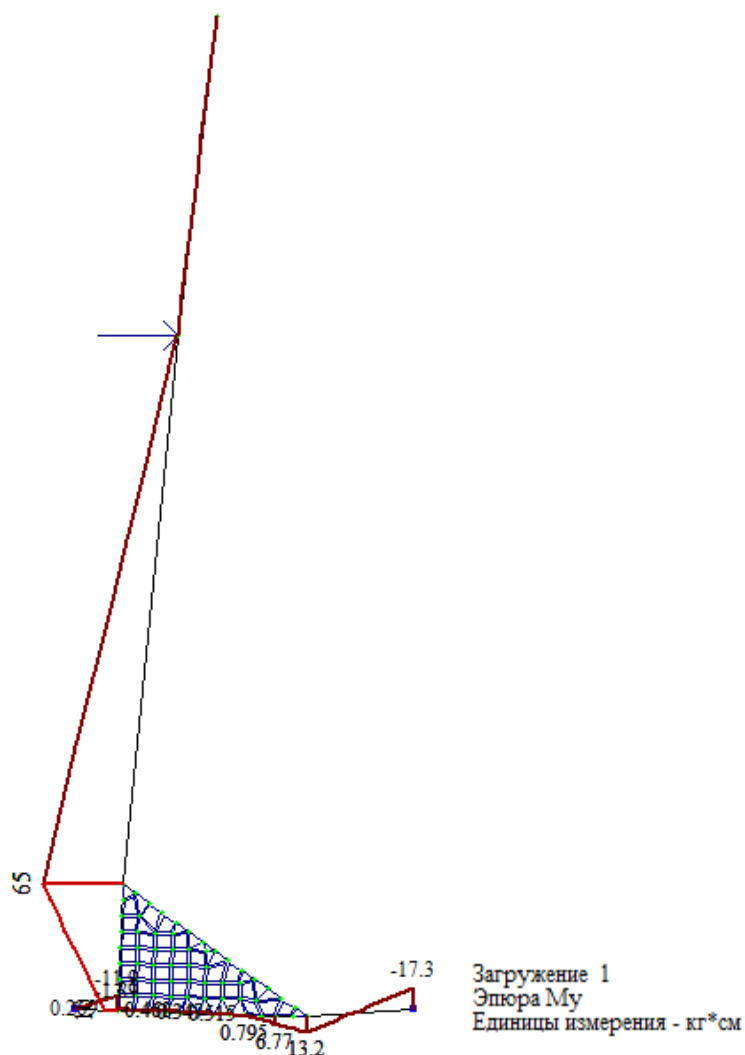
Выполним сначала расчет опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 400 мм.

Расчетная схема стойки, для определения момента от единичной силы представлена на рис. 1:



**Рисунок 1. Расчетная схема стойки для определения момента от единичной силы**

Распределение моментов в стойке, с горизонтальной пластиной длиной 450 мм от единичной силы представлено на рис. 2:



**Рисунок 2. Распределение моментов в стойке, с горизонтальной пластиной длиной 450 мм, от единичной силы**

Итак, согласно формуле Мора для опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 450 мм:

$$\Pi^{e0} = \frac{1}{EI} \cdot \int M^{e0} \cdot M^{e0} \cdot dl =$$

$$\frac{1}{EI} \cdot \left( \frac{0^2 \cdot 65^2}{2} \cdot 65 + \frac{65^2 \cdot 10^2}{2} \cdot 15 + \frac{0,27^2 \cdot (-11,9)^2}{2} \cdot 5 + \frac{(-1,9)^2 \cdot 13,2^2}{2} \cdot 22,5 + \frac{13,2^2 \cdot (-17,3)^2}{2} \cdot 12,5 \right) =$$

$$\frac{1}{EI} \cdot (137312,5 + 32437,5 + 354,2 + 2000,8 + 2959,6) = \frac{175064,6}{2,06 \cdot 10^6 \cdot 0,483} = 0,176 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Реальный (полный) момент  $M^{реал}$ , т. е. момент от полной величины силы, приложенной к стойке определяется по формуле:

$$M^{реал} = M^{ед} \cdot X.$$

где:  $X$  — коэффициент пропорциональности, равный отношению полной величины силы к единичной силе.

Тогда реальная (полная) энергия деформации стойки будет определяться по следующей формуле  $\Pi^{реал} = \Pi^{ед} \cdot X^2$ .

Отсюда находим реальную (полную) энергию деформации стойки, приравняв ее к энергии удара о борт:  $\Pi = T$ .

$$\text{Получим: } \Pi^{ед} \cdot X^2 = \frac{mv^2}{2}.$$

С учетом того, что энергия деформации делится между игроками и бортом,

$$\text{делим ее пополам: } \Pi^{ед} \cdot X^2 = \frac{mv^2}{4}.$$

Откуда выражаем  $X$  – коэффициент пропорциональности:

$$X = \sqrt{\frac{mv^2/4}{\Pi^{ед}}}.$$

Подставляем в последнюю формулу, все величины заданные по техническому заданию заказчиком, а именно:

Масса игроков:  $m=160$  кг;

Скорость при ударе о борт:  $v=10$  км/ч= $10000$ м/ $3600$ с= $2,77$  м/с;

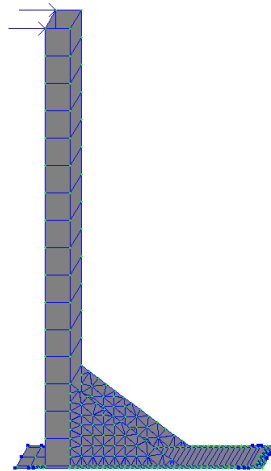
$$\text{Подставляя, получим: } X = \sqrt{\frac{10 \cdot 160 \cdot 2,77^2 / 4}{0,176}} = 132$$

Выполним расчет опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 450 мм.

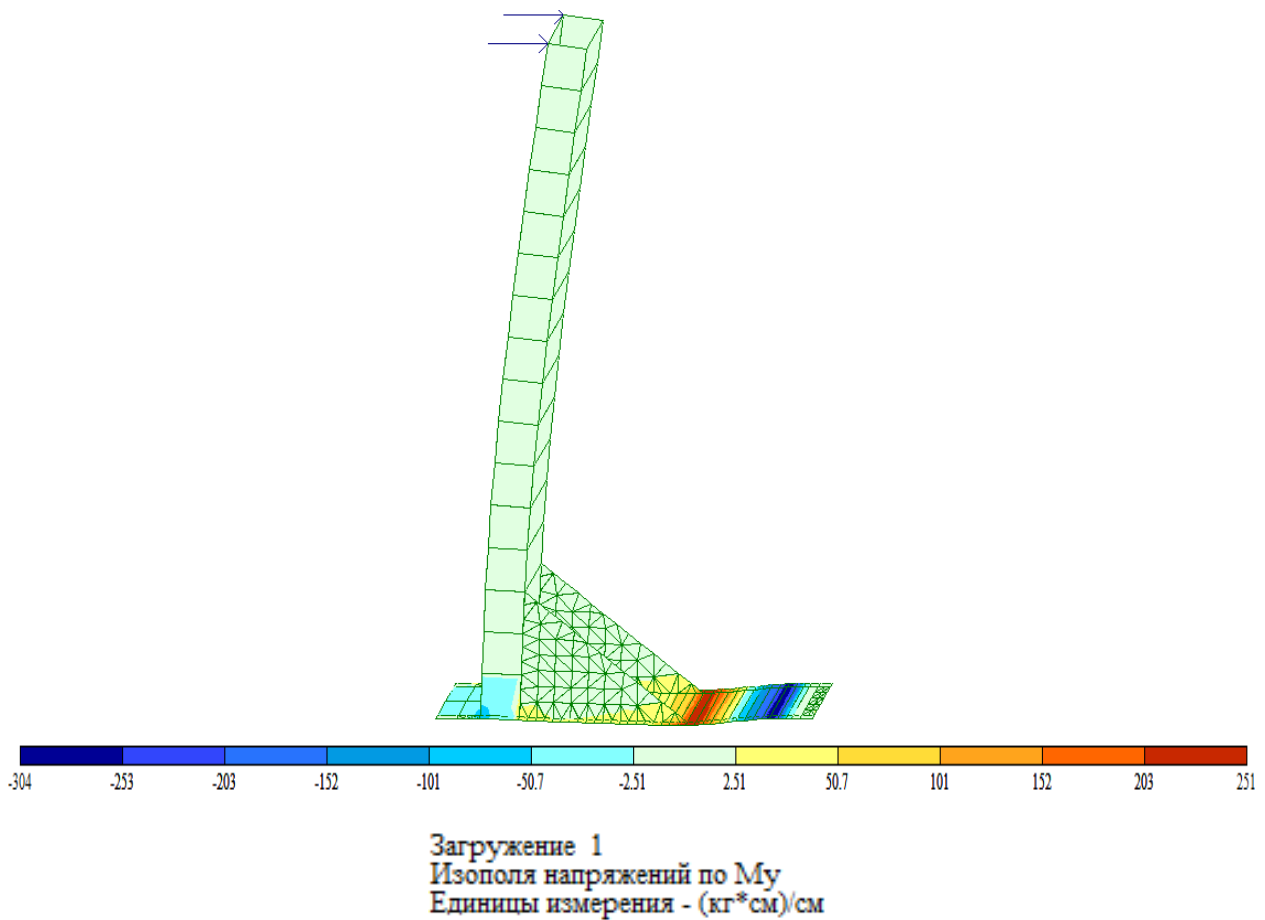
Для расчетов принято: ширина горизонтальной пластины 58 мм, длина пластины 450 мм, толщина 10 мм. Расчет выполнен на ПК «Лира».



Расчетная схема показана на рис. 3, а действующие усилия в элементах на рис. 4.



**Рисунок 3. Расчетная схема опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 450 мм**



**Рисунок 4. Усилия в элементах опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 450 мм**

Максимальные усилия в горизонтальной пластине равны:  $M = 373 \text{ кг} \cdot \text{см}$  ;

Найдем напряжение в горизонтальной пластине и проверим прочность при толщине пластины 10 мм:

$$\sigma = \frac{M}{W_{ед}} = \frac{373}{0,167} = 2233 \text{ кг} / \text{см}^2 \leq R_y \gamma_c = 2450 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Прочность горизонтальной пластины толщиной 10 мм на действие нагрузки **обеспечена**.

Найдем напряжение в горизонтальной пластине и проверим прочность при толщине пластины 8 мм:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{373}{0,106} = 3518 \text{ кг} / \text{см}^2 > R_y \gamma_c = 2450 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Прочность горизонтальной пластины толщиной 8 мм на действие нагрузки **не обеспечена**.

Выполним расчет опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 400 мм.

Распределение моментов в стойке, с горизонтальной пластиной длиной 400 мм, от единичной силы представлено на рис. 5:

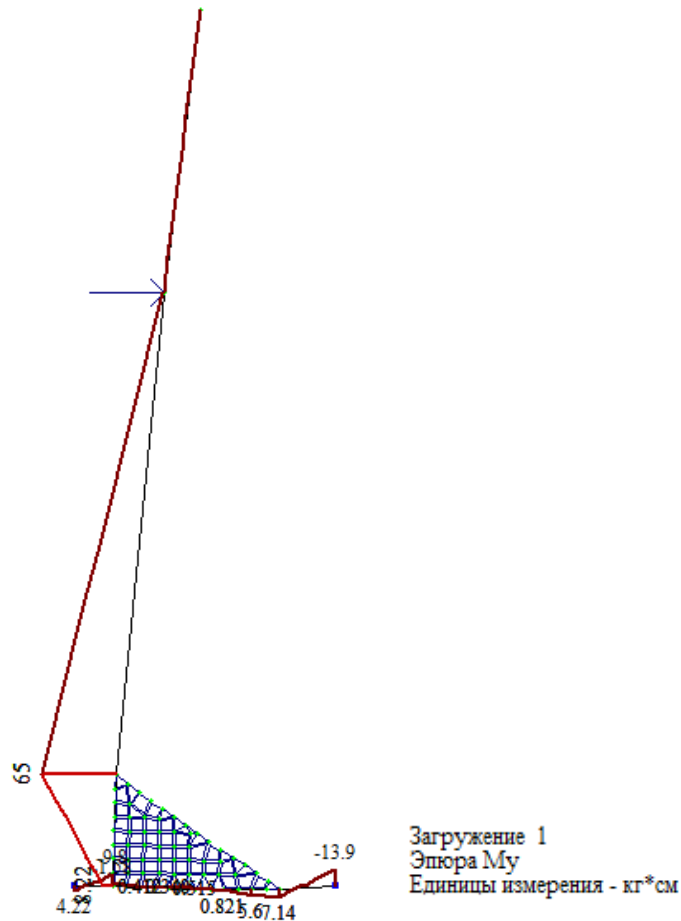
Итак, согласно формуле Мора для опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 400 мм:

$$\begin{aligned} \Pi^{ед} &= \frac{1}{EI} \cdot \int_l M^{ед} \cdot M^{ед} \cdot dl = \\ &= \frac{1}{EI} \cdot \left( \frac{0^2 \cdot 65^2}{2} \cdot 65 + \frac{65^2 \cdot 8,22^2}{2} \cdot 15 + \frac{4,22^2 \cdot (-9,8)^2}{2} \cdot 5 + \frac{(-1,6)^2 \cdot 7,14^2}{2} \cdot 22,5 + \frac{7,14^2 \cdot (-13,9)^2}{2} \cdot 7,5 \right) = \\ &= \frac{1}{EI} \cdot (137312,5 + 32194,3 + 284,6 + 602,3 + 915,7) = \frac{171309,4}{2,06 \cdot 10^6 \cdot 0,483} = 0,172 \text{ кг} \cdot \text{см}. \end{aligned}$$

Реальный (полный) момент  $M^{реал}$ , т. е. момент от полной величины силы, приложенной к стойке определяется по формуле:

$$M^{real} = M^{ed} \cdot X.$$

где:  $X$  — коэффициент пропорциональности, равный отношению полной величины силы к единичной силе.



**Рисунок 5. Распределение моментов в стойке, с горизонтальной пластиной длиной 400 мм, от единичной силы**

Тогда реальная (полная) энергия деформации стойки будет определяться по следующей формуле  $\Pi^{real} = \Pi^{ed} \cdot X^2$ .

Отсюда находим реальную (полную) энергию деформации стойки, приравняв ее к энергии удара о борт:  $\Pi = T$ .

$$\text{Получим: } \Pi^{ed} \cdot X^2 = \frac{mv^2}{2}.$$

С учетом того, что энергия деформации делится между игроками и бортом,

делим ее пополам:  $\Pi_{\text{ед}} \cdot X^2 = \frac{mv^2}{4}$ .

Откуда выражаем  $X$  — коэффициент пропорциональности:

$$X = \sqrt{\frac{mv^2/4}{\Pi_{\text{ед}}}}$$

Подставляем в последнюю формулу, все величины заданные по техническому заданию заказчиком, а именно:

Масса игроков:  $m=160$  кг;

Скорость при ударе о борт:  $v=10$  км/ч =  $10000\text{м}/3600\text{с}=2,77$  м/с;

$$X = \sqrt{\frac{10 \cdot 160 \cdot 2,77^2 / 4}{0,172}} = 134$$

Подставляя, получим:

Для расчетов принято: ширина горизонтальной пластины 58 мм, длина пластины 400 мм, толщина 10 мм. Расчет выполнен на ПК «Лира».

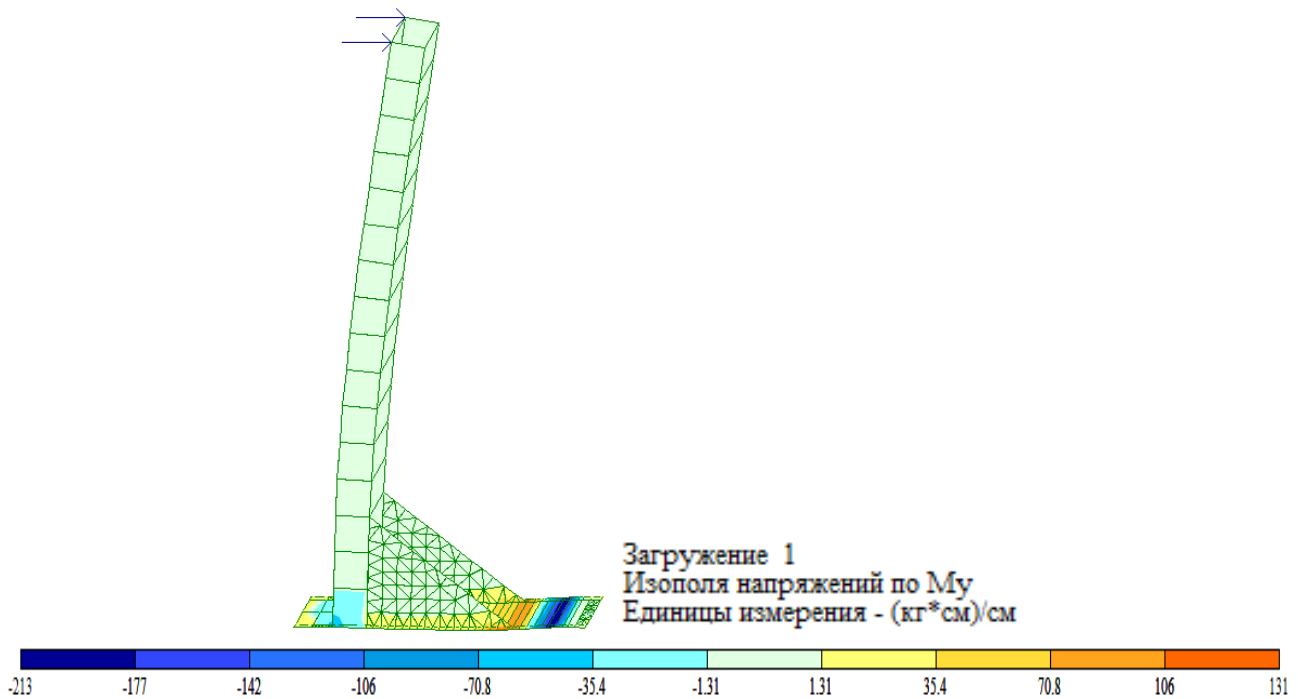
Расчетная схема аналогична предыдущей, а действующие усилия в элементах показаны на рис. 6.

Максимальные усилия в горизонтальной пластине равны:  $M = 278$  кг·см ;

Найдем напряжение в горизонтальной пластине и проверим прочность при толщине пластины 10 мм:

$$\sigma = \frac{M}{W_{\text{ед}}} = \frac{278}{0,167} = 1665 \text{ кг} / \text{см}^2 > R_y \gamma_c = 2450 \text{ кг} / \text{см}^2$$

Прочность горизонтальной пластины толщиной 10 мм на действие нагрузки **обеспечена**.



**Рисунок 6. Усилия в элементах опорной стойки, с горизонтальной пластиной длиной 400 мм**

Найдем напряжение в горизонтальной пластине и проверим прочность при толщине пластины 8 мм:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{278}{0.106} = 2623 \text{ кг/см}^2 > R_y \gamma_c = 2450 \text{ кг/см}^2$$

**Прочность горизонтальной пластины толщиной 8 мм на действие нагрузки не обеспечена.**

### Заключение

1. Расчет несущей способности горизонтальной пластины стойки хоккейного борта показал, что минимальной жесткости при обеспечении прочности пластины длиной 450 мм, соответствует ее толщина 10 мм. При увеличении толщины пластины, жесткость пластины увеличивается, соответственно увеличивается обратное действие борта на игроков. При уменьшении толщины пластины до 8 мм, прочность пластины не обеспечена.

2. Расчет несущей способности горизонтальной пластины стойки хоккейного борта показал, что минимальной жесткости при обеспечении

прочности пластины длиной 400 мм, соответствует ее толщина 10 мм. При увеличении толщины пластины, жесткость пластины увеличивается, соответственно увеличивается обратное действие борта на игроков. При уменьшении толщины пластины до 8 мм, прочность пластины не обеспечена.

3. Жесткость стойки борта, с пластиной 400 мм выше, чем у стойки борта, с пластиной 450 мм.

### **Список литературы:**

1. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов: учебник. Издательство Юрайт, 2011. — 300 с.
2. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов: учебник. Издательство Высшая школа, 2003. — 560 с.

## СЕКЦИЯ 2.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### ПОТОКОВЫЕ ETL ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

***Бегма Татьяна Витальевна***

*студент 6 курса, кафедры математических методов системного анализа ННК  
«ИПСА» НТУУ «КПИ»,  
Украина, г. Киев  
E-mail: [tatianitatati00@gmail.com](mailto:tatianitatati00@gmail.com)*

***Селин Александр Николаевич***

*научный руководитель, доцент кафедры математических методов  
системного анализа ННК «ИПСА» НТУУ «КПИ»,  
Украина, г. Киев*

Построение проекта ETL хранилища данных в реальном времени требует классификации некоторых расплывчатых бизнес-целей, понимая, разнообразный набор технологий, имея представление о некоторых программных подходах, которые имеют успешный опыт применения другими, и развитие инженерной гибкости и творчества. Эта сфера остается молодой, с новыми технологиями, возникающими новыми словарями. Очевидно, эта ситуация способствует возникновению неприятностей, но хранение данных в режиме реального времени бросает вызов ранним последователям с большим потенциалом, и позволяет добиться конкурентного преимущества в данной области, а интригующий риск достается самым смелым в качестве компромисса и вознаграждения.

Не так давно инженеры яростно защищали понятие, что хранилище данных, должно предоставлять непоколебимой набор данных для людей принимающих бизнес-решения [1, с. 4], обеспечивая надежную информационную основу, на которую можно положиться. Вплоть до этого момента отчетности мешала изменчивость данных, бизнес-пользователи обращались на производственные приложения, на которых работал бизнес. Таким образом,

пользователи должны были, создавать запросы в хранилище данных для получения исторической картинке того, что произошло в бизнесе по состоянию на вчера и приходилось искать по всем многочисленным OLTP системам для формирования картины того, что происходит сегодня. Бизнес-пользователи никогда полностью не примут этот разрыв. Почему они не могут обратиться в одно место, чтобы получить бизнес информацию, которая им нужна?

Что ж, многое изменилось, и хранилища данных теперь стали жертвой собственного успеха. Хотя задержка между бизнес-операциями и их появлением в хранилище данных, как правило, меньше, чем 24 часа, для многих стремительно развивающихся организаций в отраслях с живой динамикой изменения данных, эта задержка слишком велика [2, с. 1]. Тут хранилище данных становится критически важным, слишком затратным кормление ценной информации операционным системам, которые затем используются для обработки операций, персонализации приложений, и расчета самых выгодных акций. Тогда когда загрузка более свежей информации — всегда актуальна.

ETL хранилища данных в реальном времени, по определению Ральфа Кимпбела [5, с. 58], является неправильным названием для категории хранилищ данных, которые больше являются БД в реальном времени, чем, во многих случаях, ETL. Вместо этого, термин относится к программному обеспечению, которое переносит данные асинхронно в хранилище данных с какой-то срочностью в течении нескольких минут для выполнения бизнес-операций. Во многих случаях, разработка хранилища данных в режиме реального времени требует подходов, весьма отличающихся от методов ETL [3, с. 46], используемых в пакетно-ориентированном хранилище данных. Просто использование обычных пакетов ETL, которое становится все более и более частым в течение дня может быть не практично, также как и при использовании OLTP систем в хранилище данных. И наоборот, в том числе у хранилищ данных в OLTP системах логика комитов (*commit*) и транзакций также может



не работать. Системы OLTP не могут позволить себе роскошь в ожидании завершения отработки транзакций комита хранилища данных чтобы начать обрабатывать свою следующую транзакцию, так же как и не могут позволить ожидания какого-либо лока (*locking*) или практику использования логики комитов с двухфазной фиксации в системах с различной структурой и различными уровнями детализации. Вместо этого, большинство стремится просто переместить новые транзакции в специальный раздел в реальном времени (*real-time partition*) из хранилища данных в котором некоторые временные рамки считаются приемлемыми для бизнеса, обеспечивая аналитическую поддержку день-в-день оперативными решениями. В настоящее время, эта процедура является нашим практическим определением ETL в реальном времени.

Хранилища данных в реальном времени представляет ряд уникальных задач и возможностей для инженера ETL. С точки зрения технической архитектуры, у него есть огромный потенциал чтобы изменить, подход большого взрыва, необходимый во время ночных сессий ETL нагрузок Windows, на непрерывный ETL-подобный поток на протяжении всего дня [1, с. 1]. Требования к доступности системы могут усложняться и расти так как в бизнесе приходится полагаться на наличие быстрого ответа от бизнес операций в хранилищах данных. Если организация отдает предпочтение подходу использования менеджера в режиме реального времени, описанном выше, доступ и наличие данных становятся стратегическим преимуществом.

С точки зрения архитектуры, хранилище данных в режиме реального времени сталкивается с проблемой позиционирования [4, с. 102], в которой хранилище данных представляется как система дискретных периодических измерений — провайдер бизнес снимков (*snapshots*) — пропагандируя взамен систему комплексной и непрерывной во времени информации. Этот сдвиг будет происходить незаметно, если, например, частота загрузки информации будет производиться не один раз в день, а каждые 15 минут, но, в тоже время, разницу нельзя будет не заметить, если загрузка фактов и записей измерений

будет происходить непрерывно. В таком случае хранилище данных может захватить данные бизнес операции и их контекст в каждый момент времени. Медленно меняющиеся измерения становятся быстро меняющимися измерениями, и поведение хранилища данных принимает более оперативный характер. На самом деле, если хранилище данных реального времени также будет поддерживать измерения в реальном времени в соответствии с синхронизацией, это тогда может превратиться в логическое продолжение самих операционных систем.

От подхода режима реального времени к хранилищам данных можно проследить четкую линию к тому, что изначально называлось ODS (Operational data store). Мотивы оригинальной ODS были похожи на современные хранилища данных в режиме реального времени, но реализация хранилища данных в режиме реального времени отражает новое поколение аппаратных средств, программного обеспечения, и аналитических подходов.

Некоторые другие важные факторы вступили в сговор с целью заставить практикующих хранилищ данных переосмыслить некоторые более ранние основы: Управление взаимоотношениями с клиентами (CRM — Customer relationship management). Постоянные требования CRM [6, с. 80]: современный, последовательный и целостный образ клиента, который доступен для всех операционных систем, которые непосредственно или косвенно служат клиент-совсем — это непростая задача. Несмотря на маркетинговые требования ведущих поставщиков CRM, эта возможность не может быть приобретена с полки; если еще не все системы ориентированные на клиента ушли в отставку, то они упакованы в CRM комплект, предприятия также должны включать в режим реального времени все приложения с унаследованными транзакциями. Хранилищам данных, конечно, абсолютно необходимо постоянная информация о клиентах из транзакций и об операционной деятельности, но более того, операционные системы опираются на хранилища данных обогащенные информацией о клиентах, тоже. Таким образом, можно предсказать, что организации начали исследовать архитектурные альтернативы,

которые могут поддерживать более обобщенные интеграционные сценарии движущихся оперативных данных между приложениями и синхронно загружающихся и выгружающихся из хранилища данных с все возрастающей срочностью.

### **Список литературы:**

1. Томашевский В.Н. Математическая модель задачи проектирования гибридных хранилищ данных с учетом структур источников данных [Текст]. Вестник НТУУ "КПИ". Информатика, управление и вычислительная техника: Сб. науч. пр. / Томашевский В.Н., Яцишин А.Ю. К.: Век +, — 2011. — № 53. — 211 с. 13.
2. Яцишин А.Ю. Применение генетического алгоритма для проектирования гибридных хранилищ данных [Текст]. Вестник Нац. ун-та «Львовская политехника», секция "Информационные системы и сети", / Яцишин А.Ю. Львов 2011.
3. Fast Discovery of Association Rules / R. Agrawal etc. // Advances in Knowledge Discovery and Data Mining. Menlo Park, Calif : AAAI Press, 1996. Chap. 12.
4. Discovery and Data Mining. Menlo Park, Calif.: AAAI Press, 1997.
5. Ralph Kimball. The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling [Текст] / RalphKimball Wiley, 2002 — 436 p.
6. Srikant R. Mining Association Rules with Item Constraints/ R. Srikant, Q. Vu, R. Agrawal // Proc. Third Int'l Conf. Knowledge.

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**Гагloeва Марина Валерьевна**

*студент 2 курса, кафедра информационных систем в экономике  
Северо-Кавказского горно-металлургического института  
(государственного технологического университета,  
РФ, г. Владикавказ  
E-mail: [marina\\_gagloeva@mail.ru](mailto:marina_gagloeva@mail.ru)*

**Авосопяиц Наринэ Владимировна**

*студент 2 курса, кафедра информационных систем в экономике  
Северо-Кавказского горно-металлургического института  
(государственного технологического университета),  
РФ, г. Владикавказ  
E-mail: [nari5555@mail.ru](mailto:nari5555@mail.ru)*

**Гагloeва Индира Эдуардовна**

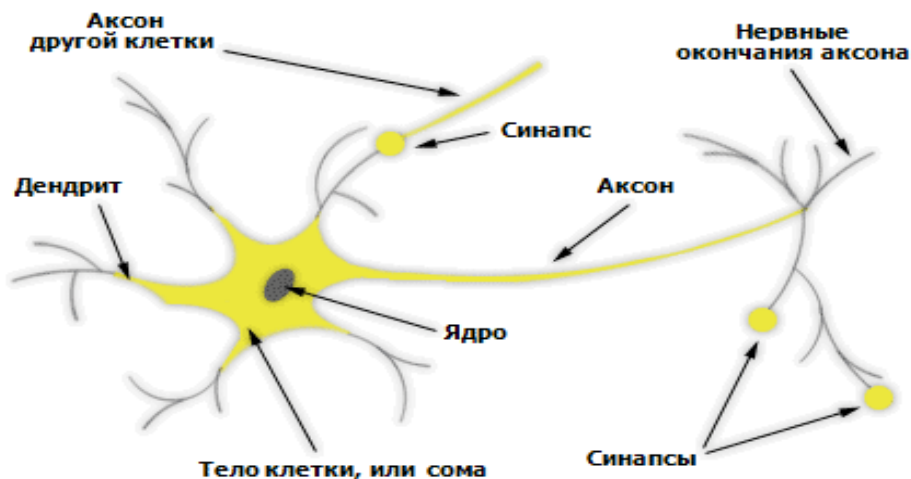
*научный руководитель, канд. техн. наук, ассистент кафедры информационных систем в экономике Северо-Кавказского горно-металлургического института  
(государственного технологического университета),  
РФ, г. Владикавказ*

Интеллектуальный анализ данных представляет собой процесс обработки разнородных данных и выявления в них скрытых закономерностей, помогающих принимать решения. В связи с лавинообразным возрастанием объема информации в различных отраслях человеческой деятельности методы интеллектуального анализа данных получили наибольшую актуальность. К основным методам интеллектуального анализа данных относятся: искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткие множества [1].

В настоящее время технология интеллектуального анализа данных содержит множество различных подходов обнаружения знаний. Одним из эффективных методов при решении подобных задач является применение искусственных нейронных сетей.

Нервная система человека состоит из множества нейронов характеризуется большой степенью сложности, так как примерно  $10^{11}$  нейронов участвуют в примерно  $10^{15}$  передающих связях. Нейрон обладает уникальной

способностью приема, обработки, а также передачи сигналов по нервным путям, которые образуют коммуникационную систему мозга.



**Рисунок 1. Биологический нейрон**

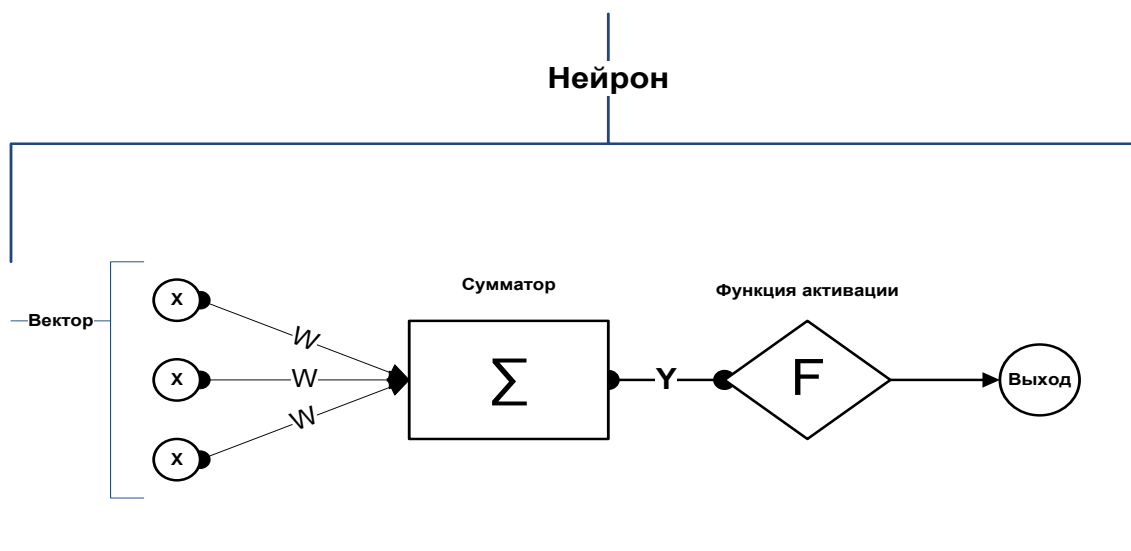
На рисунке 1 приведена структура биологического нейрона. Дендриты идут от тела нервной клетки к другим нейронам, где они принимают сигналы в точках соединения, называемых синапсами. Принятые синапсом входные сигналы подводятся к телу нейрона. Здесь они суммируются, причем одни входы стремятся возбудить нейрон, другие — воспрепятствовать его возбуждению. Когда суммарное возбуждение в теле нейрона превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, посылая по аксону сигнал другим нейронам [2; 3].

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам исследований искусственных нейронных сетей, так как с помощью нейронной сети можно смоделировать работу нервной системы, а также ее способность обучаться и исправлять ошибки.

Составной частью нейронной сети является нейрон, в состав которого входят сумматоры, умножители и нелинейный преобразователь. Синапсы осуществляют связь между нейронами и умножают входной сигнал на число, характеризующее силу связи, веса синапсов.

На рисунке 2 представлена структура искусственного нейрона.

Сумматор выполняет сложение сигналов, поступающих по синоптическим связям от других нейронов или внешних входных сигналов. Нелинейный преобразователь реализует нелинейную функцию одного аргумента — выхода сумматора. Это функция называется «функцией активации» или «передаточной функцией» нейрона [4].



**Рисунок 2. Структура искусственного нейрона**

Математическая модель нейрона описывается выражением (1).

$$x_i = f(s) = f\left(\sum_{l=0}^L w_{il} f\left(\sum_{k=0}^K w_{lk} d_k\right)\right), \quad (1)$$

где:  $d_k$  — компонент входного вектора ( $k = \overline{1, K}$ );

$w_{lk}$  — весовые коэффициенты между входным и скрытым слоями ( $l = \overline{1, L}$ );

$w_{il}$  — весовые коэффициенты между скрытым и выходным слоями ( $i = \overline{1, I}$ );

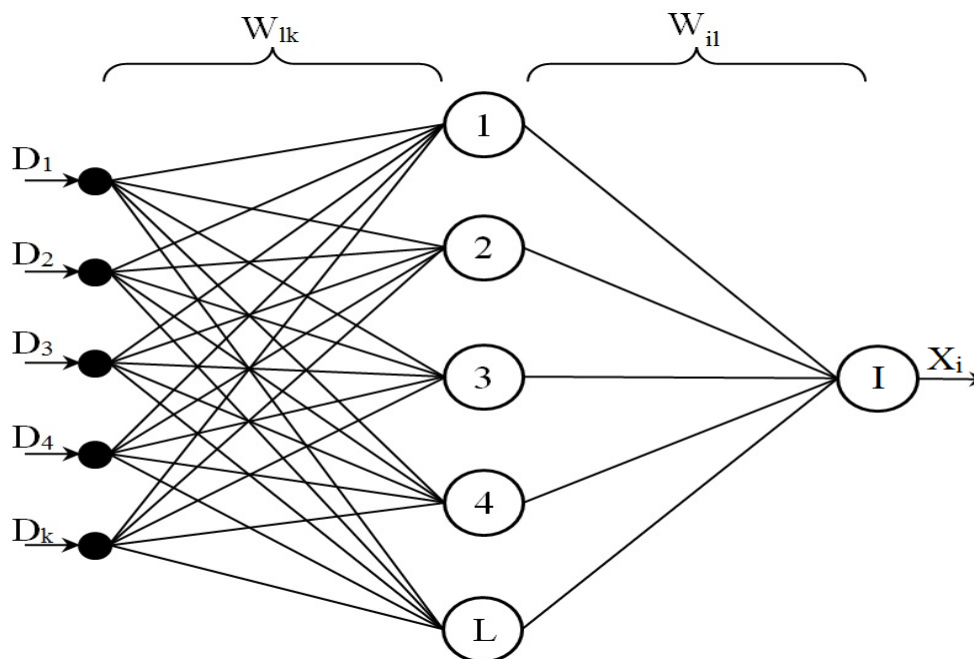
$L$  — число нейронов в скрытом слое;

$f(s)$  — функция активации;

$x_i$  — выходной сигнал.

При моделировании нейронных сетей могут быть использованы различные типы архитектур, такие как самоорганизующиеся сети Хемминга и Хопфилда,

сети Кохонена, рециркуляционные, рекуррентные, встречного распознавания и др. На рисунке 3 рассмотрена структура многослойного персептрона и схема преобразования множества входных данных  $d_k$  в правильный выходной сигнал  $x_i$ .



**Рисунок 3. Схема преобразования входных данных**

Для каждого входного сигнала заранее экспериментальным путем определяется количество нейронов на входе, на выходе имеется один нейрон, отражающий конечный результат.

Таким образом, на вход нейронной сети подается  $k$ -мерный вектор  $D_k$ . Оптимальное количество нейронов в скрытом слое  $L$  подбирается экспериментально. Выражение (1) описывает результат классификации множества входных сигналов  $X_i = X_i(D_k)$ .

Наиболее распространенные функции активации нейронных элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

## Перечень функции активации нейронов

Наименование функции	Функция	Область значений
Пороговая бинарная	$f(S) = \begin{cases} 0, & S < \theta, \\ 1, & S \geq \theta \end{cases}$	0, 1
Пороговая биполярная	$f(S) = \begin{cases} 1, & S > 0, \\ -1, & S \leq 0 \end{cases}$	-1, 1
Сигмоидная	$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-cS}}$	[0, 1]
Полулинейная	$f(S) = \begin{cases} S, & S > 0, \\ 0, & S \leq 0 \end{cases}$	(0, ∞)
Линейная	$f(S) = kS$	(-∞, ∞)
Радиальная базисная	$f(S) = \exp\left(\frac{-0,5 \cdot S^2}{2 \cdot \sigma^2}\right)$	(0, 1)
Полулинейная с насыщением	$f(S) = \begin{cases} 0, & S \leq 0, \\ S, & 0 < S < 1, \\ 1, & S \geq 1 \end{cases}$	(0, 1)
Линейная ограниченная	$f(S) = \begin{cases} -1, & S \leq -1, \\ S, & -1 < S < 1, \\ 1, & S \geq 1 \end{cases}$	(-1, 1)
Гиперболический Тангенс	$f(S) = th(cS) = \frac{e^{cS} - e^{-cS}}{e^{cS} + e^{-cS}}$	(-1, 1)
Модифицированная Пороговая	$y(t+1) = \begin{cases} -1, & S > 0, \\ y(t), & S = 0, \\ 1, & S < 0 \end{cases}$	-1, 1
Биполярная сигмоидная	$f(S) = \frac{2}{1 + e^{-S}} - 1$	[-1, 1]
Треугольная	$f(S) = \begin{cases} 1 -  S , &  S  \leq 1, \\ 0, &  S  > 1 \end{cases}$	(0, 1)

Применение различных функций активации определяется классом решаемых нейронной сетью задач.

Наибольшее распространение получила сигмоидная функция активации нейронов, так как является монотонной и всюду дифференцируемой, т. е. непрерывной, возрастающей функцией в диапазоне значений [0, 1]. Данная функция описывается формулой:



$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}. \quad (2)$$

Таким образом, многослойный персептрон с сигмоидной функцией активации нейронов способен аппроксимировать любую функциональную зависимость.

Важным этапом при построении нейросетевой модели является выбор алгоритма обучения. Можно выделить три основных вида алгоритма [2; 3]:

1. алгоритмы инициализации, которые относятся к методам, инициализирующим веса нейронной сети до ее обучения;
2. контролируемое обучение (с учителем), при котором изменяются веса, используя наборы обучающих выборок, включающих входные значения и известные значения выходов;
3. неконтролируемое обучение (без учителя), при котором веса изменяются, используя наборы входов.

Рассматриваемая многослойная нейронная сеть прямого распространения обучается с учителем. Это означает, что должно быть задано множество пар векторов:  $\{d_n, g_n\}$ , где  $\{d_n\}$  — формализованное условие задачи, а  $\{g_n\}$  — известное решение (истинный выход) для этого условия.

Совокупность пар  $\{d_n, g_n\}$  составляет обучающее множество.

Количество элементов в обучающем множестве  $N$  — должно быть достаточным для обучения сети, чтобы под управлением алгоритма сформировать набор параметров сети, дающий нужное отображение  $D \rightarrow X$ .

Задача обучения нейронной сети сводится к подбору таких значений весов сети, чтобы ошибка была минимальна для данного обучающего множества  $\{d_n, g_n\}$ . Каждый раз, когда входной вектор от учебного набора применен к сети, сеть производит фактический выход. Мы можем таким образом определить квадратичную ошибку для этого входного вектора, суммируя квадратичные ошибки в каждом узле выхода:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{s=1}^S (x_s - g_s)^2, \quad (3)$$

Процесс обучения рассматривается как задача многомерной оптимизации, которая состоит в поиске оптимальных значений весовых коэффициентов  $w$ . Главная задача в обучении нейронной сети, это минимизировать квадратичную ошибку. Мы можем также определить полную квадратичную ошибку  $E$ , суммируя все пары входа — выхода в учебном наборе [5]:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S (x_{ls} - g_{ls})^2 \quad (4)$$

Рассмотрим узел  $s$  в скрытом слое, его выход характеризуется функцией  $f(net_s)$ , где  $net_s$  является суммой выходов входного слоя:

$$net_s = \sum_{k=1}^K w_{ik} d_k, \quad (5)$$

Для минимизации квадратичной ошибки, будем использовать алгоритм градиентного спуска. Определим, какое направление является «скоростным спуском» на поверхности ошибок и изменим каждый вес  $w$  так, чтобы мы двигались в этом направлении. Математически это означает, что каждый вес  $w$  будет изменен на небольшое значение  $dw$  в направлении уменьшения  $E$ :

$$w(t+1) = w(t) + \Delta w(t), \quad (6)$$

где:  $\Delta w(t) = -\theta \frac{dE}{dw} \Big|_t;$

$w(t)$  — вес во время  $t$ ;

$w(t+1)$  — обновленный вес.

Выражение (2.4) называется обобщенным дельта-правилом. Чтобы выполнить градиентный спуск, необходимо найти частную производную  $\frac{dE}{dw}$  каждого веса.

Для корректировки весов, между скрытым и выходным слоем, нужно найти частную производную, для каждого узла выходного слоя.

$$\frac{dE}{dw_{lk}} = (x_s - g_s)x_s(1 - x_s)d_k. \quad (7)$$

Таким образом мы нашли частную производную ошибки  $E$  по весам  $w_{il}$  и можем использовать этот результат в уравнение (2.4), чтобы выполнить градиентный спуск для всех весов между скрытым и выходным слоям.

Теперь рассмотрим веса, между входным слоем и скрытым слоем.

$$\frac{dE}{dw_{lk}} = \sum_{s=1}^S \frac{dE}{dx_s} \frac{dx_s}{dnet_s} \frac{dnet_s}{dh_l} \frac{dh_l}{dnet_s} \frac{dnet_s}{dw_{lk}}. \quad (8)$$

$$\frac{dE}{dw_{lk}} = \sum_{s=1}^S (x_s - g_s)x_s(1 - x_s)w_{lk}d_k(1 - d_k)d_k. \quad (9)$$

Таким образом мы нашли частную производную ошибки  $E$  по весу на основе известных величин.

В процессе экспериментов должны быть подобраны параметры, при которых достигаются приемлемые параметры скорости сходимости и качества решения.

Выбор структуры нейронной сети осуществляется в соответствии с особенностями и сложностью задачи. Для решения отдельных типов задач уже существуют оптимальные конфигурации. Если же задача не может быть сведена ни к одному из известных типов, приходится решать сложную проблему синтеза новой конфигурации.

### Список литературы:

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственные интеллект. Современный подход. М.: Изд-во «Вильямс», 2006. — 1408 с.
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия — Телеком, 2008. — 452 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Изд-во «Вильямс», 2006. — 1104 с.
4. Кудухов А.Н. Гаглоева И.Э. Анализ особенностей обучения нейронных сетей // I Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы современной науки». Ставрополь: 2014. — С. 162—166.
5. Кудухов А.Н. Анализ структуры организации нейронных сетей // Труды молодых ученых. Владикавказ: Изд-во «Терек», — 2013, — Т. 4. — С. 96—101.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЮРВЕЙЕРСКИХ КОМПАНИЙ

*Мельников Вячеслав Евгеньевич*

*студент 6 курса, магистрант кафедры информационных технологий ОНМУ,  
Украина, г. Одесса  
E-mail: [kalacef@rambler.ru](mailto:kalacef@rambler.ru)*

*Бойко Виктор Дмитриевич*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ОНМУ,  
Украина, г. Одесса*

**Цель:** разработка кроссплатформенного программного обеспечения, определяющего массу груза на судне методом драфт-сюрвея (Draft Survey).

Транспортный процесс характеризуется многофакторностью. Необходимо учитывать множество факторов, влияние которых сказывается на различных этапах транспортировки груза и могут приводить ко временным и финансовым потерям.

При транспортировке грузов морем возникает необходимость в привлечении независимых сюрвейеров, осуществляющих экспертизу груза. Качество сюрвейеского обслуживания влияет на работу судовладельцев, операторов логистических систем, грузоотправителей, грузополучателей и страховых компаний.

Надежная связь между службами порта, клиентами и персоналом сюрвейерских компаний позволяет ускорить обслуживание судов и свести к минимуму временные задержки в транспортном процессе.

Задачей драфт-сюрвея является определение массы груза, находящегося на борту судна. Суть метода заключается в определении водоизмещения загруженного судна и судна порожнем и разности между этими значениями, которая и составляет искомую массу груза [2, с. 22]. Масса судна, равная массе воды, вытесненной судном, называется *весовым водоизмещением*. Так как водоизмещение судна изменяется в зависимости от степени его загрузки, то определенному значению оседания отвечает определенное водоизмещение.

Общая схема расчета количества груза по осадке выглядит следующим образом:

- снятие осадок и расчет средней осадки судна;
- определение количества переменных судовых запасов;
- определение водоизмещения судна;
- определение массы груза [1, с. 2].

Большинство компаний, оказывающих сюрвейерские услуги, либо не используют в оценке компьютерные системы, либо используют устаревшие средства и методы автоматизированного расчета, что отрицательно сказывается на эффективности работы.

На сегодняшний день среди готовых решений для проведения расчетов по методу Draft Survey существует несколько сходных решений, реализованных в пакете Microsoft Excel. Существует также единственный коммерческий продукт, предположительно реализованный в среде программирования Delphi. Для улучшения скорости, качества работы и уровня менеджмента сюрвейерских компаний необходим некоммерческий программный продукт, использующий современные методы оценки и автоматизированного расчета. Такой продукт должен отвечать следующим требованиям:

- кроссплатформенность;
- возможность расчета количества груза по осадке судна без использования гидростатических таблиц;
- возможность расчета количества груза по осадке судна с использованием гидростатических таблиц;
- создание, редактирование и удаление профилей судов из базы программы;
- просмотр результатов расчета перед созданием отчета;
- удобный пользовательский интерфейс;
- возможность формирования отчета в формате .ods;
- возможность экспорта и импорта расчетов в формате .dsr (xml).

Для разработки программного продукта был выбран язык программирования Java и графическая библиотека Swing. В качестве среды разработки использовалась среда NetBeans компании Oracle.

Программный продукт может выполнять расчеты в двух режимах: «manual survey» и «auto survey».

“Manual survey” предполагает самостоятельный расчет поправок к осадкам, а также таких величин как: водоизмещение, LCF, TPC, MCT (через обращение к гидростатическим таблицам судна).

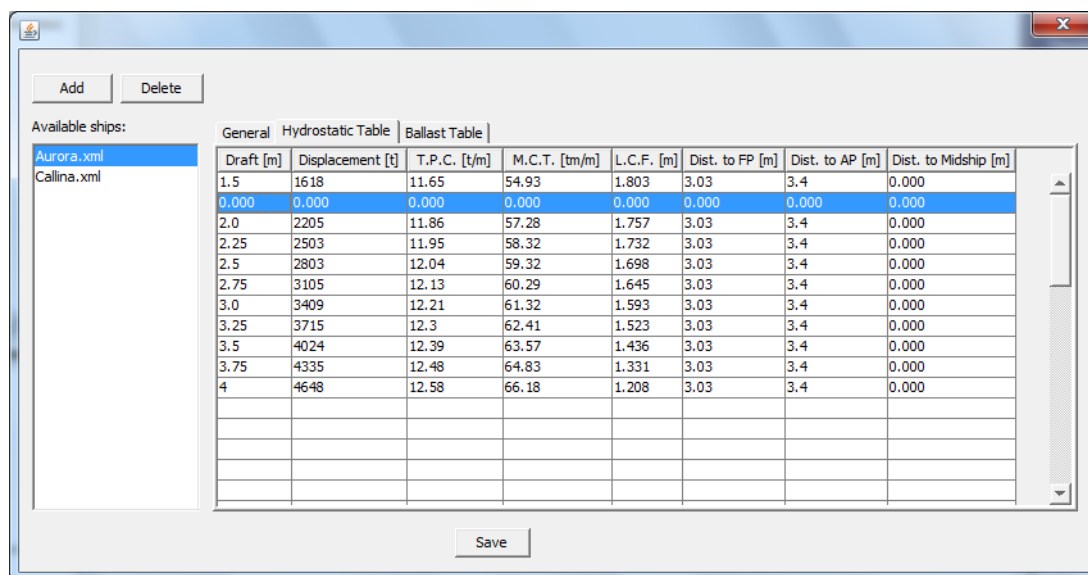
Введенные данные позволяют рассчитать реальную осадку и водоизмещение. Режим «manual survey» предполагает выбор единиц измерения (футы либо метры), условия (загрузка или выгрузка) и формы судна (finer lined либо box shaped). После выбора настроек пользователь может приступить к вводу исходных данных. Сначала вводится общая информация о судне, затем численные данные относительно начального и конечного сюрвея (судно порожнем и загруженное судно) и таблицы балластов (рис. 1).

Section	Parameter	Value
Ship Information	Ship name	ANASTACIA
	Voyage No.	56/2
	Cargo Name	NPK in bulk
	L.B.P.	177
	Port of Loading	YUZHNY, UKRAINE
	Constant	510.2516
Light ship	Light ship	9406
	Port of Discharge	
Total Cargo	Total Cargo	22000.0006
Initial Survey	Date	17 February 2012
	Density	1.012
Forward Draft	Port Side	3.953
	Stbd Side	3.973
	Correction	-0.042
	True Draft	3.921
Aft Draft	Port Side	6.433
	Stbd Side	6.433
	Correction	0.106
	True Draft	6.539
Amidships Draft	Port Side	5.103
	Stbd Side	5.233
	Correction	-0.01
	True Draft	5.158
Deductions	Fuel Oil	750.3
	Diesel	49.3
	Lub. Oil	57
	Sludge	0.0000
	Ballast Water	10445.595
	Fresh Water	45
	Others	70.8
Total	11417.995	
Calculations	Mean of Means	5.176
	M. of M. (+0.5 m)	5.676
	M. of M. (-0.5 m)	4.676
	Displacement	21884.48
	LCF	-4.651
	T.P.C.	44.7
M.C.T. (+0.5 m)	M.C.T. (+0.5 m)	475.044
	M.C.T. (-0.5 m)	458.864
Results	Trim	2.618
	Hull Deflection	
	List Correction	0.0000
	1st Trim Correction	-307.5036
	2st Trim Correction	31.3267
Density Correction	Density Correction	21334.2466
	Corrected Displ.	21608.3031
	Netto Displ.	9916.2516

Рисунок 1. Пример расчета в режиме “manual survey”

По сравнению с предыдущим режимом работы, режим «auto survey» имеет большее преимущество, поскольку пользователю, который заранее сохранил информацию о судне в программном продукте, нет необходимости вручную проводить расчет поправок к осадкам, а также водоизмещения, LCF, TPC, MCT. Программный продукт сделает это за него. Это позволит сэкономить время в случае, когда судно регулярно обслуживается сюрвейерской компанией.

В программном продукте предусмотрен отдельный модуль, отвечающий за создание, редактирование и удаление доступных сюрвейеру профилей судов. Данный модуль имеет название Ship manager и изображен на рис. 2. Все данные о судне хранятся в формате XML.



**Рисунок 2. Модуль Ship manager**

При использовании метода «auto survey» пользователь выбирает профиль судна из списка имеющихся в Ship Manager профилей судов, а также режим расчета поправок к осадкам (автоматически или вручную). Текстовые поля «Название судна», «LBP», «Correction», «Light Ship», «Водоизмещение», «LCF», «TPC», «MCT» становятся недоступными для ввода. После чего остается ввести значения осадок судна и данные о переменных судовых запасах. Если рассчитанное значение средней из средних осадок выходит за диапазон

значений гидростатической таблицы, пользователю выдается сообщение об ошибке.

Forward Draft	Aft Draft	Amidships Draft
Port Side: 2	Port Side: 2.4	Port Side: 2
Stbd Side: 2	Stbd Side: 2.55	Stbd Side: 2
Correction: -0.024	Correction: 0.027	Correction: 0.0
True Draft: 1.9837	True Draft: 2.4933	True Draft: 2.0

Deductions	Calculations	Results
Fuel Oil: 0.0000	Mean of Means: 2.0596	Trim: 0.5096
Diesel Oil: 0.0000	M. of M. (+0.5 m): 2.5596	Hull Deflection:
Lub. Oil: 0.0000	M. of M. (-0.5 m): 1.5596	List Correction: 0.0000
Sludge: 0.0000	Displacement: 2276.0432	1st Trim Correction: 11.1953
Ballast Water: 2000	LCF: 1.751	2st Trim Correction: 0.5952
Fresh Water: 0.0000	T.P.C.: 11.8815	Density Correction: 2287.8337
Others: 0.0000	M.C.T. (+0.5 m): 59.5512	Corrected Displ.: 2287.8337
Total: 2000.0	M.C.T. (-0.5 m): 55.2101	Netto Displ.: 287.8337

**Рисунок 3. Пример расчета в режиме “auto survey”**

Программный продукт предоставляет возможность экспорта итогов расчета в файл-шаблон в свободном кроссплатоформенном формате .ods.

Таким образом, в ходе работы был проведен анализ проблемы, выбрано решение и инструментальная база и создано программное обеспечение для работы сюрвейерских компаний и независимых сюрвейеров, позволяющее определять массу груза, находящегося на борту судна методом Draft Survey. Данный метод является наиболее распространенным методом расчета для навалочных грузов. Для автоматизации процесса расчета были использованы гидростатические таблицы. Использование полученного программного продукта обеспечивает сюрвейера удобным графическим интерфейсом, избавляет его от необходимости постоянно обращаться



к гидростатическим таблицам судна. Полученный продукт может работать на наиболее распространенных операционных системах (Mac, Windows, Linux), а также экспортирует результаты в кроссплатформенный свободный формат отчетов (ods), который стандартизован сообществом OASIS и принят как международный стандарт ISO/IEC 26300. Это должно позитивно сказаться на скорости и эффективности работы сюрвейера и минимизировать издержки при транспортировке грузов [3].

### **Список литературы:**

1. Давыдов И., Атанов В., Гриценко А. Количественный сюрвей. Одесса, 2001. — 38 с.
2. Ляшенко А. Введение в морской сюрвей. Одесса, 2001. — 59 с.
3. Системные требования — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://java.com/ru/download/help/sysreq.xml>

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Мифтахутдинов Динар Ильдусович**

*студент 1 курса магистратуры, факультет технической кибернетики  
и информатики, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева,  
РФ, г. Казань  
E-mail: [mdi\\_55@mail.ru](mailto:mdi_55@mail.ru)*

**Ризаев Ильдус Султанович**

*научный руководитель, канд. техн. наук, профессор каф. АСОиУ,  
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева,  
РФ, г. Казань*

В данной статье рассмотрены вопросы геометрической обработки изображений. Материал базируется на работах, приведенных в списке источников, в основном на монографии.

Важность указанных вопросов связана с тем, что обнаружение и распознавание объектов в бортовой системе летательного аппарата основана на оценке их характеристик на изображениях.

Процесс геометрической обработки можно выполнять в два этапа. На первом этапе выполняются сложные в вычислительном отношении координатные преобразования, описываемые функциями  $x = F(m, n)$ ,  $y = G(m, n)$ . Эти преобразования производятся для ограниченного числа точек, расположенных в узлах регулярной прямоугольной решетки плоскости исходного изображения. Число узловых точек можно выбрать значительно меньше их общего количества, получив приемлемое время преобразования. На втором этапе в пределах отдельных фрагментов выполняются массовые координатные преобразования всех элементов изображения по простейшим, обычно линейным, функциям. Такие преобразования называют поэлементными.

Для поэлементных преобразований используются следующие подходы [1]:

1. Приближение функции в окрестностях узловой точки рядом Тейлора;
2. Кусочно-аффинное приближение;
3. Кусочно-билинейное приближение.

Наиболее оптимальным является подход, основанный на кусочно-билинейном преобразовании.

Если рассматривать пространственную привязку изображений, то наиболее быстро пространственная привязка изображений осуществляется с использованием систем ГЛОНАСС/GPS. Однако из-за ошибок измерения навигационных параметров в этом случае необходимо решать задачу уточнения пространственной привязки изображений. Принципиально важным здесь является выбор механизма фильтрации вектора положения, вектора скорости и вектора ориентации летательного аппарата.

Один из подходов основан на фильтрации непосредственно самих измерений, полученных посредством систем ГЛОНАСС/GPS, по методу наименьших квадратов [3]. Этот метод дает оптимальные по точности оценки при допущении, что ошибки измерений подчинены нормальному закону и имеют нулевые математические ожидания. В этом случае проводят  $2K + 1$  измерений искомого параметра, считая, что отсчеты имеют номера от  $-K$  до  $K$ . Затем методом наименьших квадратов находят постоянный коэффициент полинома 2-го порядка, который принимают в качестве значения параметра в нулевой момент времени. Этот подход позволяет получить быстрый алгоритм вычислений.

В качестве опорной координатной информации для привязки изображений могут выступать высокоточные электронные карты [3]. В этом случае процесс привязки базируется на автоматической или автоматизированной идентификации объектов карты (обычно это речная сеть и береговые линии морей и озер) с одноименными объектами на изображении. Данный подход уступает по оперативности решению аналогичной задачи по данным систем ГЛОНАСС/GPS, но позволяет выполнять ее практически с точностью, определяемой разрешающей способностью изображения и точностью карты. Кроме того, он отличается высокой степенью автономности.

При использовании электронных карт на них выделяются опорные точки, которые затем ищутся на изображении. В результате устанавливается

соответствие между опорными точками изображения и электронной карты, на основе которого определяются картографические координаты остальных точек на изображении.

В случае реализации автоматической процедуры привязки изображения к электронной карте, как правило, применяются корреляционно-экстремальное совмещение контуров [2].

Современные системы дистанционного зондирования Земли, используемые для решения разведывательных и навигационных задач, широко применяют метод одновременной съемки земной поверхности в нескольких спектральных диапазонах.

При комплексировании синхронно формируемых изображений необходимо решить задачи геометрического объединения и фотометрического выравнивания. В результате формируется суммарное изображение, которое является либо улучшенным за счет использования множества спектральных диапазонов, либо за счет многократного увеличения полосы обзора.

Пусть необходимо выполнить комплексирование изображений для увеличения полосы обзора. Опишем изображения, формируемые в результате синхронной съемки, как  $B_i(m_i, n_i)$ ,  $i = 1, \dots, I$ ,  $m_i = 1, \dots, M$ ,  $n_i = 1, \dots, N$ , где  $i$  — номер изображения,  $I \geq 2$  — число сканирующих устройств. Эти изображения регистрируются в различных системах координат  $(m_i, n_i)$  и имеют небольшие перекрытия по координате  $m_i$ . Необходимо на основе объединения  $B_i(m_i, n_i)$ ,  $i = 1, \dots, I$ , сформировать в заданной картографической проекции изображение  $D(x, y)$ ,  $x = 1, \dots, X$ ,  $y = 1, \dots, Y$ , соответствующее случаю съемки некоторым виртуальным датчиком с многократно расширенной полосой обзора [4]. Из-за неточности измерения параметров юстировки датчиков и смещения их полей зрения в общих областях имеются взаимные нелинейные геометрические искажения. Поэтому для получения общего изображения, охватывающего суммарную область наблюдения всех датчиков, необходимо устранить общие и относительные геометрические искажения, присущие сканерной съемке.

Возможны три различные технологии получения единого кадра по серии синхронно формируемых снимков [4].

1. Одно из исходных изображений выбирается в качестве базового, и далее к нему последовательно присоединяются все остальные. Функции геометрической коррекции определяются на основе координат одноименных точек, принадлежащих областям перекрытия. На втором этапе суммарное изображение преобразуется в заданную картографическую проекцию.

2. Вначале выполняется геометрическая нормализация исходных изображений, при которой учитываются детерминированные искажающие факторы. Затем для полученных изображений на основе одноименных точек определяются параметры функций геометрического преобразования и осуществляется последовательное совмещение нормализованных снимков в плоскости единого кадра.

3. На основе сопоставления множества одноименных точек вместо определения функций геометрического соответствия производится уточнение углов взаимной ориентации датчиков в некоторой общей системе координат. Поскольку эти углы остаются неизменными как в общей плоскости, так и на краях присоединяемых изображений, то следует ожидать более высокой точности совмещения на всей плоскости суммарного изображения. Кроме того, такой подход позволяет объединить процедуры геометрического совмещения и нормализации исходных изображений.

Процессы формирования и координатной обработки данных от различных датчиков описываются преобразованиями, определяемые функциями опроса датчика  $t = S_t(m, n)$  и сканирования сцены  $r = S_r(t)$ ; законом движения летательного аппарата  $\eta = S_\eta(t)$ ; функцией изменения вектора сканируемой точки  $R = S_R(r, \eta)$ ; функциями преобразования координат сканируемой точки в геодезическую систему  $\lambda = S_\lambda(R)$ ,  $\varphi = S_\varphi(R)$  и функциями преобразования геодезических координат в картографические  $x = S_x(\lambda, \varphi)$ ,  $y = S_y(\lambda, \varphi)$  [4].

В этом случае процесс преобразования  $(m_i, n_i)$  в  $(\lambda, \varphi)$  можно описать как

$$\lambda = F_\lambda(m_i, n_i; \psi_i, \theta_i), \varphi = F_\varphi(m_i, n_i; \psi_i, \theta_i), i = 1, \dots, I, \quad (1.1)$$

где:  $\psi_i = (\alpha_{yi}, \omega_{yi}, \chi_{yi})$  — вектор установочных углов  $i$ -го датчика;

$\theta_i = (\alpha_i, \omega_i, \chi_i)$  — вектор углов ориентации летательного.

Установочные углы не изменяются во времени и определяют направление системы координат датчика по отношению к конструктивным осям летательного аппарата. Углы ориентации самолета изменяются во времени, и их значения передаются вместе с видеоданными. Поскольку одноименные точки, находящиеся в перекрывающихся частях изображений, формируются различными датчиками в различное время, то в общем случае  $\psi_i \neq \psi_{i+1}$ ,  $\theta_i \neq \theta_{i+1}$ .

Аналогично выражениям (5.1) можно определить функции геометрической обработки изображений  $B_i(m_i, n_i)$ ,  $i = 1, \dots, I$ , т. е. функции их преобразования в картографическую систему координат:

$$x = F(m_i, n_i; \psi_i, \theta_i), y = G(m_i, n_i; \psi_i, \theta_i), i = 1, \dots, I. \quad (1.2)$$

Любые две одноименные точки изображений  $B_i(m_i, n_i)$  и  $B_{i+1}(m_{i+1}, n_{i+1})$ , сформированные датчиками  $D_i$  и  $D_{i+1}$ , при точном описании функций  $F_\lambda, F_\varphi, F, G$  и абсолютно точном измерении векторов  $\psi_i, \psi_{i+1}, \theta_i, \theta_{i+1}$  должны иметь одни и те же геодезические  $(\lambda, \varphi)$  и картографические  $(x, y)$  координаты.

В процессе геометрического трансформирования элементы совмещаемых изображений  $B_i(m_i, n_i)$  и  $B_{i+1}(m_{i+1}, n_{i+1})$  проектируются в плоскость  $xu$  в виде двух объединяющихся множеств  $D_i$  и  $D_{i+1}$ , элементы которых составляют часть суммарного изображения  $D(x, y)$ :

$$D(x, y) = \begin{cases} B_i[f_i(x, y), g_i(x, y)], & (x, y) \in D_i; \\ B_{i+1}[f_{i+1}(x, y), g_{i+1}(x, y)], & (x, y) \in D_{i+1}, \end{cases} \quad (1.3)$$

где функции  $f_j(x, y) = m_j$ ,  $g_j(x, y) = n_j$  — функции обратного координатного соответствия  $(x, y) \leftrightarrow (m, n)$ , рассмотренные ранее.

Функции обратного координатного соответствия можно также представить в виде:

$$m_i = F(x, y; \psi_i, \theta_i), n_i = G(x, y; \psi_i, \theta_i), i = 1, \dots, I. \quad (1.4)$$

Таким образом, зная значения векторов углов ориентации датчиков и самолета можно выполнить геометрическое совмещение изображений.

### **Список литературы:**

1. Злобин В.К., Еремеев В.В. Обработка аэрокосмических изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 288 с.
2. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений/Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Под ред. А.М. Берлянта. М.: Научный мир, 2003. — 168 с.
3. Ризаев И.С. Геоинформационные системы: учебное пособие / И.С. Ризаев. Казань: Изд-во Казан.гос.техн.ун-та,2013. — 139 с.
4. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. — 560 с.

## СЕКЦИЯ 3. КОСМОС, АВИАЦИЯ

### АЭРОПОРТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ 20—30-Х ГОДОВ

*Пермякова Марина Сергеевна*  
*магистрант 1 курса, кафедра архитектуры НГАХА,*  
*РФ, г. Новосибирск*  
*E-mail: [vip.rise@inbox.ru](mailto:vip.rise@inbox.ru)*

*Федорова Людмила Федоровна*  
*научный руководитель, доцент, канд. архитектуры,*  
*Почетный работник НГАХА,*  
*РФ, г. Новосибирск*

Сибирский регион в силу своей отдаленности, относительно европейской части России, исторически осваивался менее интенсивно. Это сказалось на развитии транспортной структуры региона. Из-за территориально удаленного расположения населенных пунктов и неравномерности численности населения по региону, прокладка дорог и ж/д сообщение по отношению к определенным населенным пунктам было весьма затруднительно. Поэтому наилучшим выходом стало развитие воздушного транспорта на территории Сибири. Это обеспечивало транспортную доступность как в отношении дальних слабозаселенных северных районов, так и в отношении связи Сибири с другими регионами страны.

Первая мировая, а затем гражданская война в России вынудили применить авиацию как новый вид боевого оружия. Но уже и в эти годы началось активное использование самолётов для выполнения заданий, имевших важное значение для страны, для ее хозяйственных нужд, для укрепления ее сотрудничества с зарубежными государствами.

О развитии авиации как, вида транспорта и способа транспортировки грузов в России и Сибири в частности можно говорить начиная с середины 20-х годов прошлого века.



В мае 1918 года было создано Управление «Главвоздухфлот», которым была проделана большая работа по организации авиаотрядов для боевых действий на фронтах гражданской войны. 9 февраля 1923 года по инициативе В.И. Ленина Совет труда и Оборона принял постановление, которым руководство добровольными авиационными обществами было возложено на Главное управление Рабочее-Крестьянского Красного Воздушного Флота (Главвоздухфлот) через Инспекцию Гражданского воздушного флота. Этим же постановлением был создан постоянный Совет по Гражданской авиации. Благодаря этому, стало обеспечиваться единое государственное руководство деятельностью ВФ. Эта дата является Днём рождения гражданского воздушного флота России. (ГВФ России) и, следовательно, Аэрофлота.

В целях ускоренного развития отечественной гражданской авиации правительством страны было принято решение о создании акционерного общества, устав которого и был утвержден 17 марта 1923 года как акционерное общество (АО) «Добролёт».

В 20—30-е годы конструкторские коллективы по самолётостроению, возглавляемые А.Н. Туполевым, Н.Н. Поликарповым и др. спроектировали и построили первые советские военные и гражданские самолёты. «Так в 1919—1922 гг. группой молодых советских конструкторов комиссии по тяжелой авиации создается первый советский двухмоторный самолёт «КОМТА». В 1924 году конструкторы Александров и К.А. Калинин построили пассажирский самолёт «АК-1» на 3 пассажира, а Андрей Николаевич Туполев построил агитационно-пассажирский самолёт АНТ-14 «Правда», который сыграл важную роль в пропаганде достижений отечественной авиационной промышленности» [5].

«Транспортные самолеты в 20—30х годов развивали относительно небольшую скорость, что обусловило их чувствительность к направлению ветра при взлете и посадке. Поэтому основной формой аэродрома был круг, позволяющий выполнять взлетно-посадочные операции в любом направлении строго против ветра. Покрытием служил дерновый покров.

Сооружение служебно-технические имели довольно упрощенный характер. Пассажирские помещения располагались в служебных зданиях аэропортов небольших по объему и непритязательных по архитектурно-планировочному и конструктивному решению» [1, с. 10].

В 30-е гг. стало ясно, что аэропорты, работающие круглые сутки, требуют не только ряда необходимых сооружений, но и здания для работы, размещения, а также проживания персонала в максимально приближенных к ним жилых поселках.

Началом истории развития гражданской авиации Западной Сибири и началом формирования управления — май 1929 г., когда была начата практическая деятельность Новосибирской и Омской аэростанций по обслуживанию и осуществлению полетов на открывшейся с 15 мая 1929 г. воздушной почтовой линии Москва-Иркутск. Новосибирская и Омская аэростанции (аэропорты) были с самого начала формирования управления Сибирских воздушных линий, разместившегося в Новосибирске в 1930 г. Первый начальник управления — руководитель изыскательных работ, проведенных на магистрали, Иван Кириллович Кириллов.

Проведение изысканий на трассе также имеет свою историю. В 1926 г. общество «Добролет» решило привлечь к освоению трассы немецкое акционерное общество «Люфтганза». Однако соглашение не состоялось, так как немцы за свои услуги потребовали огромную сумму, которой «Добролет» не располагал, и магистраль пришлось осваивать своими силами. Для этого из состава ВВС Белорусского округа было выделено летное подразделение для несения регулярной связи между Москвой и Иркутском в течении летних месяцев. Подразделения разместили в Омске.

Во второй половине 1927 г. летчики подразделения произвели опытные полеты на участке Курган-Омск-Новосибирск, а с июля 1928 г. начались эпизодические полеты до Москвы. Путь от Новосибирска до столицы, как свидетельствовали газеты того времени, занимал 26 часов 30 минут. К началу 1929 г. весь самолетный парк и личный состав подразделения

поступил в распоряжение «Добролета» Сибирского края. В течении нескольких предвоенных лет и в первые годы Великой Отечественной войны здесь располагалось управление одной из крупнейшей в стране воздушной магистрали Москва-Иркутск (УВММИ).

Таким образом, рождение гражданской авиации Западной Сибири, её развитие её, рост связаны с открытием и эксплуатацией воздушной магистрали Москва-Иркутск. Именно с мая 1929 г. гражданской авиации Западной Сибири, как составная часть гражданского воздушного флота Советской страны, отсчитывает годы своей истории, богатой трудовыми и ратными подвигами.

В 1927 г. «Добролет» преобразован в общество содействия обороне и авиационно-химическому строительству — Осоавиахим. «Сиблет», а конца 20-х гг. филиал Осоавиахима в Сибирском крае — «Сибкрайосоавиахим» провели большую работу по подготовке кадров авиационных специалистов, в том числе и для нужд гражданской авиации. В Новосибирске формируется авиационная школа Осоавиахима, которая в начале базировалась в Октябрьском районе города, а с 1933 г. — на территории Новосибирского городского аэропорта.

«На воздушных линиях все еще использовались самолеты иностранных марок, но уже начали появляться, пусть и не в большом количестве, отечественные самолеты. В 1929 г. в Советском Союзе специально для гражданской авиации советским конструктором А.Н. Туполевым создается самолет — АНТ-9, который в течение многих лет оставался основным воздушным кораблем гражданского флота СССР» [3, с. 18].

20 октября 1930 г. Совет Народных Комиссаров возложил руководство гражданской авиацией на вновь созданное Всесоюзное объединение гражданского военного флота (ВОГВФ) при Совете Труда и Обороне, а главная инспекция ГВФ ликвидируется.

Большую помощь коллективам гражданской авиации Западной Сибири оказывали созданные в аэропортах партийные, комсомольские и профсоюзные

организации. В 1931 г. самолетостроение рассматривалось как одно из важнейших направлений развития транспорта страны, поэтому снабжение отрасли дефицитными материалами, рабочей силой и квалифицированными специалистами должно было вестись наравне с внеочередными важнейшими объектами капитального строительства.

В 1926 г. в Новосибирске и Омске были начаты работы по изысканию и оборудованию взлетно-посадочных полос. В Омске для этих целей подготовили участок территории, расположенный далеко от города. Такой же участок под ВПП отвели и в Новосибирске. Аэродром представлял собой выровненный участок земли с дерновым покрытием, пригодный для посадки и взлета самолетов. Местом базирования летного подразделения ГВФ по освоению сибирской трассы избирается Омск — важный пункт осваиваемой воздушной артерии. Во второй половине 1927 г. с этого аэродрома начались опытные полеты на участке Курган-Омск-Новосибирск, являющемся частью трассы Москва-Иркутск. Для этих целей использовали «Фоккер Ц-4».

Строительство аэродрома «Добролета» в Новосибирске затянулось до 1932 г., так как необходимо было выполнить большой объем земляных работ. Временно для базирования самолетов использовался аэродром, находившийся в черте города.

На магистрали стали организовываться первые производственные единицы — аэростанции. В их штатах числились как технический и летный состав, так и ремонтные рабочие. Здание аэростанции представляло собой небольшой деревянный дом малой этажности (1—2 этажа), подсобные помещения и ремонтные мастерские располагались в подобных сооружениях. И их функциональная специфика ни как не отражалась на архитектуре строений. Так к примеру в Омске аэростанция занимала одноэтажный деревянный дом, а здание бывшей купеческой мельницы стало ремонтным цехом.

Примерно до 1930 года ВПП в темное время суток размечалась керосиновыми фонарями, их зажжение и расстановка занимали достаточно

много времени. Но начиная с 30-х годов не только пункты посадки, но и магистрали стали оснащаться различными сигнальными средствами. Так в 1932 г. оборудование трассы для ночных полетов на участке Новосибирск-Шадринск представляло собой располагающиеся на расстоянии 60—80 км один от другого прожекторы, установленные на вышки. Так же вдоль трассы были установлены на расстоянии 20—25 км друг от друга керосино-калильные фонари. Сигнальные светляки располагались, как правило, вблизи железнодорожных магистралей, долго остававшихся для летчиков основным ориентиром.

Краткая характеристика данного этапа:

1. Использование самолетов зарубежного производства.
2. Слабое развитие отечественной авиации тех лет.
3. Архитектура зданий аэропортов и аэростанций не имели функциональной специфики.
4. Неразвитость системы авиационных перевозок.

### **Список литературы:**

1. Апестина В.П., Бабков А.Б., Березин В.И. [и др.]. Гражданские аэродромы: монография; Под общ. ред. В.Н. Иванова. М.: Воздуш. трансп., 2005. — 278 с.
2. Баландин С.Н. Новосибирск: История градостроительства 1893—1945 гг. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. — 135 с.
3. Мехед В.В. От Авро до Ту. Новосибирск: Западно-Сибирское книжное издательство, 1981. — 168 с., илл.
4. Туманик Г.Н., Колпакова М.Р. Отечественное градостроительство: современные проблемы развития сибирского города. Новосибирск: НГАХА, 2007. — 172 с., илл.
5. [Электронный ресурс] — Режим доступа: — URL: <http://www.dkvnukovo.ru/museum/> (дата обращения: 8.10.2014).

## СЕКЦИЯ 4. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

### МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДЕФОРМАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ ZR-1NB И ZR-2,5NB В УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОМ СОСТОЯНИИ

*Булышко Дмитрий Юрьевич*  
*магистрант 2 курса, физико-технический факультет ТГУ,*  
*РФ, г. Томск*  
*E-mail: [bulynko.dmitriy@gmail.com](mailto:bulynko.dmitriy@gmail.com)*

*Грабовецкая Галина Петровна*  
*научный руководитель, д-р физ.-мат. наук, в.н.с. ИФПМ СО РАН,*  
*РФ, г. Томск*

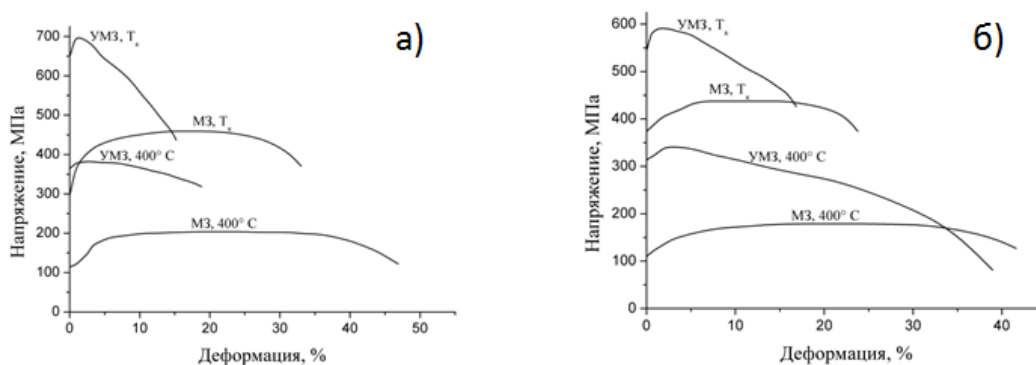
Цирконий и сплавы на его основе являются весьма востребованными материалами для многих областей промышленности. Это обусловлено уникальным набором свойств, которым обладает цирконий. К ним относятся низкое сечение захвата нейтронов, хорошая биосовместимость и высокая коррозионная стойкость. Современная атомная энергетика базируется исключительно на реакторах с твэлами, оболочки которых, как и прочие крепежные, дистанционирующие, герметизирующие и т. п. детали сделаны из циркониевых сплавов [4]. Помимо этого сплавы циркония активно используются в медицине, в частности для изготовления костно-челюстных протезов [2]. Однако, сплавы циркония в обычном состоянии не отличаются высокой прочностью из-за чего их применение в качестве конструкционных материалов в атомных реакторах нового поколения и медицине ограничено.

Для металлов и сплавов весьма эффективным подходом, позволяющим повысить прочностные характеристики, является формирование в них ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры. В настоящее время в литературе имеются данные, согласно которым формирование в циркониевых сплавах

ультрамелкозернистой структуры позволяет повысить их прочностные характеристики [1].

В данной работе приведены результаты исследования механических свойств и деформационного поведения широко используемых в атомной промышленности циркониевых сплавов Zr-1Nb и Zr-2,5Nb (марки Э110 и Э125, соответственно) в УМЗ состоянии при температурно-силовых воздействиях, близких к реальным условиям эксплуатации.

Ультрамелкозернистая структура в исследуемых сплавах была получена методом всестороннего прессования со сменой оси деформации и постепенным понижением температуры прессования от 973 до 573 К. Изучение поверхностей разрушения сплавов проводилось при помощи растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D. Испытания на растяжение образцов сплавов были проведены на модернизированной машине ПВ-3012М, оснащенной тензометрической системой измерения нагрузки, при комнатной и повышенной (400°C) температурах.



**Рисунок 1. Кривые течения при растяжении сплавов Zr-1Nb (а) и Zr-2,5Nb (б) в исходном и ультрамелкозернистом состояниях при температурах 293 К и 673 К**

Типичные кривые растяжения в координатах «напряжение — деформация» для сплавов Zr-1Nb и Zr-2,5Nb в мелко- и ультрамелкозернистом состояниях при температуре 673 К представлены на рис. 1. Здесь же для сравнения приведены кривые растяжения указанных сплавов при температуре 293 К.

Видно, что с повышением температуры испытания характер кривых растяжения для сплавов в мелко- и ультрамелкозернистом состояниях не изменяется. На кривых растяжения сплавов в мелкозернистом состоянии, как при комнатной, так и при повышенной температурах наблюдается длительная стадия упрочнения, за которой следуют стадии установившейся деформации и падающего напряжения. Для кривых «напряжение-деформация» сплавов в ультрамелкозернистом состоянии характерно наличие короткой стадии деформационного упрочнения, за которой следует продолжительная стадия падающего напряжения.

**Таблица 1.**

**Механические свойства сплавов Zr-1Nb и Zr-2,5Nb в мелкозернистом (МЗ) и ультрамелкозернистом (УМЗ) состояниях при температурах 293 и 673 К**

Материал	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\epsilon_B$ , %	$\delta$ , %
Zr-1Nb, исходный, 293 К	298	459	17	33
Zr-1Nb, исходный, 673 К	114	204	21	47
Zr-1Nb, УМЗ, 293 К	651	700	1,5	15,2
Zr-1Nb, УМЗ, 673 К	365	382	3,2	19
Zr-2,5Nb, исходный, 293 К	374	437	12	24
Zr-2,5Nb, исходный, 673 К	110	179	21	42
Zr-2,5Nb, УМЗ, 293 К	545	591	1,7	17
Zr-2,5Nb, УМЗ, 673 К	314	341	3,7	39

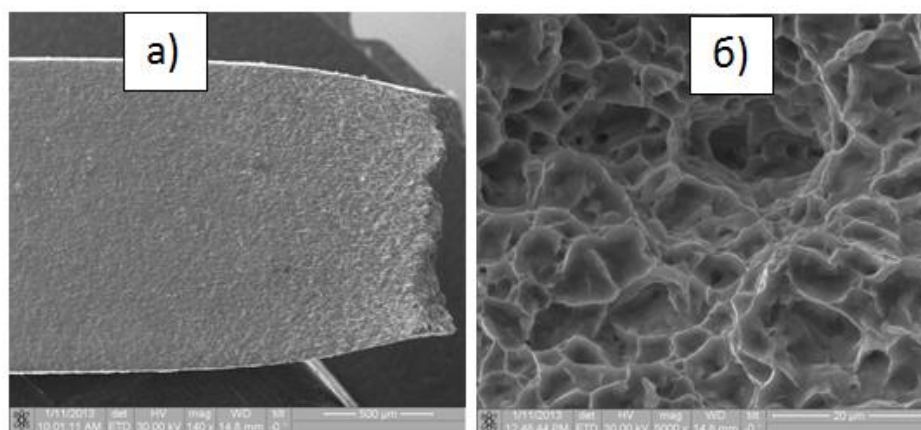
Значения прочностных и пластических характеристик сплавов Zr-1Nb и Zr-2,5Nb приведены в таблице 1. Видно, что при температуре 673 К, как и при комнатной температуре, исследуемые сплавы в ультрамелкозернистом состоянии имеют более высокие значения пределов текучести и прочности ( $\sigma_{0,2}$  и  $\sigma_B$ ) по сравнению с мелкозернистыми сплавами. Следует также отметить, что прочностные характеристики ультрамелкозернистого сплава Zr-1Nb несколько превышают прочностные характеристики сплава Zr-2,5Nb, однако деформация до разрушения в сплаве Zr-2,5Nb в 2 раза больше по сравнению со сплавом Zr-1Nb и практически равна деформации до разрушения в соответствующем мелкозернистом сплаве (табл. 1). Такое соотношение прочностных и пластических характеристик сплавов Zr-1Nb и Zr-2,5Nb, связано, по-видимому, с разной дисперсностью их ультрамелко-



зернистой структуры. Сплав Zr-1Nb, имеющий меньший более однородную ультрамелкозернистую структуру и меньший средний размер ее элементов имеет более высокие прочностные характеристики.

Одновременно с повышением прочностных характеристик формирование ультрамелкозернистой структуры приводит к снижению пластичности с 33 % и 24 % соответственно для сплавов Zr-1Nb и Zr-2,5Nb до 17 % и 12 %. Кроме того наблюдается существенное (до 1,5—2 %) снижение значений однородной деформации, что свидетельствует о повышении склонности сплавов к локализации пластической деформации при формировании в них ультрамелкозернистого состояния.

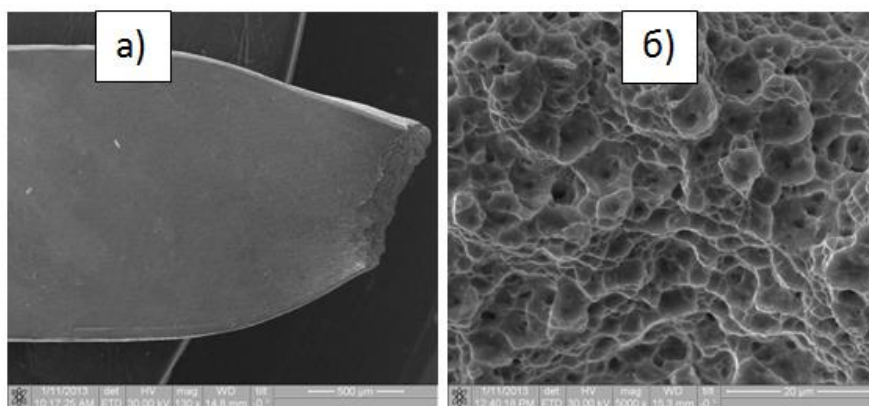
Результаты изучения распределения деформации по длине рабочей части образцов подтверждают большую склонность к локализации деформации сплава в ультрамелкозернистом состоянии. В мелкозернистом сплаве Zr-1Nb локализация деформации на макроуровне происходит путем образования слабо выраженной шейки (рис. 2, а).



**Рисунок 2. Поверхность разрушения мелкозернистого сплава Zr-1Nb.  
а — боковая поверхность; б — поверхность излома**

В сплаве Zr-1Nb в ультрамелкозернистом состоянии локализация деформации на макроуровне развивается в две стадии. Первоначально формируется хорошо выраженная шейка, образование которой совпадает с началом стадии падающего напряжения на кривой деформации. Затем по мере

развития деформации в области шейки одна за другой появляются макрополосы локализованной пластической деформации шириной 0,2—0,3 мм под углом  $\sim 120^\circ$  друг к другу (рис. 3, а). Формирование макрополос локализации пластической деформации при растяжении является типичным для материалов в ультрамелкозернистом состоянии [3; 4].



**Рисунок 3. Поверхность разрушения УМЗ сплава Zr-1Nb. а — боковая поверхность; б — поверхность излома**

Разрушение сплава в мелкозернистом состоянии происходит по схеме нормального отрыва и поверхность излома практически перпендикулярна направлению приложенной нагрузки. Разрушение сплава в ультрамелкозернистом состоянии происходит путем отрыва вдоль одной из полос локализованной деформации. Исследование фрактограмм разрушения показало, что поверхность разрушения сплава в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях имеет вид чашечного излома однородна по всей площади излома (рис. 2, б и рис. 3, б). Общей характерной особенностью поверхностей разрушения сплава в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях является также наличие пор. Плотность пор на поверхности разрушения сплава увеличивается, а их размер уменьшается с уменьшением среднего размера элементов зеренно-субзеренной структуры. Качественное подобие поверхности разрушения сплава в мелкозернистом и ультрамелкозернистом состояниях свидетельствует об идентичности механизмов разрушения этих состояний.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что формирование ультрамелкозернистой структуры в сплавах Zr-Nb приводит к существенному увеличению его значений пределов прочности (~ в 3 раза) и текучести (почти в 2 раза) при одновременном повышении склонности к локализации пластической деформации и уменьшению величины однородной деформации и деформации до разрушения.

### **Список литературы:**

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. — 398 с.
2. Головин К.И., Бейтан А.В., Волкова В.А., Николаев А.Ю., Нурмагомедов А.Ю., Фадеев А.Ю. // Российский стоматологический журнал. — 2000. — № 3. — С. 19—23.
3. Дударев Е.В., Бакач Г.П., Грабовецкая Г.П. и др. Деформационное поведение и локализация пластической деформации на мезо- и макромасштабном уровнях в субмикроструктурном титане // Физическая мезомеханика. — 2001. — Т. 4. — № 1. — С. 97—104.
4. Займовский А.С., Никулина А.В., Решетников Н.Г. Циркониевые сплавы в ядерной энергетике. М: Энергоатомиздат, 1994, — с. 256.
5. Панин В.Е., Деревягина Л.С., Валиев Р.З. Механизм локализованной деформации субмикроструктурной меди при растяжении // Физическая мезомеханика. — 1999. — Т. 2. — № 1—2. — С. 89—95.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЕХА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ В АТЕЛЬЕ**

***Гааг Юлия Витальевна***

*студент 4 курса, Художественно-технологический факультет ОГИС,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [gaag\\_julja@mail.ru](mailto:gaag_julja@mail.ru)*

***Исаева Виктория Александровна***

*студент 4 курса, Художественно-технологический факультет ОГИС,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [wika-wik-wik@mail.ru](mailto:wika-wik-wik@mail.ru)*

***Штабнова Валентина Леонидовна***

*научный руководитель, канд. хим. наук, доцент каф. прикладной информатики  
и математики ОГИС,  
РФ, г. Омск*

Климат Омска типично континентальный. Зима холодная, чаще суровая, продолжительная, с устойчивым снежным покровом. Переходные периоды короткие и переход от лета к зиме происходит быстро. Характерны резкие колебания температуры, особенно весной и осенью. В любой месяц возможны вторжения волн холода.

Средняя температура самого холодного месяца (января)  $-19^{\circ}\text{C}$ . Минимальные температуры в отдельные дни могут понижаться до  $-49^{\circ}\text{C}$ . Весной, осенью и особенно во второй половине зимы наиболее часто наблюдаются сильные ветры. Поэтому самым подходящим вариантом зимней одежды в г. Омске является шуба из натурального меха, так как: шуба лучше удерживает тепло и в то же время пропускает кислород к телу, поэтому человек чувствует себя комфортно. Помимо эргономичности меховая одежда выглядит очень красиво.

Цель исследования: проверить качество меха, используемого в ателье г. Омска при изготовлении меховой одежды.

Задачи исследования: изучить свойства меха, ГОСТы, выбрать образцы меха, пользующегося наибольшим спросом у клиентов; провести органолептические и физико-химические испытания.

Применение меха и его рациональное использование при изготовлении меховых изделий определяется показателями основных свойств волосяного покрова и кожной ткани, а также показателями свойств меха: теплозащитности, износостойчивости и др.

Мех — волосяной покров млекопитающих. Понятие мех применяется лишь к семействам куньих и зайцеобразных, а также к некоторым видам гр. (бобёр) и псовых (лисицы), а также кошачьих — рысь, леопард и т. д. Главная функция меха — защита от низких температур и влаги.

Пушно-меховая шкурка состоит из кожной ткани и волосяного покрова, качество и свойства которых определяются условиями окружающей среды, в которой обитает животное, а также временем года, полом и возрастом животного.

Кожная ткань в поперечном срезе состоит из неравноценных по толщине слоев: эпидермиса, дермы и подкожно-жирового слоя.

Эпидермис — поверхностный слой, образованный эпителиальными клетками и составляющий 2—4 % толщины кожной ткани.

Дерма — основной слой кожной ткани, имеющий волокнистую структуру, образованную взаимным переплетением коллагеновых, эластиновых и ретикулиновых волокон. Основную часть дермы (98—99 %) составляют коллагеновые волокна. Они характеризуются способностью образующих их белков-коллагенов превращаться в клей при кипячении в воде. Это явление называют свариванием, а температуру — температурой сваривания.

Волосяной покров образован волосами следующих основных категорий: пуховых, кроющих, остевых и чувствующих.

Пуховые (промежуточные и собственно пуховые) волосы являются наиболее тонкими, нежными, обычно сильно извитыми и составляют густой слой волосяного покрова.

Кроющие волосы бывают направляющими и остевыми. Они выполняют защитную функцию, которая заключается в предохранении промежуточных и пуховых волос от механических воздействий. Направляющие волосы

являются наиболее толстыми, длинными, редко расположенными и выступающими своими концами над волосяным покровом. Остевые волосы несколько короче и тоньше направляющих и расположены более часто, чем они. Для придания шкуркам меха мягкости у некоторых видов меха при выделке остевые волосы удаляют, однако это приводит к свойлачиванию пуховых волос и ухудшению эксплуатационных свойств меха.

У большинства шкурок 94—99 % общего количества волос составляют пуховые волосы, 1—6 % — остевые и 0,1—0,6 % — направляющие.

Чувствующие волосы являются самыми длинными, толстыми, прямыми и имеют коническую форму. В волосяном покрове их немного, расположены они в определенных местах (над глазами, на губах и др.) и большой роли в оценке качества волосяного покрова не играют.

Качество меха — это совокупность его свойств, соответствующих эстетическим, теплозащитным, санитарно-гигиеническим требованиям, а также износостойкости. Эстетические свойства меха — блеск, пушистость, цвет, высота ворса и другие показатели красоты меховой шкурки. Теплозащитные свойства определяются состоянием волосяного покрова и микроструктурой мездры. Носкость меха зависит от прочности кожной ткани и волосяного покрова. Прочность шерсти в значительной степени зависит от строения волокон. Относительная разрывная нагрузка и износостойкость тонкой шерсти выше, чем грубой, так как грубые волокна (ость, мертвый волос) имеют сердцевидный слой, заполненный воздухом. Санитарно-гигиенические свойства обуславливаются влагоустойчивостью и способностью пропускать воздух.

Для оценки качества меха используют следующие методы:

- Органолептический метод. Метод требует большого опыта специалистов, которые производят внимательный визуальный осмотр шкурок, вручную производят их растяжение и ощупывание.

- Метод опытной носки — часто применяют при испытании меховых полуфабрикатов, которые подвергались выделке по новым технологиям.

Из таких заготовок шьют изделия и дают их носить группе людей. Через определенные промежутки времени производится контроль состояния этих меховых изделий.

- Лабораторный метод — исследовательские работы по проведению химического и физико-механического анализа.

По гигроскопичности шерсть превосходит все волокна. Она медленно впитывает и испаряет воду и поэтому не охлаждается. Под действием влаги и тепла кератин размягчается, и удлинение шерсти возрастает до 60 % и более. При высыхании шерсть дает максимальную усадку, поэтому изделия из нее рекомендуется подвергать химической очистке.

В производстве пушнины используют шкуры около ста видов животных, мех которых имеет ценность на международном рынке. Отечественная промышленность производит меховую продукцию почти из 50 видов пушнины.

Стойкость меховых шкурок к износу в значительной мере зависит не только от породы и категории, но и от их отделки, например, крашенные изделия теряют до 20 % прочности. Стрижка же, напротив — увеличивает износостойкость меха на 20—40 %, так как стриженный мех не свойлачивается [7, с. 20—22].

По ценовому признаку меха можно разделить на три категории:

1. Соболь, рысь, черная и серебристая лисица, шиншилла, выдра, норка, куница — наиболее дорогостоящая группа мехов;
2. Белка, выхухоль, росомаха, красная лисица, хорек — средняя ценовая группа;
3. Русская и китайская норка, крот, заяц, кролик — самая дешевая группа мехов.

В качестве объектов исследования в работе были выбраны шкурки норки, лисы и енотовидной собаки.

Исследования проведены в испытательной лаборатории продукции текстильной и легкой промышленности (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21ЛТ64) Омского государственного института сервиса. Для опреде-

ления температуры сваривания (ГОСТ Р 52959-2008), водородного показателя (рН) водной вытяжки кожной (ГОСТ Р 53017-2008), устойчивости окраски к сухому истиранию для окрашенных образцов (ГОСТ Р 52957-2008) было использовано следующее оборудование: рН метр милливольтметр (рН-150МИ), весы электронные ВМ-153, прибор для определения температуры сваривания, толщиномер индикаторный, № А1АВ15, Прибор ПОМ [2—4].

Результаты исследования приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1.**

**Результаты органолептических исследований**

Критерий	Норка 1	Норка 2	Лиса	Енотовидная собака
Цвет	темно-коричневый	пепельно-коричневый	песчаный	черный
Пуховый волос	0,8 см	0,7 см	4 см	2 см
Остевой волос	1,5 см	1,5 см	6,5 см	4 см
Окраска	+	–	–	+
Сыпучесть	слабая	слабая	сильная	средняя
Мягкость ворса	мягкая	мягкая	средней мягкости	средней жесткости
Блеск	сильный	средний	нет	сильный
Жесткость кожной	средняя	мягкая	жесткая	жесткая
Эластичность кожной	высокая	высокая	средняя	низкая

**Таблица 2.**

**Результаты физико-химических испытаний**

Показатели	Температура сваривания		рН		Устойчивость окраски	
	ГОСТ	Результат	ГОСТ	Результат	ГОСТ	Результат
Мех						
Норка 1	65—80	60,0	4,0—7,0	3,4	3	3
Норка 2	55—60	59,0	4,0—7,0	3,4	–	–
Лиса	>65	59,0	3,5—7,0	3,5	–	–
Енотовидная собака	55	64,0	3,5—7,0	6,5	3	5

Высокие эстетические свойства меха, такие как блеск, пушистость, цвет, высота ворса и другие показатели красоты меховой шкурки (устойчивость окраски к сухому истиранию) продемонстрировали образцы норок 1, 2



и енотовидной собаки. мех лисы песчаной выглядел тусклым, недостаточно мягким и обладал сильной сыпучестью.

Теплозащитные свойства меха и его носкость зависит от прочности кожной ткани и волосяного покрова. Их определяют по жесткости и эластичности кожной ткани, сыпучести, температуре сваривания и рН. Из исследованных образцов указанным требованиям качества отвечает только мех енотовидной собаки [5, с. 43—45; 6, с. 6—8; 1, с. 7—9].

Анализ результатов испытания четырех групп образцов показывает, что только мех енотовидной собаки соответствует предъявляемым стандартам по качеству. Полученные результаты являются следствием отсутствия обязательной сертификации меховых шкур выделанных. Не высокое качество используемого сырья в ателье приводит к снижению его имиджевого рейтинга.

#### **Список литературы:**

1. ГОСТ 11355-1982. Шкурки енотовидной собаки и енота-полоскуна выделанные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1982. — 12 с.
2. ГОСТ Р 52959–2008 Шкурки меховые и овчины выделанные. Метод определения температуры сваривания. М.: Стандартинформ, 2009, — 7 с.
3. ГОСТ Р 53017–2008. Шкурки меховые и овчины выделанные. Метод определения рН водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2009, — 8 с.
4. ГОСТ Р 52957–2008. Шкурки меховые и овчины выделанные. Методы механических испытаний. М.: Стандартинформ, 2009, — 11 с.
5. ГОСТ 14781–1969. Шкурки лисицы красной, лисицы-крестовки, лисицы-сиводушки и корсака выделанные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1988. — 7 с.
6. ГОСТ 10322-1971. Шкурки норки выделанные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1971. — 12 с.
7. Зорина Э.Ф. Химия волокон: Пособие для студентов специальности 23.04.00 дневного и заочного обучения / Э.Ф. Зорина, Г.М. Зелева, В.Л. Штабнова Омск: ОГИС, 1998. — 159 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПУШНО-МЕХОВОГО ПОЛУФАБРИКАТА**

***Кожухметова Аридаш Урозбаевна***

*студент 4 курса, кафедра конструирования и технологии изделий  
легкой промышленности ОГИС,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [kozahmetova.93@mail.ru](mailto:kozahmetova.93@mail.ru)*

***Бодрякова Людмила Николаевна***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ОГИС,  
РФ, г. Омск*

Несмотря на привлекательность российского рынка меховых изделий, обусловленную стабильностью спроса, значительным объемом, продукция отечественных предприятий, по данным различных источников, составляет в настоящее время от 10 до 25 % [1, с. 6]. Таким образом, задача повышения конкурентоспособности российских предприятий является приоритетной.

Наиболее значимыми факторами, определяющими конкурентоспособность предприятий, изготавливающих изделия из пушно-мехового полуфабриката, и их продукции, являются рациональность использования дорогостоящего материала, доля которого в стоимости изделия составляет до 80 %, а также качество выпускаемых изделий. Анализ технологических процессов показал, что данные факторы закладываются на этапе нормирования и сборки пушно-мехового полуфабриката на изделие.

В настоящее время существуют опытный, расчетно-аналитический и среднестатистический методы нормирования [1, с. 15].

Опытный метод нормирования заключается в определении расхода сырья и материалов на основе информации о данных замерах полезного расхода материалов, потерь и отходов в производственных условиях.

Среднестатистический метод нормирования допускает определение норм расхода сырья и материалов на основе данных об их фактическом удельном расходе на производство единицы продукции за определенный промежуток времени.

Расчетно-аналитический метод нормирования предусматривает определение индивидуальных норм расхода сырья и материалов на основе прогрессивных показателей использования материальных ресурсов в производстве. Полезный расход сырья и материалов устанавливается по данным научно-технической документации, а доходы и потери — на основе разработанных нормативов или прямым расчетом по технологии.

Многие авторы указывают на несоответствие в настоящее время теории нормирования пушно-меховых и кожевенных полуфабрикатов, которая была разработана в 70-х годах XX в., современному уровню развития науки и техники [2; 3]. Развитие и совершенствование процесса нормирования позволит повысить рентабельность швейных предприятий и конкурентоспособность выпускаемых изделий.

С целью определения возможностей повышения рациональности использования пушно-меховых и кожевенных полуфабрикатов, были изучены факторы, в наибольшей степени определяющие возможности повышения коэффициента использования площади применяемых материалов.

В работе Кураковой М.А. [3, с. 56] были исследованы факторы, определяющие коэффициент использования мехового полуфабриката. В зависимости от специфических особенностей различных видов шкурок и изготавливаемых из них изделий, коэффициент использования при раскрое колеблется в значительных пределах (от 50 % до 111 %) находясь в среднем на уровне 70—80 %. Установлено, что коэффициент использования площади шкуры овчины зависит от количества пороков (швов), а также изменений ее площади по размерным признакам. Объект исследования — вычиненная овчина, предназначенная на воротники, из пороков учитывались только швы, оставшиеся после операции вычинки. Установлено, что с понижением группы пороков значение корреляционной зависимости имеет меньшую величину, что объясняется уменьшением количества швов на шкурках с более низкими группами.

В работе Токторбаевой Э.И. [5, с. 83] факторы, определяющие рациональность использования распределены по группам значимости (рисунок 1).



**Рисунок 1. Классификация факторов, определяющих рациональность использования пушно-мехового полуфабриката**

В работе Перцовского П.Г. [4, с. 57] основные факторы, влияющие на использование материалов делятся на объективные и субъективные.

К объективным факторам относятся:

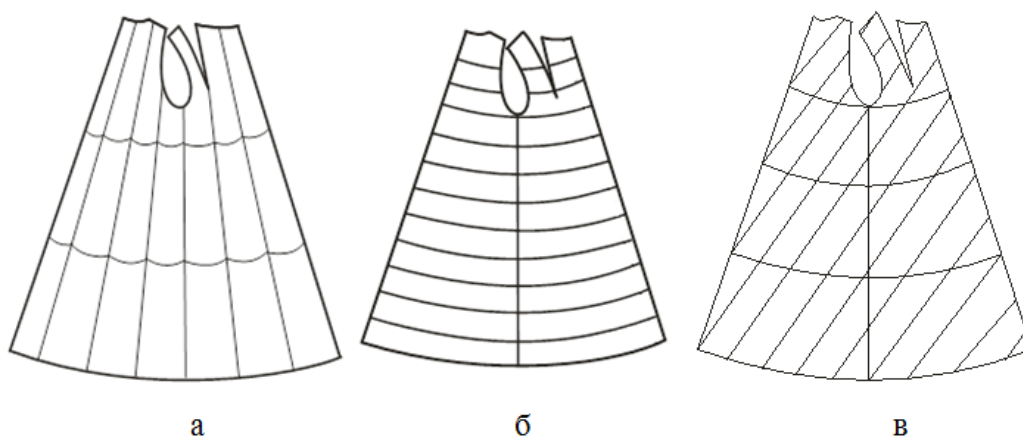
- Конфигурация деталей и их укладываемость между собой;

- Форма полуфабриката;
- Соотношение между площадью кожи и средневзвешенной площади детали комплекта;
- Неоднородность свойств топографических участков кожи и различные требования, предъявляемые к месту размещения деталей на коже;
- Толщина кожи и характер ее распределения по площади;
- Наличие пороков;
- Метод раскроя.

К субъективным факторам относится квалификация рабочего, производящего раскрой.

Следует отметить, что в перечисленных работах, за исключением исследований Токторбаевой, объектами исследований были крупные виды мехового и кожевенного полуфабриката. При выполнении нормирования и сборки на изделие средних видов пушно-мехового полуфабриката существует ряд особенностей, наиболее значимой является — раскрой одной детали из некоторого количества шкурок, что приводит к необходимости изучения процесса нормирования непосредственно для средних видов пушно-мехового полуфабриката.

Одним из наиболее важных факторов, определяющих рациональность использования пушно-мехового полуфабриката, является схема размещения шаблонов на деталях кроя. Схема размещения шаблонов на деталях изделия из пушно-меховых полуфабрикатов средних видов имеет важное значение для гармоничного восприятия модели. Возможны следующие способы расположения шаблонов: продольное, поперечное, диагональное, комбинация перечисленных выше способов и фантазийное (*рисунок 2*).



**Рисунок 2. Схемы размещения шаблонов на деталях скроя: а — продольное; б — поперечное; в — диагональное**

В ходе анализа было изучено влияние различных схем размещения шаблонов и соотношение линейных размеров шкурок и деталей изделия на рациональность использования пушно-мехового полуфабриката. Для этого были выполнены лекала деталей скроя в масштабе 1:6, после чего был выполнен расчет размеров шаблона и схема их поперечного, продольного и диагонального размещения на лекалах скроя, рассчитан коэффициент использования пушно-мехового полуфабриката. Коэффициент использования шкурок изменялся в следующих пределах: для продольного размещения — от 67 до 85 %; поперечного — от 72 до 95 %; для диагонального — от 55 до 80 %.

В результате исследований установлено, что наиболее рациональным является поперечное размещение шкурок, наименьший коэффициент использования характеризует диагональное размещение шаблонов. Помимо схемы размещения шкурок в значительной степени рациональность использования пушно-мехового полуфабриката определяется соотношением линейных размеров шкурок и изделия. Автоматизация операций нормирования и подбора пушно-мехового полуфабриката на изделие, расчета размеров шаблонов позволит сократить трудоемкость данных процессов и выбрать оптимальный вариант.

## Список литературы:

1. Бодрякова Л.Н., Стельмашенко В.И. Совершенствование процессов скорняжного производства на основе учета свойств пушно-мехового полуфабриката: научное издание. Омск: Омский государственный институт сервиса, 2012. — 160 с.
2. Есина Е.В. Разработка способа проектирования меховых изделий с применением сложных методов раскроя [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04 / Есина Елена Владимировна. М., 1993. — 147 с.
3. Куракова М.А. Разработка методики нормирования использования мехового полуфабриката. [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04 / Куракова Марина Алексеевна. М., 1991. — 186 с.
4. Перцовский П.Г. Программно-методический комплекс для расчета рационального использования материалов в подготовительно-раскройном производстве обувной промышленности. [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук: 05.19.06 / Перцовский Павел Глебович. М., 1999. — 139 с.
5. Токторбаева Э.И. разработка метода проектирования женской одежды из меха завитковой группы. [Текст]: Дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04 / Токторбаева Эркингуль Исмаиловна. М., 2002. — 197 с.

## СЕКЦИЯ 5. МАШИНОСТРОЕНИЕ

### ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРЕДНАТЯГА ПОДШИПНИКОВ В РЕДУКТОРАХ ВЕДУЩИХ МОСТОВ АВТОМОБИЛЕЙ

***Масленникова Галина Владимировна***

*студент 5 курса кафедры «Технология машиностроения»*

*Механико-технологического факультета*

*Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ),  
РФ, г. Москва*

***Угрюмов Родион Львович***

*студент 4 курса кафедры «Технология машиностроения»*

*Механико-технологического факультета*

*Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ),  
РФ, г. Москва*

***Булавин Игорь Александрович***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры  
«Технология машиностроения», Механико-технологического факультета,  
транспортно-технологического института,*

*Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ),  
РФ, г. Москва*

*E-mail: [Bulavin – tami @ yndex.ru](mailto:Bulavin – tami @ yndex.ru)*

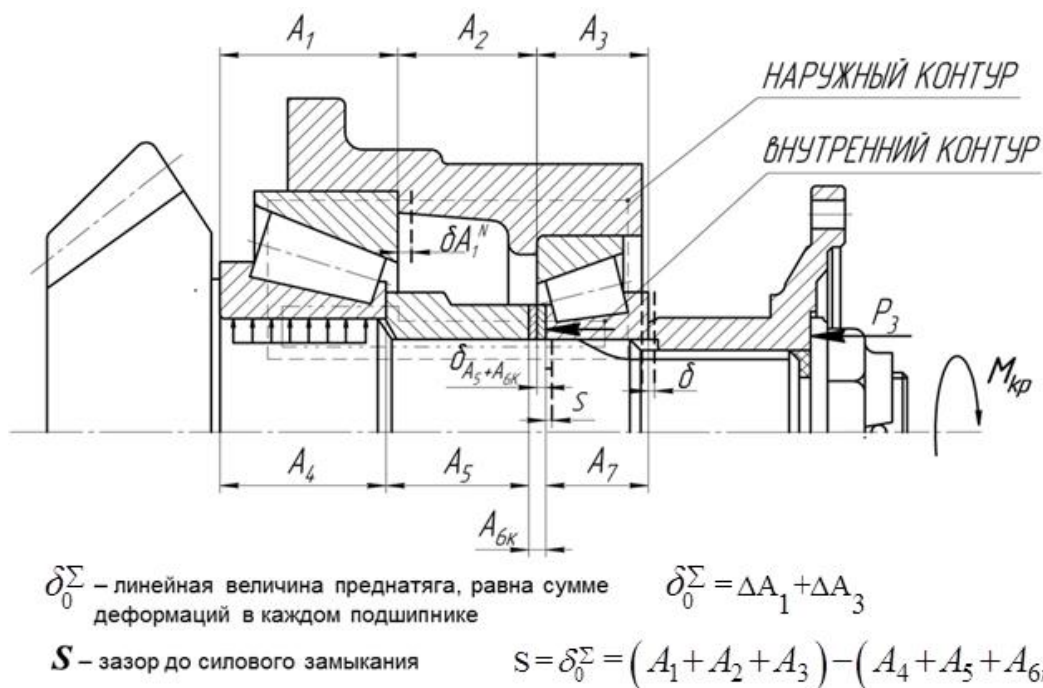
Любое устройство считается предварительно нагруженным, если отдельные звенья или узлы в конструкции постоянно нагружены внутренними силами независимо от действия внешних эксплуатационных нагрузок.

Преднатяг (предварительное осевое сжатие подшипников в процессе сборки) является основным способом повышения жесткости подшипниковых узлов, как в радиальном, так и осевом направлении.

В подшипниковых узлах ведущей шестерни (рисунок 1) и ведомого колеса редуктора заднего моста автомобиля преднатяг подшипников обеспечивает стабильность параметров зацепления конической передачи (пятно контакта



и боковой зазор), от которых зависит плавность и бесшумность работы и эксплуатационная надежность ведущего моста автомобиля в целом (рисунок 2).



**Рисунок 1. Подшипниковый узел ведущей шестерни РЗМ и размерная цепь до и после силового замыкания с помощью резьбового соединения (Pз — осевая сила создаваемая гайкой, Mкр — момент затяжки гайки)**



**Рисунок 2. Ведущие мосты транспортных средств с центральным редуктором**

Точность создания преднатяга подшипников является важнейшим показателем качества сборки редукторов ведущих мостов автомобилей.

Линейная величина преднатяга равна сумме деформаций в каждом подшипнике:

$$\delta_0^{\Sigma} = \Delta A_1 + \Delta A_3$$

Для создания этой величины при регулировке с помощью подбора требуемой толщины компенсатора  $A_{6к}$  в процессе сборки необходимо обеспечить технологический зазор  $S$  до силового замыкания, который определяется в результате решения уравнения размерной цепи:

$$S = \delta_0^{\Sigma} = (A_1 + A_2 + A_3) - (A_4 + A_5 + A_{6к} + A_7)$$

где:  $A_1$  — монтажная высота конического подшипника;

$A_2$  — монтажный размер в корпусе подшипникового узла, между упорными бортами;

$A_3$  — монтажная высота конического подшипника;

$A_4$  — высота внутреннего кольца подшипника;

$A_5$  — высота распорной втулки;

$A_{6к}$  — размер компенсатора для регулировки преднатяга;

$A_7$  — высота внутреннего кольца подшипника

На практике, в производстве величина этого зазора обеспечивается в результате измерения требуемого компенсатора.

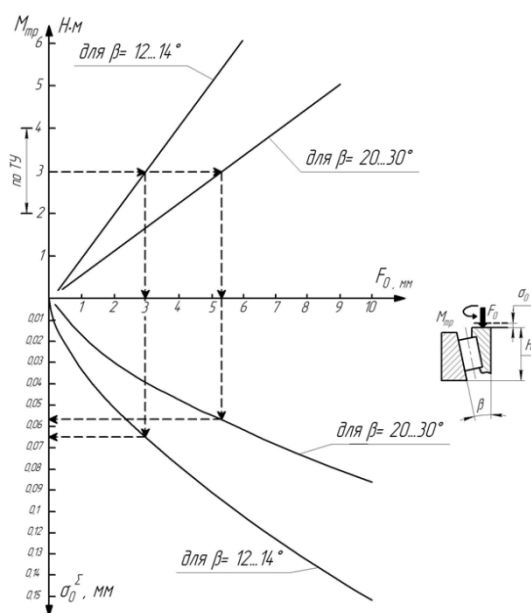
При сборке главных передач эта операция является одной из наиболее трудоемких и ответственных, определяющих качество сборки, трудоемкость и производительность. Погрешности при выполнении этой операции приводят к повторным разборке и сборке подсобранных редукторов и резко увеличивают общую трудоемкость сборки и снижают производительность.

Измерение требуемого размера компенсатора на преднатяг необходимо выполнять под нагрузкой, имитирующей силовое замыкание подшипникового узла после окончательной сборки.

Для контроля точности регулировки преднатяга, выбран косвенный параметр — момент трения (момент проворота вала в дуплексе сжатых осевой силой подшипников), Этот параметр является наиболее доступным в технологических процессах сборки, легко механизмуется и автоматизируется на сборочных конвейерах.

Величина момента трения в редукторах различных отечественных и зарубежных автомобилей задается в пределах  $1 \dots 4,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$  ( $0,1 \dots 0,45 \text{ кгм}$ ). При этом необходимо отметить, что какая либо взаимосвязь с конструкцией самих подшипников или конструкцией редуктора не устанавливается. Конкретные пределы в различных конструкциях —  $1,5 \dots 3,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $2,5 \dots 4,0 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $0,8 \dots 1,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $3,0 \dots 4,0 \text{ Н}\cdot\text{м}$  назначаются по аналогам или на основании некоторых опытных данных

Исследования, проведенные на кафедре «Технология машиностроения» МГМУ (МАМИ) для широкого спектра конических роликоподшипников, позволили установить взаимосвязь трех физических величин, характеризующих преднатяг подшипников в дуплексах. Исследования проводились для подшипников с углами конуса поверхности качения наружного кольца в диапазоне  $\beta=12 \dots 14^\circ$  и  $20 \dots 30^\circ$ . Результаты этих исследований показаны в виде графиков на рисунке 3.



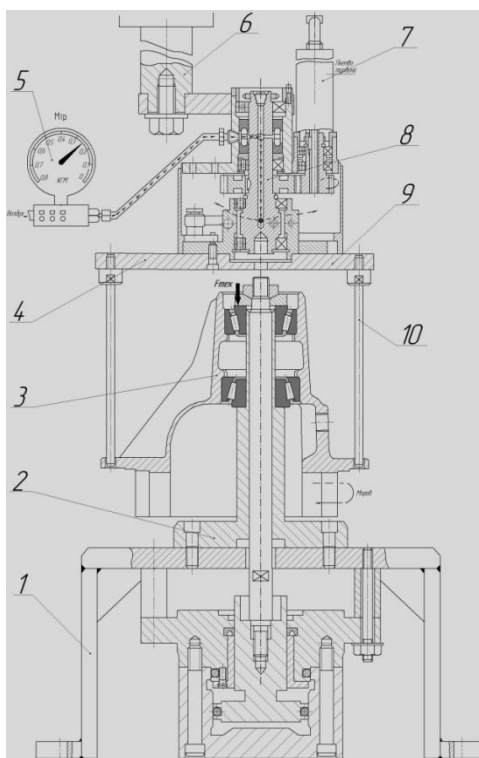
**Рисунок 3. Взаимосвязь параметров преднатяга для дуплексов конических роликоподшипников ( $M_{тр}$  — момент трения,  $F_0$  — осевая сила сжатия дуплексов,  $\delta_0^{\Sigma}$  — суммарная осевая деформация в дуплексе подшипников)**

Характеристика момента трения зависит от целого ряда факторов [1, с. 22—24], в том числе от геометрии и состояния поверхностей качения подшипников, от скорости вращения при контроле момента трения, смазки и качества сборки колец подшипников с корпусом и валом.

Поэтому в модернизированном технологическом процессе сборки редукторов, разработанном на кафедре «Технология машиностроения» совместно с заводами отрасли предлагается перед регулированием преднатяга подшипников проверять действительную характеристику момента трения в каждом подсобранном подшипниковом узле после запрессовки колец в корпус. Для выполнения этой операции разработана новая технологическая оснастка, показанная на рисунке 4.

Контролируемый подсобранный подшипниковый узел 3 устанавливается на фальш-оправке 2 и нагружается тарированной осевой силой, корпус подшипникового узла вращается с частотой 20—30 мин<sup>-1</sup> с помощью специального пневмодатчика 9 от пневмотурбины 7. Момент трения контролируется с помощью манометра 5 по расходу воздуха, выходящего через форсунку радиального отверстия, перекрываемого плоской пружиной. Если

момент трения превышает значения, предусмотренные техническими требованиями, то данный узел не пригоден для дальнейшей сборки.

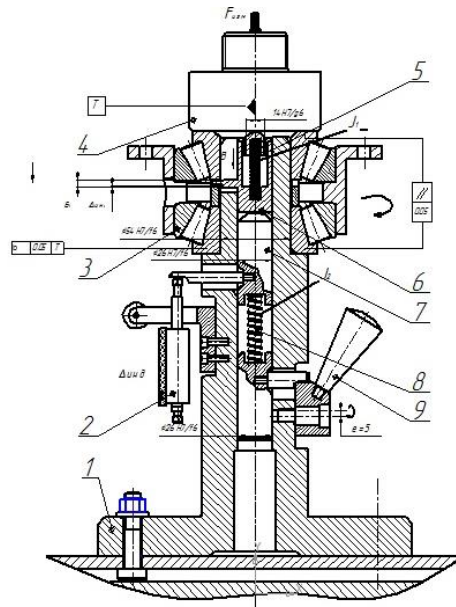


**Рисунок 4. Технологическая установка для контроля момента трения в дуплексе подшипников перед преднатяга регулированием (1 — корпус, 2 — фальш-оправка, 3 — контролируемый подшипниковый узел, 4 — ведомый диск, 5 — показывающий прибор-манометр, 6 — микрометр подвода, 7 — пневмотурбина, 8 — ведущий вал с отверстием для подвода воздуха к форсунке, 10 — поводковый палец)**

На рисунке 5 показана технологическая оснастка для измерения требуемой толщины компенсаторного кольца на преднатяг подшипников, которая устанавливается на гидравлический пресс (1 кН). Подсобранный подшипниковый узел 3 устанавливается на фальш-оправке 1 вместе с распорной втулкой. Между распорной втулкой и внутренним кольцом верхнего подшипника устанавливается измерительный элемент 6.

На подшипниковый узел с помощью нагрузителя 4 прикладываются тарированная осевая сила Физм, при этом корпус подшипникового узла необходимо провернуть на 5—7 оборотов в обе стороны. Индикатор 2 настраивается на ноль. Затем эксцентрик, с помощью рукоятки 9,

поворачивается на  $180^0$  и пружина 5 верхнего плунжера перемещает измерительный элемент 6 в зазоре между внутренним кольцом и распорной втулкой. Это перемещение фиксируется индикатором 2. Требуемая толщина компенсаторного кольца определяется по формуле:  $B_k = \Delta_{инд} + Низм$ , где  $\Delta_{инд}$  — показания индикатора, Низм — толщина измерительной части.



**Рисунок 5. Технологическая оснастка для измерения требуемой толщины компенсаторного кольца на преднатяг подшипников (1 — фальш-оправка, 2 — индикатор часового типа или датчик линейных перемещений, 3 — контролируемый подшипниковый узел, 4 — нагрузчитель пинולי прессы, 5 — пружина верхнего плунжера, 6 — измерительный элемент, 7 — плунжер нижний, 8 — пружина нижнего плунжера, 9 — рукоятка эксцентрика)**

В лаборатории кафедры «Технология машиностроения» разработана и изготовлена при непосредственном участии авторов статьи технологическая установка для измерения требуемой толщины компенсаторного кольца на преднатяг подшипников в подшипниковом узле ведущей шестерни редуктора среднего моста автомобиля «Камаз-5320» (рисунок 6). Это установка имеет силовой пневмоцилиндр и образцовый манометр для контроля измерительной силы. Корпус подшипникового узла при измерении вращается от специального привода через торсионные диски, позволяющие контролировать момент трения. Требуемая толщина компенсатора

определяется с помощью индикатора путём поворота рукоятки эксцентрика на  $180^{\circ}$ . Торсионное устройство предназначено для контроля момента трения в процессе нагружения подшипникового узла осевой измерительной силой.

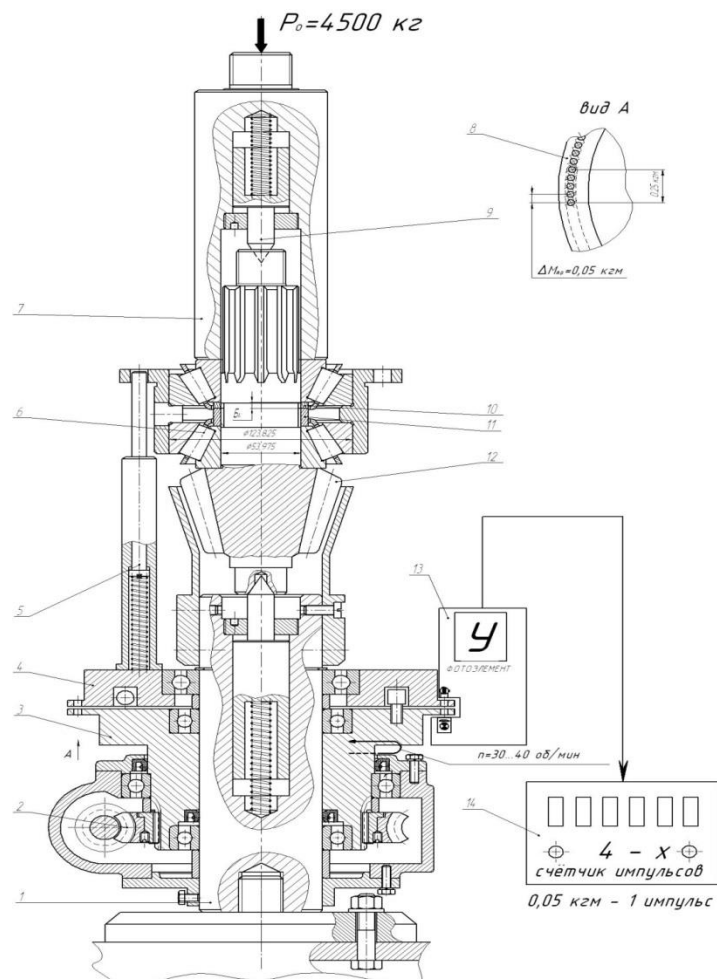


***Рисунок 6. Опытно-экспериментальная установка для измерения требуемого размера компенсатора в подшипниковом узле ведущей шестерни редуктора среднего моста автомобиля «Камаз-5320»***

После измерения толщины компенсатора на технологической установке (рисунок 6) требуемое по толщине кольцо 10 выбирается из набора регулировочных колец, включающего 8 или 16 типо-размеров с шагом 0,05 мм.

Выбранное компенсаторное кольцо 10 устанавливается в подшипниковый узел 6, который позиционируется на специальный стенд (рисунок 7). На этом стенде на подшипниковый узел 6 прикладывается осевая нагрузка, имитирующая силу затяжки гайки, корпусу придается вращение  $20\text{—}30\text{ мин}^{-1}$ , через торсионный привод 3 и 4. После поворота корпуса на 5—7 оборотов выполняется контроль момента трения с помощью сектора контроля 8, в котором имеется круговой паз на ведущем диске и отверстия на ведомом. При прохождении этого сектора через фотодатчик световых импульсов 13 выполняется контроль количества сигналов частотометром — хронометром 14. Полученное значение должно совпадать с величиной момента трения зафиксиро-

рованного при измерении характеристики с помощью технологической оснастки на рисунке 4 и на рисунке 6 при измерении требуемой толщины компенсаторного кольца 10. Если момент трения не совпадает со значениями, полученными на предыдущих операциях, то данный подшипниковый узел для дальнейшей сборки не допускается и отправляется на разборку и повторную сборку.



**Рисунок 7. Технологическая установка для контроля точности измерения и подбора требуемой толщины компенсаторного кольца на преднатяг подшипников по моменту трения при нагружении осевой силой, имитирующей силу затяжки гайки. (1 — опора для установки подшипникового узла с плавающим центром, 2 — привод вращения корпуса подшипникового узла, 3 — ведущий диск торсиона, 4 — ведомый диск торсиона, 5 — поводковый подпружиненный палец, 6 — контролируемый подшипниковый узел, 7 — нагрузитель с плавающим центром, 8 — сектор контроля момента трения на торсионных дисках с помощью световых импульсов, 9 — плавающий центр, 10 — компенсаторное кольцо, 11 — распорная дистанционная втулка, 12 — ведущая шестерня редуктора, 13 — фотодатчик световых импульсов, 14 — частотомер хронометр — счётчик импульсов)**



Таким образом предлагаемая технология регулировки и сборки подшипниковых узлов редукторов ведущих мостов предусматривает 100 % контроль момента трения при регулировке преднатяга на всех стадиях сборки и тем самым исключает повторную разборку и сборку всего редуктора в целом. Данная технология позволяет существенно повысить точность регулирования главного параметра преднатяга — силы осевого сжатия, которая и влияет непосредственно на долговечность и эксплуатационную надёжность редукторов ведущих мостов автомобилей в целом.

### **Список литературы:**

1. Булавин И.А., Груздев А.Ю. Взаимосвязь параметров преднатяга конических роликоподшипников. Автомобильная промышленность. — 2001 г. — № 6, — с. 22—24.

## **АНАЛИЗ ГРАММАТИКИ ВХОДНОГО ЯЗЫКА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

*Неустроев Иван Сергеевич*

*Федоткин Роман Эдуардович*

*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)*

В настоящее время внедрение в производственную сферу цифровых и информационно-коммутационных технологий (в частности, «интернета вещей и услуг»), а также применение новых технологий, материалов и робототехники открывает эру четвертой промышленной (индустриальной) революции. Считается, что первые три промышленные революции произошли в результате механизации, электрификации и компьютеризации производства. Лидерами являются США, Китай и некоторые страны ЕС. Российской Федерации важно не отстать от продвинутых в этом вопросе стран и найти достойную нишу в эпохальном процессе. Проблема выбора профессии и места работы всегда стоит перед выпускником технического вуза. Получение инженерного образования дает возможность участия в реализации перспективных научно-технических направлений индустриальной революции. Одним из критериев качества инженерного образования является практическая подготовка школьников, студентов и выпускников вузов с учетом современных требований производства, которое определяется уровнем автоматизации с использованием процессорных систем автоматического управления на основе средств вычислительной техники и применением промышленных роботов. Промышленный робот — это автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и системы программного управления, которые служат

для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций. Применение промышленных роботов приводит к повышению производительности труда, сокращению количества обслуживающего персонала и улучшению качества выпускаемой продукции, обеспечивая высокую точность ведения технологических процессов. На первом этапе изучения и применения робототехники необходимо ознакомиться с наиболее простыми конструкциями пневматических промышленных роботов, оснащенных программными системами управления [4, с. 33].

**Цель работы:** разработать надежную программу управления промышленным роботом типа МП-9С.

**Задачи:** 1) Ознакомиться с функциональными возможностями манипулятора промышленного робота; 2) Изучить режимы работы цикловой системы управления и основы программирования; 3) Составить программу работы робота; 4) Выполнить анализ грамматики команды входного языка.

Система управления промышленного робота МП-9С относится к категории программных систем управления, функционирующих по заранее заданной программе, и предназначена для управления манипулятором с позиционированием по путевым выключателям — упорам [2, с. 37].

Основные технические характеристики:

- число управляемых звеньев манипулятора — до 4,
- число звеньев, управляемых по упорам - концевым выключателям — до 4,
- число программируемых выдержек времени — 1,
- диапазон регулирования выдержки времени, с — 0...7,
- число кадров программы (определяется размерами панели программ) — до 30.

Пульт управления предназначен для оперативного управления устройством и отображения состояния робота. Переключатели пульта управления обеспечивают задание четырех режимов работы: *РУЧНОЙ*, *КОМАНДА*, *ЦИКЛ* и *АВТОМАТ*.

Управление подвижными органами манипулятора и контроль положения исполнительных органов (звеньев) при помощи табло индикации возможно в режиме *РУЧНОЙ*. В режиме *КОМАНДА* устройство обеспечивает отработку одного кадра программы, набранного на панели программы. Режим *ЦИКЛ* предназначен для однократного исполнения всех кадров программы. В режиме *АВТОМАТ* устройство управления обеспечивает многократное повторение программы цикла манипулятора.

Один кадр программы соответствует одному шагу циклограммы работа. Кадр программы записывают в виде двух команд, набираемых для каждого шага, на верхнем и нижнем поле панели программ. Переход к следующему шагу происходит только после отработки команд управления звеньями манипулятора.

В таблице 1 представлен пример программы типового цикла работы манипулятора.

**Таблица 1.**

**Программа типового цикла работы манипулятора**

<b>Номер шага</b>	<b>Код кадра</b>	<b>Наименование команды</b>
0	00	Исходное состояние
1	05	Открытие захватного устройства
2	11	Подъем. Вперед.
3	09	Выдержка времени
4	06	Закрытие захватного устройства
5	20	Движение исполнительного устройства назад
6	02	Движение вниз
7	30	Поворот вправо
8	01	Вперед
9	05	Открытие захватного устройства
10	09	Выдержка времени
11	06	Закрытие захватного устройства
12	20	Движение исполнительного устройства назад
13	04	Поворот влево
14	01	Вперед
15	98	Переход

Суть лингвистического подхода при изучении и анализе входных языков промышленных роботов заключается в следующем. Система программного управления манипулятора и её входной язык описываются с использованием лингвистических средств (на соответствующем языке). Применение лингвистических средств (методов теории синтаксического анализа, перевода и компиляции) имеет следующие преимущества перед обычно принятым методом алгоритмического представления программно-математического обеспечения [1, с. 25]:

- языковые преобразования на уровне трансляции в достаточной мере формализованы и содержат в себе мощные средства отбора недопустимых ситуаций на уровне лексики, синтаксиса и семантики,
- словарь входного языка является средством отображения функциональных возможностей системы управления.

Для задания распознающих грамматик требуется задать алфавиты (множества) терминальных и нетерминальных символов, набор правил вывода, а также выделить во множестве нетерминальных символов начальный. Итак, грамматика  $G$  определяется четверкой символов:

$$G = \{ T, N, P, \alpha \},$$

где:  $T$  — алфавит терминальных символов,

$N$  — алфавит нетерминальных символов,

$P$  — набор правил вида: «левая часть»  $\rightarrow$  «правая часть», где:

\* «левая часть» — непустая последовательность терминальных и нетерминальных символов, содержащая, по крайней мере, один нетерминальный символ,

\*  $\rightarrow$  символ порождения.

\* «правая часть» — любая последовательность терминальных и нетерминальных символов,

$\alpha$  — начальный символ грамматики.

В программных системах управления промышленными роботами наиболее плодотворно применение автоматных грамматик [3 с. 375]. Рассмотрим грамматику входного языка, определяющего выполнение команды **ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ**.

Терминальный алфавит:  $T = \{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0\}$

Нетерминальный алфавит:  $N = \{\text{команда, число, цифра}\}$

Правила: 1. Команда  $\rightarrow$  число (команда состоит из чисел)

2. Число  $\rightarrow$  цифра число (число содержит одну или две цифры)

3. Цифра  $\rightarrow 0 \mid 1 \mid 2 \mid 3 \mid 4 \mid 5 \mid 6 \mid 7 \mid 8 \mid 9 \mid$

Начальный нетерминал: Команда.

Существование вывода для некоторого слова является критерием его принадлежности к языку, определяемому данной грамматикой. Конечная строка, в этом случае, полностью состоит из терминалов.

1. Команда  $\rightarrow$  число (Правило 1)

2. Число  $\rightarrow$  цифра число (Правило 2)

3. Число  $\rightarrow 0$  число (Правило 3)

4. Цифра  $\rightarrow 0 9$  (Правило 3)

Результат вывода грамматики — это команда 09 — **ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ**.

Тестирование программ управления промышленным роботом показало работоспособность предложенного лингвистического подхода. Использование формальных методов проектирования входных языков, по нашему мнению, обеспечивает исключение двусмысленных толкований описания режимов и циклов работы манипулятора и действий оператора, сокращает время изучения правил работы с клавиатурой пультов управления, что приводит в итоге к высокой степени надежности эксплуатации программных систем управления манипуляторами.

### **Список литературы:**

1. Ахо А., Ульман Д. Теория синтаксического анализа и перевода (пер. с англ.) / Под ред. Курочкина. М.: Мир, 1978. — 612 с.
2. Иванов Ю.В., Лакота Н.А. Гибкая автоматизация производства РЭА с применением микропроцессоров и роботов. Учеб. пос. М.: Радио и связь, 1997. — 460 с.
3. Латышев В.А. Моделирование элементов процессорных систем управления технологическим оборудованием. Технологические системы, техника. Первая электронная международная научно-техническая конференция. Сб. тр. Тула, 2002, — с. 375.
4. Макаров И.М., Топчиев Ю.И. Робототехника: История и перспективы. М.: Наука; Изд-во МАИ, 2003. — 349 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НАПЛАВЛЕННЫХ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ

*Хайруллин Руслан Айратович*

*Мартемьянова Ольга Николаевна*

*Раджабов Марат Равильевич*

*магистранты, кафедра «Машиностроение»,  
Набережночелнинский институт КФУ,  
РФ, г. Набережные Челны  
E-mail: [guanava@mail.ru](mailto:guanava@mail.ru)*

*Кужагильдин Рим Салихович*

*научный руководитель, доцент, кафедра «Машиностроение»,  
Набережночелнинский институт КФУ,  
РФ, г. Набережные Челны*

Крупные штампы для горячей объемной штамповки, изготовление которых характеризуется высокой металлоемкостью, восстанавливают методом наплавки. Наплавка — это нанесение слоя металла на поверхность штампа посредством сварки плавлением. В качестве электрода используется порошковая проволока.

Проблематика: низкая стойкость штампов восстановленных методом наплавки (порядка 2,5 тысяч поковок) по сравнению со вновь изготовленными штампами из стали 4Х5МФС (порядка 5 тысяч поковок). Низкая стойкость штамповой оснастки увеличивает себестоимость изготовления поковок, снижает производительность труда.

Ремонт вставок методом наплавки включает следующие основные операции:

1. Отпуск для снятия ковочных напряжений;
2. Слесарная обработка — очищение вставок от производственных отходов и грязи;
3. Воздушно-дуговая резка — по всему ручью штампа снимают выработанный слой, на глубину не менее 10 мм. Разгарные трещины вырезаются до их исчезновения;



4. Очистка дробеструйная — очищают вставку дробеметом;

5. Нагрев штампа перед наплавкой. Нагрев проводится в шахтной электропечи, нагретой до температуры 500 °С. Время нагрева 2 мин. на 1 мм толщины;

6. Наплавка дуговая в инертных газах плавящимся электродом. Наплавку выполняют с самой нижней точки, предварительно создав удерживающий порог, путем наплавки валика по периметру наплавляемого участка. Перед наплавкой каждого последующего слоя, с уже наплавленного слоя тщательно удаляется шлак и проковывается наплавленный слой пневматическим молотком. При накладывании каждого последующего наплавляемого слоя меняется направление движения.

7. Отпуск — проводится для получения необходимой твердости наплавленного слоя;

Анализ стойкости наплавленных штампов проводился на примере восстановления ковочного штампа для поковки коленчатого вала.

Наиболее интенсивный износ наплавленных штампов происходит на перемычках между противовесами. Под действием сил трения и высоких удельных усилий металл перетекает на боковую поверхность, что вызывает образование поднутрений и становится причиной «залипания» поковки. Другой причиной, по которой штампы отправляют на ремонт, является выкрашивание металла гравюры тонких второй и четвертой коренных шеек.

Для исследования структуры наплавленных штампов были проведены лабораторные исследования на пяти наплавленных образцах.

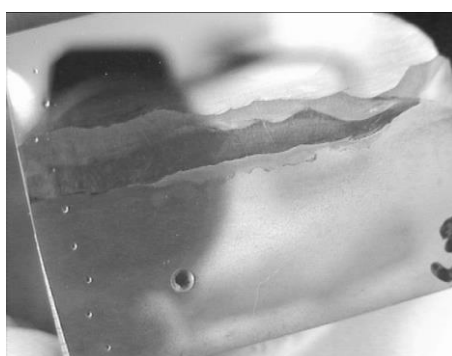
Наплавленные образцы в лабораторных условиях прошли нагрев под отпуск при температурах 520 °С, 535 °С, 550 °С, 560 °С и 570 °С, выдержаны 2 часа и охлаждены на воздухе.

На наплавленных образцах были проведены следующие исследования:

1. Замер твердости поверхности наплавки до и после отпуска;
2. Анализ химсостава;
3. Стилоскопический анализ;

4. Замер твёрдости и микроанализ в поперечном сечении до отпуска;
5. Замер твёрдости и микроанализ в поперечном сечении после отпуска
6. Макроанализ до и после отпуска.

Замер твердости по сечениям наплавленных образцов после отпуска выявил разность значений твердости в зависимости от расстояния от основного металла. Поперечное сечение наплавленного образца после отпуска показано на рисунке 1. Распределение твердости по сечениям образцов после отпуска приведены в таблице 1.



**Рисунок 1. Поперечное сечение наплавленного образца после отпуска и проведенного замера твердости**

**Таблица 1.**

**Распределение твердости по сечениям образцов после отпуска**

Расстояние от поверхности основного металла, мм	Твёрдость образца №1 отпуск при 520°C			Твёрдость образца №3 отпуск при 550°C			Твёрдость образца №5 отпуск при 570°C		
	HRC	HB	слой	HRC	HB	слой	HRC	HB	слой
3	-	179	Основной металл	-	179	Основной металл	-	179	Основной металл
6	-			-			-		
9	-			-			-		
12	32	-	-	-	-	-	-	-	-
15	50	-	1 слой	-	-	-	-	-	-
18	47	-	1 слой	44,5	-	1 слой	39	-	1 слой
21	49,5	-	2 слой	42,5	-	2 слой	39,5	-	2 слой
24	48	-	3 слой	46	-	3 слой	39	-	3 слой
27	47	-	3 слой	45,5	-	3 слой	38	-	3 слой
30	40	-	3 слой	44,5	-	3 слой	39	-	3 слой

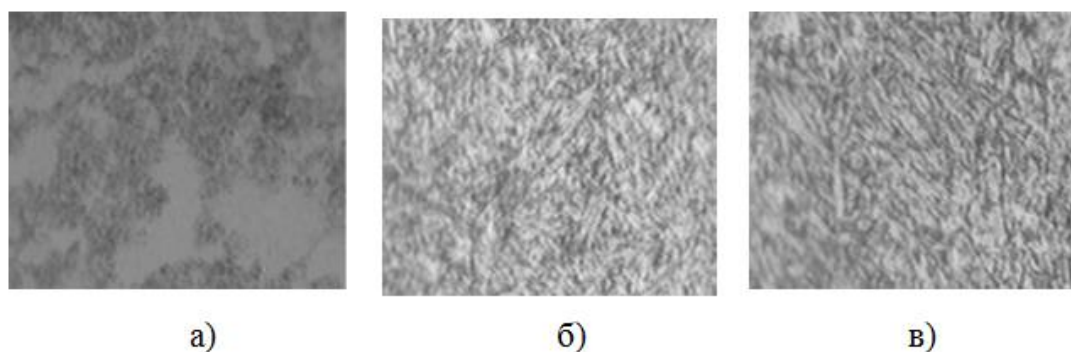
Анализ микроструктуры наплавленных образцов по слоям выявил различность структур в зависимости от слоя наплавки.

Результаты анализа микроструктуры образца отпущенного при температуре 550 °С.

Микроструктура основного металла (рисунок 2а) — перлит сорбитообразный, феррит в виде зёрен, слегка распределён в строчки. Балл зерна № 8—9(10).

Микроструктура 1-го слоя наплавки (рисунок 2б) — крупноигольчатый мартенсит 8—9 балла, ГОСТ8233-56, белая составляющая.

Микроструктура 2-го слоя наплавки (рисунок 2в) — среднеигольчатый мартенсит 6 балла, ГОСТ 8233-56, белая составляющая.



**Рисунок 2. Микроструктура образца после отпуска: а) основного металла; б) первого слоя наплавки; в) третьего слоя наплавки**

Различные структуры наплавленных слоев и неравномерность твердости по сечению наплавленных образцов ведет к образованию концентраторов напряжений на границах слоев, вследствие различного сопротивления деформации структур.

Соответственно неоднородность структуры и твердости по сечению наплавленного металла при циклических нагрузках увеличивает вероятность разрушения наплавленного слоя.

Анализ химического состава наплавленного слоя подтвердил соответствие химического состава, составу заявленному производителем проволоки для наплавки. Химический состав наплавленного слоя приведен в таблице 2

**Таблица 2.****Химический состав наплавленного слоя**

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
Содержание %	<b>0,13</b>	<b>0,49</b>	<b>0,94</b>	<b>9,31</b>	<b>1,62</b>	<b>2,60</b>

Для определения величины температур и напряжений, действующих на поверхности штампа на участках подверженных наибольшему износу процесс штамповки смоделирован в программном комплексе QFORM. По результатам моделирования штамповки в окончательном переходе, перемычки между противовесами нагреваются с 300 °С (начальная температура нагрева штампов) до 680 °С при среднем напряжении 1200 МПа. Следовательно, при выборе материала для наплавки применимы рекомендации данные в статье Соколова Г.Н. [1, с. 51—59].

Исследованиями Соколова Г.Н. установлено, что в наплавленном металле системы Fe-Cr-Mo-C при соотношениях атомных содержаний Mo/C и Cr/C в диапазонах соответственно 0,3...0,5 и 2,5...3,0, а также предельном (масс. %) содержании углерода до 2,8, хрома до 30, молибдена до 7 и никеля до 2 реализуются повышенные, в сравнении с промышленными инструментальными материалами, сопротивление пластической деформации и износостойкость при температурах до 700 °С за счет формирования композиционной структуры [1, с. 51—59].

После сравнения химического состава наплавленного слоя с рекомендациями можно сделать вывод о нерациональности применения проволоки с данным химическим составом, так как химический состав не удовлетворяет рекомендуемым рациональным соотношениям, вследствие чего данная проволока не обеспечивает необходимого сочетания механических свойств в условиях работы штампов горячего деформирования для поковки коленчатого вала.

В качестве эксперимента в инструментальном цехе была произведена дополнительная шлифовка гравюры наплавленного штампа после окончательной механической обработки, с целью уменьшения шероховатости

гравюры. В результате было отмечено значительное повышение стойкости штампа, которая составила порядка 4000 у первого экспериментального комплекта оснастки и более 3800 поковок у второго комплекта.

В результате проведенных исследований были сформулированы следующие рекомендации для повышения стойкости штампов восстановленных методом наплавки:

1. Наплавленные штампы необходимо подвергать термической обработке по режимам, обеспечивающим наименьший разброс твердости и наибольшую равномерность структуры по сечению наплавленных штампов (570 °С) для снижения образования концентраторов напряжений на границах наплавленных слоев.

2. Необходимо подобрать материал для наплавки с химическим составом, наиболее рациональным для штампов горячей объемной штамповки работающих при температурах до 700 °С.

3. Дополнительная шлифовка гравюры штампа позволяет существенно повысить стойкость.

### **Список литературы:**

1. Соколов Г.Н. Новые термостойкие композиционные материалы для наплавки на прессовый инструмент// Вопросы материаловедения. — 2004. — № 4. — С. 51—59.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ПРОБ И НАВЕСОК**

**Эрдман Виктор Евгеньевич**

*студент Иркутского государственного технического университета,  
РФ, г. Иркутск*

**Половнева Светлана Ивановна**

*научный руководитель, канд. техн. наук, доц. каф. АПП Иркутского  
государственного технического университета,  
РФ, г. Иркутск*

При измерении удельной поверхности катализаторов и сорбентов проба сыпучего материала помещается в анализатор в виде навески определенной массы [1]. От точности измерения массы навески во многом зависит точность определения удельной поверхности.

Удельная поверхность — это полная поверхность твердых частиц с учетом микропор и трещин на единицу массы. Этот параметр является показателем качества продукции в производстве катализаторов и сорбентов, т. е. подлежит обязательному измерению.

Кроме того, кинетика многих гетерогенных процессов химической технологии во многом определяется состоянием поверхности твердой фазы. Информация об изменении данного параметра в темпе с процессом позволяет повысить качество регулирования.

Для измерения удельной поверхности применяются анализаторы, работа которых основана на хроматографическом методе тепловой десорбции аргона или азота [2].

Примером таких анализаторов являются:

1. Sorbi-M;
2. NOVA;
3. Monosorb;

Ввод массы навески во всех перечисленных анализаторах выполняется вручную, с клавиатуры, что увеличивает время анализа и чревато субъективными погрешностями. Поэтому предлагается для автоматизи-

рованного процесса измерения массы пробы применять весы с МП-преобразованием сигнала и программированием расчета.

Навеска — это небольшое, точно взвешенное (0,001 г) количество анализируемого вещества, взятое от средней его пробы, которое в процессе анализа количественно подвергается всем необходимым операциям.

Для того, что бы правильно измерить навеску, нужно учесть ряд параметров:

1. В измерительной лаборатории не должно быть сквозняков, так как это влияет на погрешность при измерении.

2. Весы должны быть установлены на столе, который не качается (для лучшей устойчивости следует сделать полку, которая будет крепиться к несущей стене).

3. С весами нужно обращаться бережно, так как механические воздействия, такие как удар или падение, могут повредить измеряющее устройство, вследствие чего измерения могут быть не точными.

Обычно массы навесок невелики (0,1—10 г.), так как слишком маленькая навеска приводит к значительной погрешности анализа, а слишком большая увеличивает его продолжительность, к тому же, большую навеску труднее обработать количественно. Аналитической практикой установлено, что наиболее удобны в работе кристаллические осадки с массой около 0,5 г. и объемистые аморфные осадки с массой 0,1—0,3 г. Учитывая эти нормы осадков и зная приблизительное содержание определяемого элемента в веществе, вычисляют необходимую величину навески. Существует два типа навески: точная и приблизительная.

Массу навески определяют по формуле с точностью до четвертого знака и взвешивают навеску на аналитических весах. Растворы, приготовленные по точной навеске, называют стандартными. Они могут быть как рабочими, так и установочными.

*Таблица 1.*

**Весы аналитические микропроцессорные**

пп	Тип, модель	Цена деления, мг	Погрешность взвешивания
1	Ohaus scout pro spu 123	1	+0.001
2	Explorer pro EP114C	1	+0.003
3	Sartorius ME254S	0.1	+0.0001
4	Cas CAUY-120	0.1	+0.0002

Формулы расчета массы вещества по точной и приблизительной навеске одинаковы и зависят от способа выражения состава раствора. Для этих целей предлагается использовать электронные весы Американского производителя Ohaus, модель scout pro spu 123 (рисунок 1.)



*Рисунок 1. Внешний вид электронных весов*

Метрологические характеристики приведены в таблице 2.

*Таблица 2.*

**Метрологические характеристики Ohaus scout (США)**

пп	Наименование МХ	Значение
1	Диапазон измерения, г	0...120
2	Цена деления, мг	1
3	Погрешность взвешивания	+0,001
4	МПИ, год	1
5	Тип выходного сигнала	Цифровой
6	Индикация показаний	ДМ



Данное измерительное устройство обладает довольно высокой точностью измерений, при соблюдении необходимых мер, имеет низкую погрешность и является простым в использовании.

Технические характеристики приведены в таблице 3.

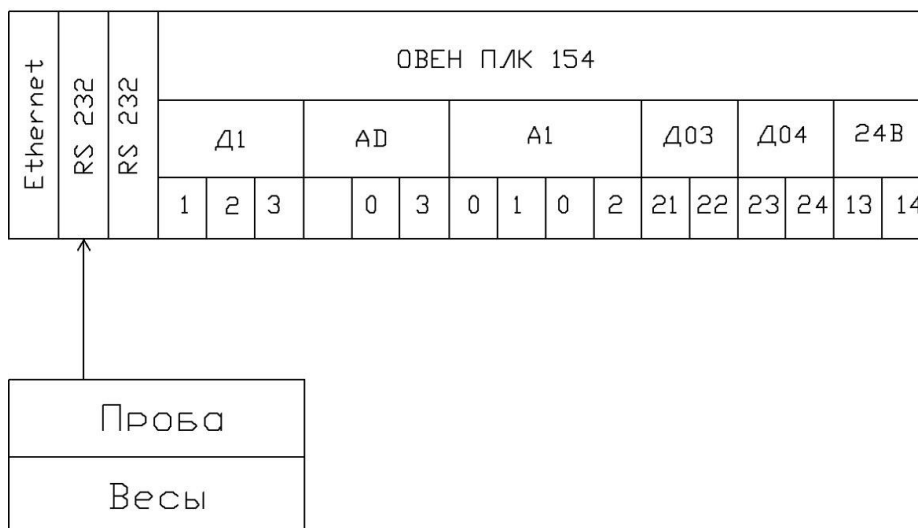
**Таблица 3.**

**Технические характеристики Ohaus scout (США)**

<b>Наименования характеристик</b>	<b>SPU123</b>
Наибольший предел взвешивания (НПВ), г	120
Наименьший предел взвешивания (НмПВ), г	0,2
Дискретность отсчета (d) и цена поверочного деления (e), г	0,001
Цена поверочного деления (e), г	0,01
Диапазон выборки массы тары, % от НПВ	0...100
Диапазон рабочих температур, °С	От плюс 10 до плюс 40
Вероятность безотказной работы за 1000 ч	0,92
Средний полный срок службы, лет	8
Габаритные размеры весов, (ДхВхШ), мм	210x192x154
Напряжение, В	220

Взвешивание проб активированного угля выполнялось в следующем порядке:

1. Подключить весы к компьютеру с помощью USB- кабеля;
2. Включить весы, установить строго горизонтально;
3. С ПК запустить программу PCcom.exe;
4. Выбрать порт, к которому подключены весы;
5. отрегулировать весы до нулевого значения 0.000 (кнопка ON/ZERO off);
6. Пробу поместить на тарелку для взвешивания и закрыть защитный экран,
7. Дождаться результата взвешивания и нажать на кнопку PRNT unit.
8. Результат взвешивания выводился на экран монитора ПК и дисплейный модуль.



**Рисунок 2. Возможный вариант подключения весов к контроллеру**

При правильном выполнении всех аналитических операций весового анализа ошибка опыта определяется точностью взвешивания. При одинаковой абсолютной ошибке взвешивания большая навеска исходного вещества приводит к большой относительной точности результата анализа, выражаемой в процентах.

Для автоматического расчета удельной поверхности цифровой сигнал по массе пробы должен быть подан на вход программируемого логического микроконтроллера ПЛК 154 ОВЕН по интерфейсу RS232 [2], что позволит комплексно автоматизировать измерение и расчет удельной поверхности угольных сорбентов в ходе технологического процесса десорбции и регенерации.

### Список литературы:

1. Мальчихин А.С., Саливон С.В. и др. Моделирование системы МП-термостатирования адсорбера при измерении удельной поверхности. Сб. Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Малые Винеровские чтения» Иркутск: ИрГТУ, 2013. — С. 16.
2. Патент РФ на изобретение № 2376582 от 20.12.2009.

## СЕКЦИЯ 6. МЕТАЛЛУРГИЯ

### ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ Л.В. АНДРЕЮКА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ МЕТАЛЛА ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ

**Белов Владимир Игоревич**

*студент 5 курса, кафедра обработки металлов давлением  
ГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [beliyvovan@yandex.ru](mailto:beliyvovan@yandex.ru)*

**Разгулин Игорь Андреевич**

*студент 5 курса, кафедра обработки металлов давлением  
МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [igor.darsy@mail.ru](mailto:igor.darsy@mail.ru)*

**Абсалямова Маргарита**

*студент 5 курса, кафедра обработки металлов давлением  
МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск*

**Румянцев Михаил Игоревич**

*научный руководитель, канд. техн. наук, профессор МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск*

**Таблица 1.**

#### Условия прокатки в чистовой группе ШСГП 2000

Клеть	$D$ , мм	$h_0$ , мм	$\epsilon$	$v_p$ , м/с	$t_0$ , °С
F1	850	$\frac{17,0}{22,0}$	$\frac{0,37}{0,51}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{920}{1008}$
F2	850	$\frac{10,0}{16,0}$	$\frac{0,27}{0,41}$	$\frac{1,5}{3,6}$	$\frac{896}{997}$
F3	800	$\frac{6,7}{12,2}$	$\frac{0,24}{0,33}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{871}{986}$
F4	800	$\frac{4,4}{9,5}$	$\frac{0,22}{0,34}$	$\frac{2}{6,6}$	$\frac{847}{975}$
F5	800	$\frac{2,8}{7,6}$	$\frac{0,20}{0,36}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{823}{963}$

F6	800	$\frac{1,8}{6,3}$	$\frac{0,17}{0,36}$	$\frac{3,8}{9,6}$	$\frac{799}{952}$
F7	800	$\frac{1,4}{5,6}$	$\frac{0,11}{0,22}$	$\frac{4,3}{17,4}$	$\frac{750}{930}$

Примечания:  $D$  — диаметр рабочего валка,  $h_0$  — начальная толщина полосы,  $\varepsilon$  — относительное обжатие,  $v_p$  — окружная скорость рабочего валка,  $t_0$  — температура полосы

При разработке и оценивании режимов горячей прокатки важное значение имеет расчет энергосиловых параметров (усилие, мощность, момент), которые, как известно, определяются пределом текучести прокатываемого металла  $\sigma_F$ . Для расчета сопротивления металла деформации, которое связано с пределом текучести, часто используют методику Л.В. Андреюка. Данная методика хороша тем, что учитывает зависимость предела текучести от химического состава стали. В тоже время она разработана для следующих значений термомеханических параметров: степень деформации  $\xi = 0,05 - 0,3$  (относительное обжатие  $\varepsilon = 5 - 30\%$ ); скорость деформации  $\vartheta = 0,001 - 150\text{с}^{-1}$ ; температура деформации  $\theta = 800 - 1300\text{ }^\circ\text{C}$ . Однако сегодня применяются технологии, например термомеханическая прокатка, при которых деформация металла производится при температуре менее  $800\text{ }^\circ\text{C}$ . Кроме того, в промышленных условиях, например, в чистовой группе широкополосного стана горячей прокатки (ШСГП) относительное обжатие может достигать  $50\%$  (Таблица 1). В связи с этим актуальна задача совершенствования методики Л.В. Андреюка с целью применения ее в более широкой области термомеханических параметров.

В работе [6, с. 408] с целью применения методики Андреюка для моделирования прокатки при температуре ниже  $800\text{ }^\circ\text{C}$  в уравнение для расчета предела текучести добавлен коэффициент  $K_s$ , учитывающий влияние фазовых превращения в стали.

$$K_s = \begin{cases} 0,4619 + 0,1327 \cdot \frac{t}{100}, & \text{при } t < 700 \text{ }^\circ\text{C} \\ 2,0265 \cdot \frac{t}{100} - 12,749, & \text{при } 700 \leq t < 750 \text{ }^\circ\text{C} \\ 21,385 - 2,5307 \cdot \frac{t}{100}, & \text{при } 750 \leq t \leq 800 \text{ }^\circ\text{C} \\ 4,6342 - 0,667 \frac{t}{100} + 0,0305 \cdot \left(\frac{t}{100}\right)^2, & \text{при } t > 800 \text{ }^\circ\text{C} \end{cases} \quad (1)$$

В таком случае формула Л.В. Андреюка имеет вид:

$$\sigma_F = \frac{1}{K_s} S \sigma_{од} \vartheta^a (10\xi)^b (\theta/1000)^c \quad (2)$$

Чтобы оценить возможность использования методики Л.В. Андреюка при обжатиях более 30 % выполнили сравнение расчетов по формуле (2) с результатами конечно-элементного моделирования в программе DEFORM 3D. Исследование проводили для условий прокатки в чистовой группе ШСГП 2000 (Таблица 1). Чтобы сократить количество расчетов применили методику планирования эксперимента [1, с. 120]. Так как взаимосвязи между параметрами прокатки нелинейные, выбрали ротатабельный план второго порядка Бокса-Хантера. Его преимущество заключается в том, что информативность результатов для точек, эквидистантно расположенных от центра плана, одинакова.

**Таблица 2.**

**Матрица плана эксперимента**

Номер опыта	$D$ , мм	$h_0$ , мм	$\varepsilon$	$v_p$ , м/с	$t_0$ , °C	$f$	$\mu_y$
1	850	22,0	0,51	17,4	1008	0,27	0,2
2	800	22,0	0,51	17,4	750	0,27	0,2
3	850	1,4	0,51	17,4	750	0,50	0,2
4	800	1,4	0,51	17,4	1008	0,49	0,2
5	850	22,0	0,11	17,4	750	0,19	0,2
6	800	22,0	0,11	17,4	1008	0,19	0,2
7	850	1,4	0,11	17,4	1008	0,35	0,2
8	800	1,4	0,11	17,4	750	0,35	0,2
9	850	22,0	0,51	1,00	750	0,47	0,4
10	800	22,0	0,51	1,00	1008	0,41	0,34

11	850	1,4	0,51	1,00	1008	0,50	0,34
12	800	1,4	0,51	1,00	750	0,50	0,4
13	850	22,0	0,11	1,00	1008	0,29	0,34
14	800	22,0	0,11	1,00	750	0,33	0,4
15	850	1,4	0,11	1,00	750	0,50	0,4
16	800	1,4	0,11	1,00	1008	0,50	0,34
17	800	11,7	0,31	9,20	879	0,26	0,2
18	850	11,7	0,31	9,20	879	0,26	0,2
19	825	7,5	0,31	9,20	879	0,29	0,2
20	825	18,1	0,31	9,20	879	0,24	0,2
21	825	11,7	0,20	9,20	879	0,24	0,2
22	825	11,7	0,48	9,20	879	0,30	0,2
23	825	11,7	0,31	5,94	879	0,26	0,2
24	825	11,7	0,31	14,26	879	0,26	0,2
25	825	11,7	0,31	9,20	750,0	0,27	0,2
26	825	11,7	0,31	9,20	1008,0	0,26	0,2
27	825	11,7	0,31	9,20	879	0,26	0,2
28	825	22,0	0,51	1,00	1008	0,27	0,2

Матрица плана эксперимента представлена в таблице 2. В ней  $\mu_y$  — коэффициент трения Амантону-Кулону,  $f$  — коэффициент пластического трения по Зибелю. Так как трение оказывает заметное влияние на напряженно-деформированное состояние металла, при описании граничных условий в программе DEFORM 3D важно выбрать обоснованное значение коэффициента трения.

Значения  $\mu_y$  рассчитывали по формулам [2, с. 245] Грудева А.П. для чугунных валков, так как именно чугунные валки используются в чистовых клетях. Для определения  $f$  рассмотрели взаимосвязь коэффициентов пластического трения и трения по Амантону-Кулону, представленную в работе [2, с. 245] в виде таблицы 2,4.

**Таблица 3.**

**Термомеханические параметры и предел текучести металла**

$\theta$ , °C	$\xi$	$\vartheta$ , 1/c	Предел текучести, МПа		
			$\sigma_{FA}$	$\sigma_{FD}$	$\sigma_F^*$
1008	0,30	23	155	187	175
750	0,30	18	383	325	410
1008	0,11	6	105	155	135
750	0,30	23	433	393	486

1008	0,30	18	149	198	160
1008	0,11	14	119	157	156
750	0,11	6	295	335	380
879	0,30	24	251	298	287
879	0,30	23	249	284	281
879	0,30	19	242	214	261
879	0,20	21	228	290	292
879	0,35	17	261	276	264
879	0,30	16	236	268	252
879	0,30	28	256	291	320
750	0,30	23	432	440	483
1008	0,30	23	155	221	174
879	0,30	22	248	335	277
750	0,51	7	404	351	427
1008	0,51	7	144	211	152
750	0,51	7	405	333	427
1008	0,51	8	145	190	152
750	0,51	8	408	351	425
1008	0,51	7	144	195	152

Получили следующую аппроксимацию:

$$f = 0,443 \cdot \mu_y^{0,807} \cdot \alpha^{0,205} \cdot (R/h_1)^{0,320} \quad (3)$$

где:  $\alpha$  — угол захвата металла валками, рад;

$(R/h_1)$  — отношение радиуса валка к толщине полосы на выходе из очага деформации.

Как и в работах [4, с. 22], для моделирования приняли жестко-пластическую среду и марку прокатываемой стали AISI-1045. Условие контактного трения задавали по Амантону-Кулону при значениях  $\mu_y$  в соответствии с таблицей 2. Для раската и валков генерировались сетки с различным числом элементов (25000 и 10000 элементов соответственно). Усредненное значение предела текучести в очаге деформации (далее  $\sigma_{FD}$ ) принимали как среднее значение интенсивности напряжений, которое находили интегрированием по продольному сечению очага. Прогнозируемое значение предела текучести (далее  $\sigma_{FA}$ ) рассчитывали по формуле (2). При этом,

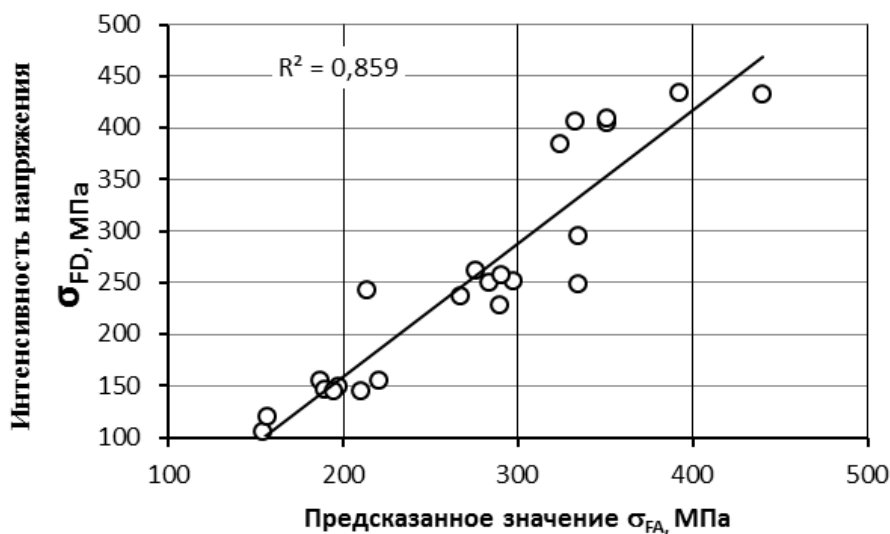
на основании работ [5, с. 23], степень и скорость деформации определяли по следующим формулам:

$$\xi = \varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0}; \quad (4)$$

$$\vartheta = \frac{v_p}{l_x} \cdot \frac{\Delta h}{h_0}, \quad (5)$$

Температуру деформации принимали равной температуре на входе в очаг ( $\theta = t_0$ ). Как и в работах [5, с. 23] принято  $\sigma_{од} = 80,88$  МПа;  $a = 0,149$ ;  $b = 0,189$ ;  $c = -3,488$ . Значения термомеханических параметров и пределов текучести приведены в таблице 3. В нее не вошли некоторые варианты из таблицы 2, так как для них моделирование показало невозможность прокатки по условиям захвата металла валками.

Сравнение значений предела текучести рассчитанных по формуле (2) и значений найденных конечно-элементным моделированием показано на рисунке 1. Значение показателя достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,859$  показывает что степень совпадения результатов расчетов и результатов моделирования равна 85,9 %.



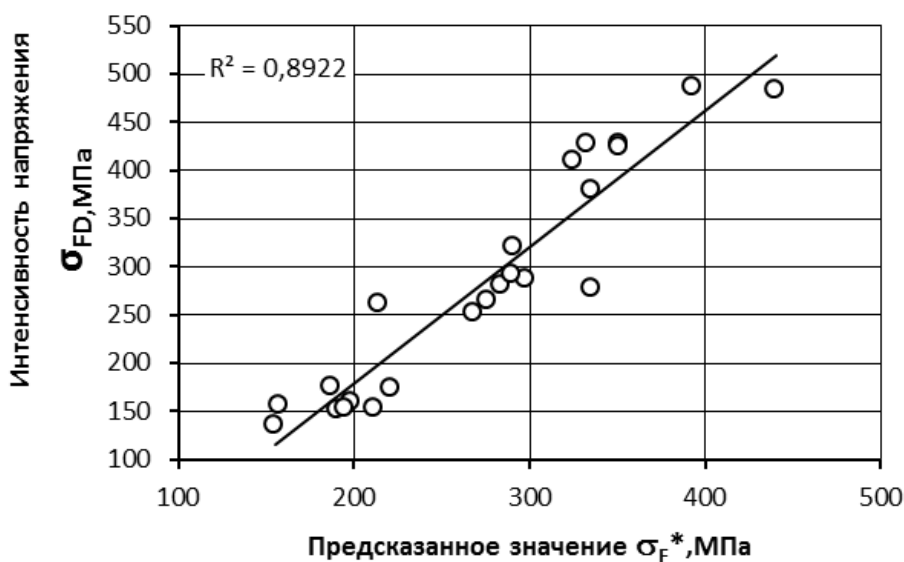
**Рисунок 1. Сравнение значений сопротивления деформации рассчитанное по Андреюку  $\sigma_{FA}$  с полученным в DEFORM  $\sigma_{FD}$**



Чтобы повысить точность расчетов по формуле (2), применили поправочный коэффициент  $K_{\xi\vartheta} = \sigma_{FA} / \sigma_{FD}$ , который учитывает погрешности значений степени и скорости деформации, рассчитанные по формулам (4-5) относительно средних значений этих же параметров при конечно-элементном моделировании. С помощью программы STATISTICA получили следующую аппроксимацию:

$$K_{\xi\vartheta} = 0,6952 + 0,1914 \cdot \xi + 0,0091 \cdot \vartheta - 0,3926 \cdot \xi^2 + 0,0636 \cdot \xi \cdot \vartheta - 0,0009 \cdot \vartheta^2 \quad (6)$$

Значения предела текучести, рассчитанное по формуле (2) с применением коэффициента  $K_{\xi\vartheta}$ , (далее  $\sigma_F^*$ ) так же представлены в таблице 3. Применение коэффициента  $K_{\xi\vartheta}$  повысило степень совпадения результатов расчетов и результатов моделирования до 89,2 % (рисунок 2).



**Рисунок 2. Сравнение значений сопротивления деформации пересчитанное по Андреюку  $\sigma_{FA}^*$  с полученным в DEFORM  $\sigma_D$**

На основании вышеизложенного можем сделать вывод, что методика Л.В. Андреюка, по нахождению предела текучести, может давать более точные

результаты в широком диапазоне термомеханических параметров, с помощью поправочного коэффициента  $K_{\xi\theta}$ .

### Список литературы:

1. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. Учебн. пособие М.: 1985 г. — 327 с.
2. Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справ.изд. М.: Металлургия, 1982 г, — 312 с.
3. Паршин В.С., Карамышев А.П., Некрасов И.И. Практическое руководство к программному комплексу DEFORM 3D. Учебн. пособие Екатеринбург: УрФУ, 2010 г, — 266 с.
4. Румянцев М.И., Белов В.И., Разгулин И. А. Оценка с применением программного комплекса DEFORM 3D средних значений степени, скорости деформации и температуры при горячей прокатке. Электронный сборник статей. Новосибирск: «СибАК» — № 7(22), — 2014. — С. 22—27.
5. Румянцев М.И., Белов В.И., Разгулин И. А. Постановка задачи и некоторые результаты исследования погрешности известных формул для оценки средних значений характеристик состояния металла в очаге деформации при горячей прокатке. Электронный научный журнал Калибровочное Бюро. Магнитогорск: — № 4, — 2014. — С. 23—32.
6. Румянцев М.И. Опыт построения и применения моделей сопротивления деформации для автоматизированного проектирования режимов прокатки. Современные металлические материалы и технологии (СММТ 2013): труды международной научно-технической конференции. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. 2013. — С. 408—410.

## **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БЕНТОНИТА НА КОМКУЕМОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ НЕОФЛЮСОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ**

**Черных Светлана Геннадьевна**

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

**Елина Анастасия Сергеевна**

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

**Груздов Виталий Сергеевич**

*E-mail: [Vit48467512@mail.ru](mailto:Vit48467512@mail.ru)*

**Пивикова Маргарита Сергеевна**

*E-mail: [Pivikova2009@yandex.ru](mailto:Pivikova2009@yandex.ru)*

*студенты 4 курса, факультета ММТ СТИ (филиал) НИТУ МИСис, РФ,  
г. Старый Оскол*

**Тимофеева Анна Стефановна**

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент кафедры ММ  
СТИ НИТУ МИСис,  
РФ, г. Старый Оскол  
E-mail: [uked@yandex.ru](mailto:uked@yandex.ru)*

Одним из главных производств России является металлургия. Основным критерием для получения стали высокого качества необходимо высококачественное сырье. К таковым относятся металлизированные окатыши. Основными составляющими этого продукта являются железосодержащий компонент, связующее вещество и флюсоупрочняющая добавка. Металлургические свойства окатышей определяются химическим составом и технологическими параметрами ведения процесса производства по всем переделам [1]. Можно отметить, что одну из главных ролей в получении качественных окатышей играет связующая добавка. В частности используется бентонитовая глина. Предварительно эта составляющая дробится и измельчается для дальнейшего добавления в железорудный концентрат [2].

И здесь появляется вопрос: какое количество бентонита необходимо для лучшей комкуемости шихты? Ухудшится или улучшится качество окомкования при большем количестве добавляемого бентонита? Для получения ответа на эти вопросы проведем эксперимент с двумя различными

процентными содержаниями бентонита в шихте. Для этого был использован рядовой концентрат и индийский бентонит с ОАО «ЛГМК».

*Таблица 1.*

### Химический состав используемого бентонита

Марка бентонита	Химический состав, %									
	Fe <sub>общ</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P	Ka <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ппп
Индийский	11,0	51,92	16,93	2,91	3,18	0,27	0,014	0,89	1,81	10,34

Предварительного измельчения бентонита не требовалось, так как он был измельчен на комбинате.

#### 1. Отбор проб.

1.1. Масса требуемого количества бентонита бралась в зависимости от заданного нами процентного содержания бентонита в шихте. Первый образец состоял из 99,3 % железорудного концентрата (рядового качества) и 0,7 % бентонита. Во втором образце было увеличено процентное содержание бентонита до 0,8 % бентонита и 99,2 % концентрата соответственно.

1.2. После отбора образцы тщательно смешивались с концентратом и помещались на окомковывающее устройство.

#### 2. Оборудование.

Для проведения данных опытов использовалось следующее оборудование:

- ёмкости для перемешивания шихты;
- чашки для сушки окатышей;
- лабораторный чашевый окомкователь;
- печь для сушки окатышей;
- лабораторные установки для проверки на прочность;
- весы с точностью до 0,01;
- сито для материала крупностью 5 мм.
- устройство для определения влажности.

#### 3. Методика проведения опытов.

3.1. Для проведения данных опытов было отобрано 2 пробы:

1. опыт. Рядовой концентрат с влажностью 9,8 % (99,3 % от общего объема), Бентонит влажностью 7,5 % (0,7 % от общего объема).

2. опыт. Рядовой концентрат с влажностью 9,8 % (99,2 % от общего объема), Бентонит влажностью 7,5 % (0,8 % от общего объема).

Влажность была определена с помощью специального устройства — влагометра «Элвис» (рис. 1). Данный прибор рассчитан специально для сыпучих веществ.



*Рисунок 1 Прибор для определения влажности сыпучих материалов «Элвис»*

3.2. Смесь концентрата и бентонита помещалась на лабораторный чашевый окомкователь на 6 мин. После чего образцы помещались на сито с ячейками 5 мм для гранулометрического состава окатышей.



*Рисунок 2. Лабораторный чашевый окомкователь*

3.3. Образцы крупнее 5 мм взвешиваются на весах и фиксируются в результатах (таблица 1 и 2).

3.4. Результатами являются массы окатышей больше 5 мм в каждой порции.

Полученные окатыши проверялись на прочность на удар путем сбрасывания окатышей с высоты 50 см на резиновую пластину до полного разрушения образца и на сжатие, благодаря специальной установке (рис. 3). Полученные результаты были записаны в таблицы 2 и 3.



*Рисунок 3. Установка для определения прочности на сжатие*

*Таблица 2.*

**Результаты проверки прочности на удар сырых окатышей**

Диаметр d, мм	Процентное содержание бентонита в шихте, %	Масса, г	Прочность на удар, кол-во падений
5	0,7	0,3	1
5	0,7	0,4	1
5	0,7	0,2	1
5	0,8	0,2	1
5	0,8	0,2	1
5	0,8	0,3	1

**Таблица 3.****Результаты проверки прочности на сжатие сырых окатышей**

Диаметр d,мм	Процентное содержание бентонита в шихте, %	Масса,г	Прочность на сжатие, г/окатыш
5	0,7	0,4	83
5	0,7	0,4	92
5	0,7	0,4	127
5	0,8	0,2	70
5	0,8	0,1	56
5	0,8	0,3	90

Масса сырых окатышей с  $d > 5$  мм в первом опыте равна 21,7 г, во втором опыте составляет 18,2 г.

После данных проверок на прочность, образцы помещались в печь для дальнейшей сушки при 100 °С. Высушенные образцы также проверялись на прочность на удар и сжатие (таблицы 4 и 5).

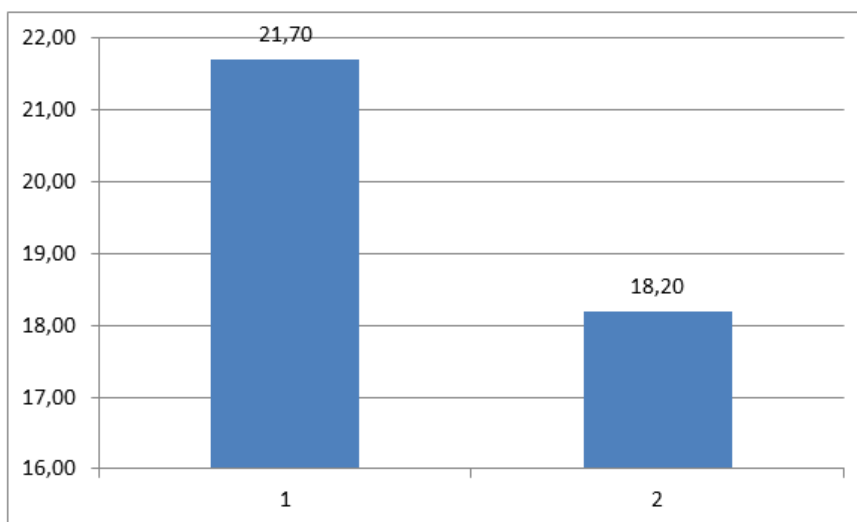
**Таблица 4.****Результаты проверки прочности на удар сухих окатышей**

Диаметр d,мм	Процентное содержание бентонита в шихте, %	Масса,г	Прочность на удар, кол- во падений
5	0,7	0,2	1
5	0,7	0,1	1
5	0,7	0,2	1
5	0,8	0,1	1
5	0,8	0,3	2
5	0,8	0,1	1

**Таблица 5.****Результаты проверки прочности на сжатие сухих окатышей**

Диаметр d,мм	Процентное содержание бентонита в шихте, %	Масса,г	Прочность на сжатие, г/окатыш
5	0,7	0,4	31
5	0,7	0,3	25
5	0,7	0,2	20
5	0,8	0,3	40
5	0,8	0,1	28
5	0,8	0,1	35

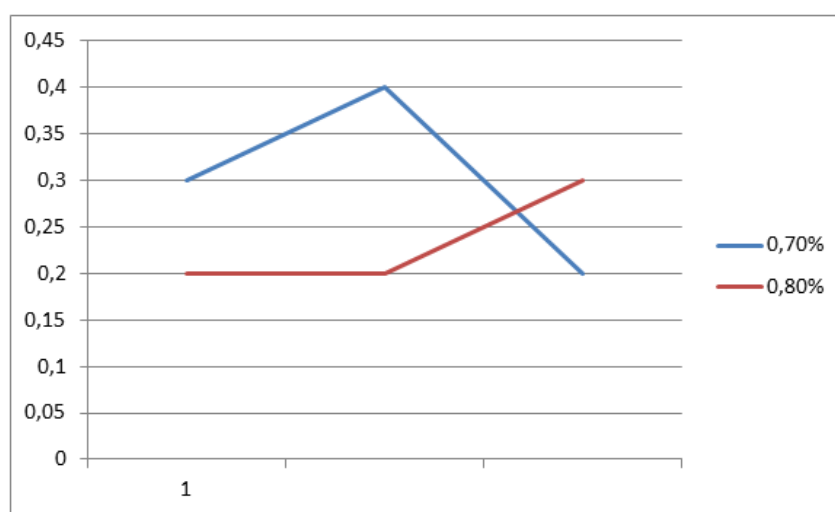
Проведем сравнительный анализ с помощью диаграмм.



**Рисунок 4 Сравнительная диаграмма**

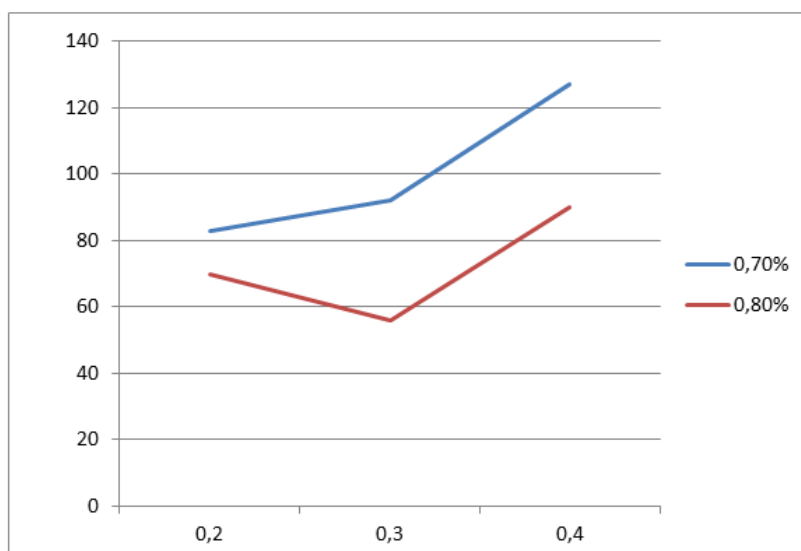
По результатам опытов видно, что при добавлении 0,7 % бентонита от общей массы получается больше окатышей, чем при 0,8% бентонита в смеси.

Результаты проверок на прочность можно представить в виде графиков.

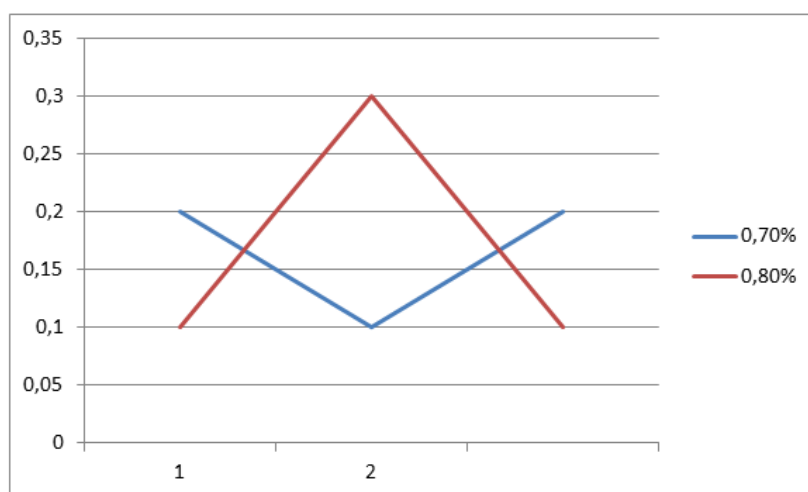


**График 1. Проверка прочности на удар (сырые окатыши)**

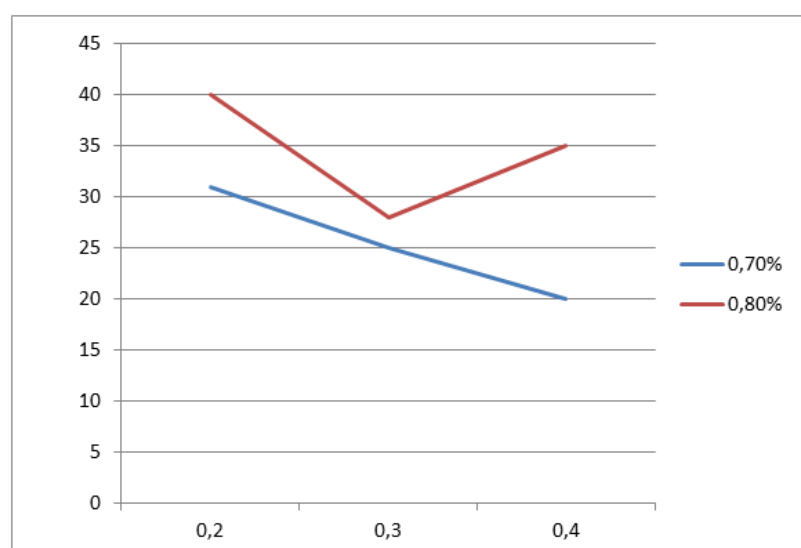




**График 2. Проверка прочности на сжатие (сырые окатыши)**



**График 3. Проверка прочности на удар (высушенные окатыши)**



**График 4. Проверка прочности на сжатие (высушенные окатыши)**

На основании результатов на прочность, было замечено ухудшение прочностных свойств окатышей при процентном содержании бентонита 0,7 %. При этом количество полученных окатышей при данном процентном содержании больше, нежели чем у 0,8 % бентонита в шихте. Данный факт обуславливается тем, что при меньшем количестве материала, но при одинаковой влажности количество влаги в образцах 1 опыта (0,7 %) значительно выше и после сушки некоторая часть влаги могла остаться в окатышах и тем самым ухудшать его прочностные свойства.

### **Список литературы:**

1. Берман Ю. Основные закономерности производства окатышей. Челябинск. Металлургия. 1991.
2. Маерчак Ш. Производство окатышей. М.. Металлургия 1985.

## **РАСЧЕТ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ПО ГЛУБИНЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ**

***Зенг Валерия Андреевна***

*студент 4 курса, кафедра «Дизайн и технологии медиаиндустрии» ОмГТУ,  
РФ, г. Омск*

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

***Постников Денис Васильевич***

*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, доцент ОмГТУ,  
РФ, г. Омск*

В статье произведен расчет поглощенной дозы пучка электронов по глубине металлических образцов: Fe, Be, Cu. Полученные данные нетермической электронно-лучевой обработки материалов могут широко применяться в разработке радиационных технологий. Так как ускоренные электроны даже при низких температурах стимулируют протекание в веществе различных физико-химических реакций, их можно использовать для избирательного изменения свойств приповерхностной области образца, в том числе и для создания или разрушения тонких слоев на его поверхности, а так же на заданной глубине внутри материала. Это позволяет увеличить устойчивость образца к внешним воздействиям температур и механическим повреждениям, тем самым повышая срок службы и, следовательно, создавая дополнительную экономию [2].

Основным типом химических реакций, протекающих при электронной бомбардировке, является разложение (диссоциация) химических соединений в результате возбуждения или ионизации. Реакция разложения соединения на компоненты будет протекать не всегда, а лишь в том случае, если в результате электронного возбуждения возрастет относительная роль сил отталкивания. Для этого нужно, чтобы переход произошел при таком расстоянии, при котором атомы вещества могут преодолеть силы притяжения и выйти из соединения с запасом кинетической энергии.

Для разработки радиационных технологий необходимо моделировать процессы, протекающие при радиационной обработке. В данной работе проведены расчеты поглощенной дозы.

Методика расчета поглощенной дозы.

Один из наиболее удачных методов аналитической аппроксимации  $G(x)$  был предложен В.В.Макаровым. В нем для описания распределения удельных потерь энергии по глубине использована функция Гаусса:

$$G(x) = G_m \exp[-(x - x_m)^2 / \Delta x_m^2] = G_m \exp[-(x / \Delta x_m - \chi)^2] \quad (1)$$

Здесь  $\chi = x_m / \Delta x_m$  характеризует относительное положение максимума распределения, а  $\Delta x_m$  — его полуширину. На основе анализа экспериментального материала удалось показать, что независимо от атомного номера вещества и энергии электронов  $E_1$  можно определить параметры  $\chi$ ,  $\Delta x_m$  и  $G_m$  распределения (1), если известны всего две экспериментальные характеристики: максимальная глубина проникновения электронов  $R_{x \max}$  и коэффициент обратного рассеяния  $\eta$ . Связь  $\chi$  и  $\Delta x_m$  с  $R_{x \max}$  и  $\eta$  описывается следующими эмпирическими соотношениями:

$$\chi = x_m / \Delta x_m = 0,16\eta^{-0,65} \quad (2)$$

$$\Delta x_m = (R_{x \max} - x_m) / 2 = R_{x \max} / (2 + \chi) \quad (3)$$

Величину  $G_m$  находят из условия равенства площади под кривой  $G_x$  и энергии, поглощенной в мишени:

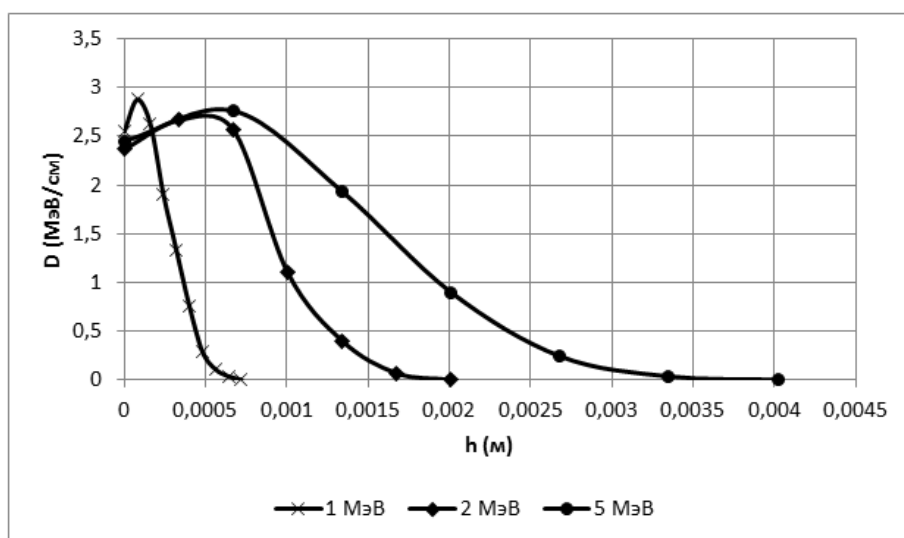
$$\int_0^\infty G(x) dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \Delta x_m G_m (1 + \operatorname{erf} \chi) = E_1 (1 - W_\eta), \quad (4)$$

где  $\operatorname{erf} \chi = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\chi e^{-t^2} dt$  — функция ошибок, а доля энергии  $W_\eta$ , уносимая обратно рассеянными электронами, определяется только значением  $\eta$  (из формулы  $\omega_{cp} = \frac{E_{2cp}}{E_1} = 0,5 + 0,4\eta$ ). Из (4)

$$G_m = 2E_1 (1 - 0,5\eta - 0,4\eta^2) [\sqrt{\pi} \Delta x_m (1 + \operatorname{erf} \chi)]^{-1}. \quad (5)$$

Так как пробеги электронов  $R_{x \max}$  и коэффициенты  $\eta$ , а также их зависимость от  $E_1$  для многих материалов известны или могут быть оценены с достаточной степенью точности, то с помощью формул (1)—(5) можно рассчитать  $G(x)$  практически для любых веществ в широком диапазоне энергий [1].

### 1. Металлический образец Fe



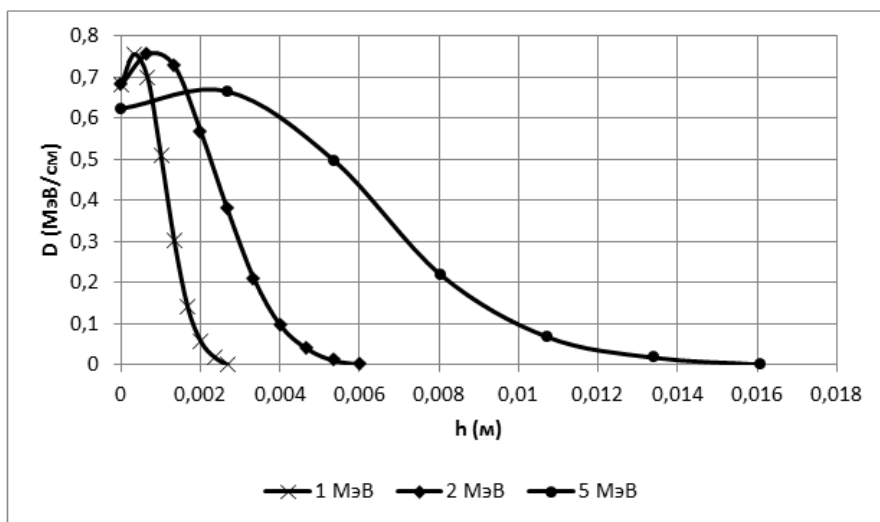
*Рисунок 1. Распределение поглощенной дозы пучка электронов по глубине металлического образца Fe с энергией 1 МэВ, 2 МэВ, 5 МэВ соответственно*

*Таблица 1.*

**Максимум поглощенной дозы и глубина отмеченного максимума для всех энергий образца Fe**

Fe	1 МэВ	2 МэВ	5 МэВ
Максимум поглощенной дозы — D, МэВ/см	28,79	26,67	27,63
Глубина отмеченного максимума — h, м	0,0001	0,0003	0,0005

### 2. Металлический образец Be



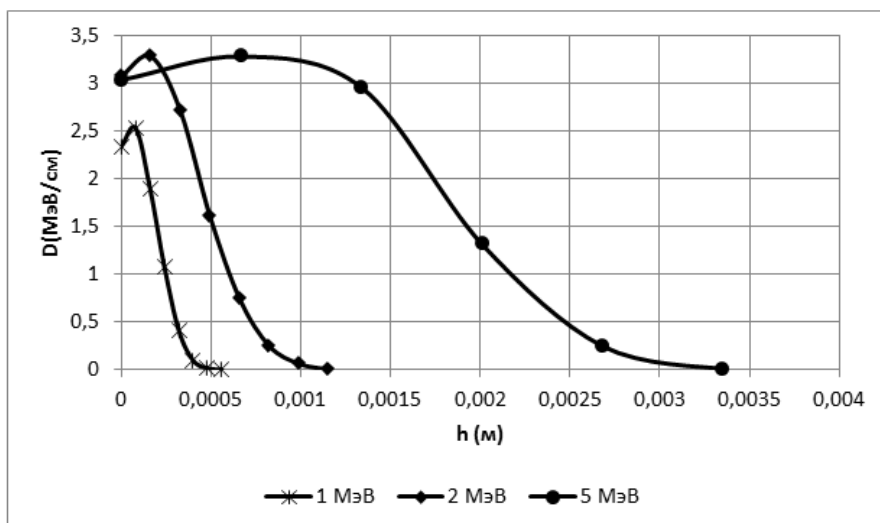
**Рисунок 2. Распределение поглощенной дозы пучка электронов по глубине металлического образца Be с энергией 1 МэВ, 2 МэВ, 5 МэВ соответственно**

**Таблица 2.**

**Максимум поглощенной дозы и глубина отмеченного максимума для всех энергий образца Be**

Be	1 МэВ	2 МэВ	5 МэВ
Максимум поглощенной дозы — D, МэВ/см	7,562	6,836	6,736
Глубина отмеченного максимума — h, м	0,0003	0,0007	0,002

### 3. Металлический образец Cu



**Рисунок 3. Распределение поглощенной дозы пучка электронов по глубине металлического образца Cu с энергией 1 МэВ, 2 МэВ, 5 МэВ соответственно**

**Таблица 3.****Максимум поглощенной дозы и глубина отмеченного максимума  
для всех энергий образца Cu**

<b>Cu</b>	<b>1 МэВ</b>	<b>2 МэВ</b>	<b>5 МэВ</b>
Максимум поглощенной дозы — $D$ , МэВ/см	35,33	32,85	34,21
Глубина отмеченного максимума — $h$ , м	0,00006	0,00014	0,00036

Произведен расчет поглощенной дозы пучка электронов по глубине металлических образцов: Fe, Be, Cu с энергией 1 МэВ, 2 МэВ и 5 МэВ.

Положение максимальной поглощающей дозы для образца Fe расположено на глубине 0,06 мм для 1 МэВ. Соответственно 0,36 мм для 5 МэВ. Глубина воздействия нагрева электронным лучом соответственно составляет ~ 1 мм.

**Список литературы:**

1. Вишняков Б.А., Осипов К.А. Электронно-лучевой метод получения тонких пленок из химических соединений. М.: Наука, 1970.
2. Шиллер Э., Гайзиг У., Панцер З. Электронно-лучевая технология. М.: Энергия, 1980.

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПРАВКИ ТРУБОПРОШИВНОГО СТАНА ГОРЯЧИМ МЕТОДОМ

*Корнев Дмитрий Александрович*

*Криничная Дарья Александровна*

*Бальбеков Ренат Рашидович*

*студенты 6 курса, кафедры МТЛП ВолгГТУ,*

*РФ, г. Волгоград*

*E-mail: [korenev.dmitriyy@rambler.ru](mailto:korenev.dmitriyy@rambler.ru)*

*Цурихин Сергей Николаевич*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент кафедры МТЛП ВолгГТУ,*

*РФ, г. Волгоград*

При современном развитии техники к быстроизнашивающемуся металлургическому инструменту, к которому относятся, в частности, оправки трубопрошивного стана, предъявляют повышенные требования.

Во время работы оправки подвергаются высокому температурно-силовому износу и имеют низкую технологическую надежность.

Повысить производительность и улучшить эксплуатационные свойства оправок прошивного стана, а также их восстановления путем целенаправленного формирования на их поверхности многослойной композиции из жаропрочного сплава и низкоуглеродистой стали, возможно, на основе использования современного компьютеризированного оборудования и качественных литейных процессов.

Одним из путей эффективного использования оправок прошивных станов считается их восстановление, что позволяет снизить себестоимость продукции.

В промышленности применяют различные способы восстановления оправок трубопрошивного стана. Рабочие поверхности оправок упрочняют дуговой металлизацией, газотермическим и плазменным напылением, лазерным, электронно-лучевым, электроискровым легированием [3], а также и наплавкой износостойкими сплавами с применением: дуговых, плазменных и электрошлаковых технологий [4].



Эффективным способом восстановления и повышения износостойкости оправки является горячий метод. Он обладает рядом преимуществ по сравнению с другими: 1) большая производительность; 2) простота; 3) изделие полностью погружается в расплавленный металл, вследствие чего покрываются все поверхности детали и др. Так же горячий метод можно использовать как для восстановления оправки, так и для нанесения износостойких покрытий.

В данном методе возможно применение высокоградиентной направленной кристаллизации [1], что позволяет получать детали и узлы, работающие в условиях высоких температур и силовых нагрузок с существенно более совершенной монокристаллической структурой, и делает более экономичной их термообработку.

Полученные направленной кристаллизацией износостойкие жаропрочные сплавы состоят из одного, нескольких или большего числа столбчатых зерен, вытянутых вдоль направления кристаллизации, т. е. границы между зернами практически параллельны и ориентированы вдоль одного направления. Количество и размер зерен определяются условиями направленной кристаллизации. Более плотная упаковка дендритов характерна для более высокой скорости кристаллизации.

В сплаве с равноосной структурой часть границ зерен ориентирована перпендикулярно направлению действия осевой растягивающей силы, а в случае с направленной структурой границы зерен ориентированы практически параллельно указанному направлению [2]. Поэтому зарождение и развитие микротрещин в изделиях с равноосной структурой происходит по границам, которые имеют более низкую прочность, чем кристаллы сплава с направленной структурой, где такие границы отсутствуют.

Так при горячем методе нанесения износостойкого слоя оправка играет роль холодильника. Это способствует ускоренному охлаждению массивной части отливки (носику оправки). Выравнивается скорость охлаждения тонких и толстых сечений оправки, а также создается направленное затвердевание.

Согласно методу вписанных окружностей данная технология заливки износостойкого сплава обеспечивает технологичность конструкции (рисунок 1 а). Это способствует получению отливки с минимальным усадочным дефектом. Для выполнения принципа направленного затвердевания толщина стенки оправки должна увеличиваться снизу вверх. В данной технологии нанесения износостойкого слоя предусмотрены технологические напуски, которые удаляются при механической обработке (рисунок 1 а, б).

Метод, представленный на рисунке 1 а, имеет меньший коэффициент использования металла и соответственно уменьшается трудоемкость обработки резанием по сравнению с методом на рисунке 1 б.

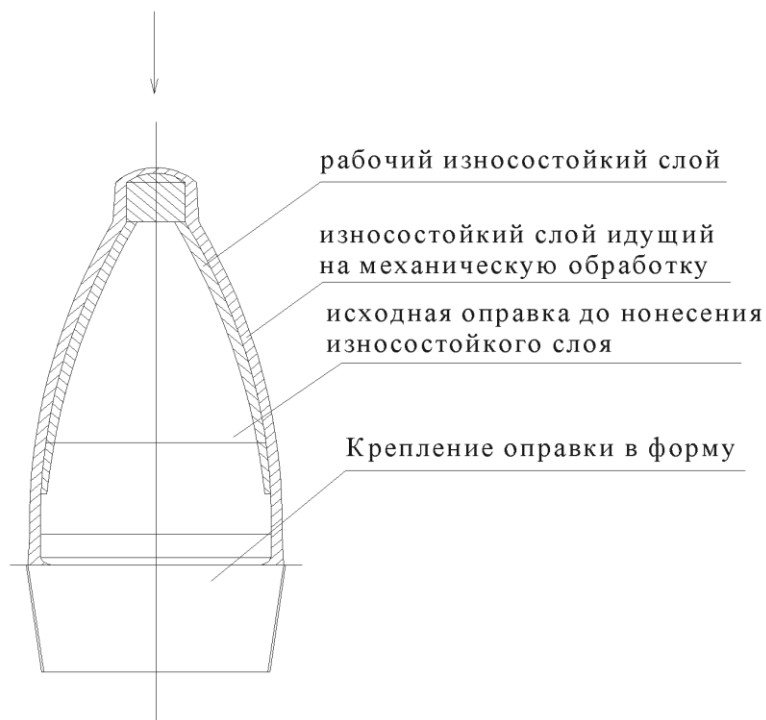
Результаты исследования на длительную прочность, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что прочность сплава с направленной структурой примерно в два раза выше, чем полученный сплав с обычной технологией кристаллизации.

**Таблица 1.**

**Сравнительная характеристика длительной прочности износостойкого сплава с различной структурой**

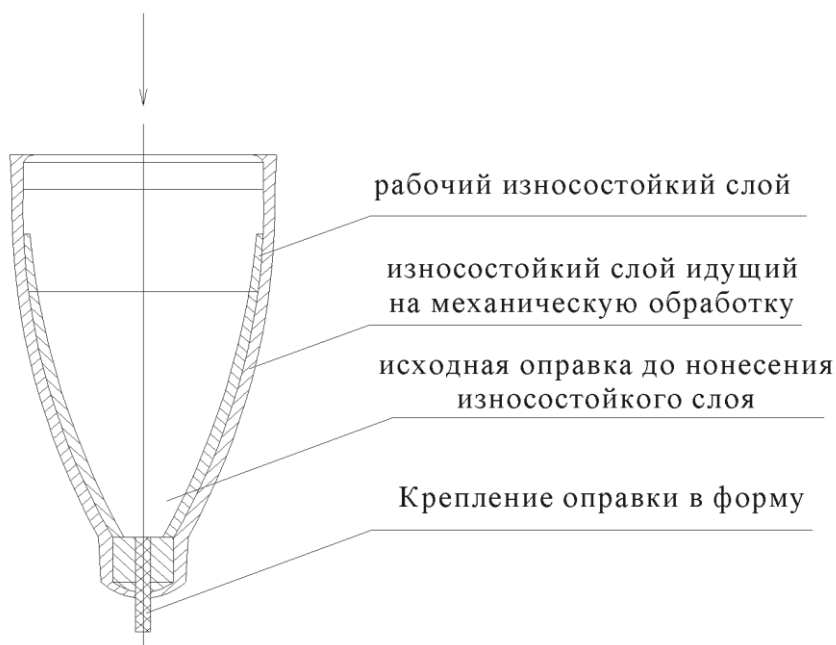
Сплав	Температура эксплуатации, °С	Длительная прочность, МПа
С направленной структурой		
MAR-M200	1000	255
50X20H65B3M3Ю6Ц	1100	301
С равноосной структурой		
MAR-M200	1000	230
С обычной технологической структурой		
MAR-M200	1000	128
50X20H65B3M3Ю6Ц	1100	151
Длительная прочность в течении 1000 ч при температуре эксплуатации		

Заливка износостойкого сплава



а)

Заливка износостойкого сплава



б)

**Рисунок 1. Нанесения износостойкого слоя на оправку горячим методом.**  
**а** — заливка износостойкого сплава сверху (на носик оправки); **б** — заливка износостойкого сплава снизу (на торцовую часть оправки)

А сплав 50X20H65B3M3Ю6Ц при температуре испытания 1100 °С обладает более высокой длительной прочностью, чем сплав MAR-M200 с аналогичной структурой.

Сплавы, полученные с высокоградиентной направленной структурой, превосходят по характеристикам длительную прочность существующих жаропрочных сплавов, а высокоградиентная направленная кристаллизация является наиболее перспективным методом повышения служебных характеристик современных литейных жаропрочных сплавов.

### **Список литературы:**

1. Вигдорович В.Н. Направленная кристаллизация и физико-химический анализ: учебник / В.Н. Вигдорович, А.Е. Вольпян, Г.М. Курдюмов. М.: Химия, 1976. — 191 с.
2. Методы нанесения на оправку износостойкого слоя для повышения ее работоспособности / С.В. Чугункин, С.Н. Цурихин // «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»: материалы IX студенческой международной заочной научно-практической конференции. (07 марта 2013 г.) Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 120 с.
3. Силуянов В.П. Прогрессивные способы восстановления деталей машин / В.П. Силуянов, В.А. Надольский, П.И. Лужков. Мн.: Ураджай, 1988. — 120 с.
4. Фруммин И.И. Технология механизированной наплавки / И.И. Фруммин, Ю.А. Юзвенко, Е.И. Лейначук. М.: Высшая школа, 1964. — 304 с.

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛА ПРОШИВНОЙ ОПРАВКИ НА ОТСЛОЕНИЕ**

*Криничная Дарья Александровна*

*Корнев Дмитрий Александрович*

*студенты 6 курса, кафедры МиТЛП ВолгГТУ,*

*РФ, г. Волгоград*

*E-mail: [zvezdo4ka31@mail.ru](mailto:zvezdo4ka31@mail.ru)*

*Цурихин Сергей Николаевич*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент кафедры МиТЛП ВолгГТУ,*

*РФ, г. Волгоград*

Оправка прошивного стана в процессе работы подвергается циклическим температурным и силовым воздействиям при температуре в зоне контакта с обрабатываемой стальной трубной заготовкой до 1000 °С, что обуславливает ее быстрый износ. На износ оправок влияет большое количество факторов: химический состав материала и режим термообработки оправок, их калибровка, марка прокатываемой стали, качество нагрева заготовок, режим прокатки, условия охлаждения оправок [1].

Эффективным способом повышения износостойкости оправки является наплавка жаропрочного и жаростойкого материала на рабочую поверхность металлургического инструмента. Благодаря жаропрочному сплаву износостойкость оправки увеличивается в 1,5—2 раза [4].

В настоящее время в трубном производстве в качестве материала оправок широко применяется сталь марки 20ХН4ФА, содержащая, %: 0,17...0,24 С; 0,25...0,35 Mn; 0,17...0,37 Si; 0,7...1,0 Cr; 3,17...4,25 Ni; 0,15...0,30 V; используют также сталь марок 40ХМФС, 38Х2МФЮА, 4Х5МФС; сплавы на никелевой основе типа ЭП567 следующего состава: Мо — 15,4 %, W - 3,5%, Fe — до 4 %, С — 0,02 %, Mn — 0,3 %, Si — 0,12 %, S и P — до 0,01 %, Cr — 15 %, Ni — основа и др. [5].

Основное воздействие при работе испытывает наплавленный металл, поверхность которого вступает в химические реакции с другими элементами и сложными веществами, например с кислородом воздуха, окалиной, водой

и т. д. В числе этих свойств — окисляемость, растворимость, коррозионная стойкость, жаропрочность [3]. В результате могут происходить разрушения металлов и необратимые изменения их структуры и свойств, ведущих к его разрушению.

Особо отметить надо переходную зону от основного к наплавленному металлу, которая имеет переменный химический состав и содержит различного типа микрослой переменной структуры.

В большинстве случаев она менее нагружена, чем наплавленный металл на поверхности. Вместе с тем, в условиях циклических температурных и силовых воздействиях металлургического инструмента, переходная зона биметаллического соединения подвержена переменным циклическим напряжениям, сочетающимися с остаточными напряжениями первого рода. При наличии объемных структурных превращений могут возникать и напряжения второго рода [2]. Совместное действие напряжений может привести к отколам наплавленного металла по условной линии сплавления.

Преимущественное влияние на качество металла в переходной зоне оказывают химические составы наплавленного и основного металлов, а также технология их нанесения.

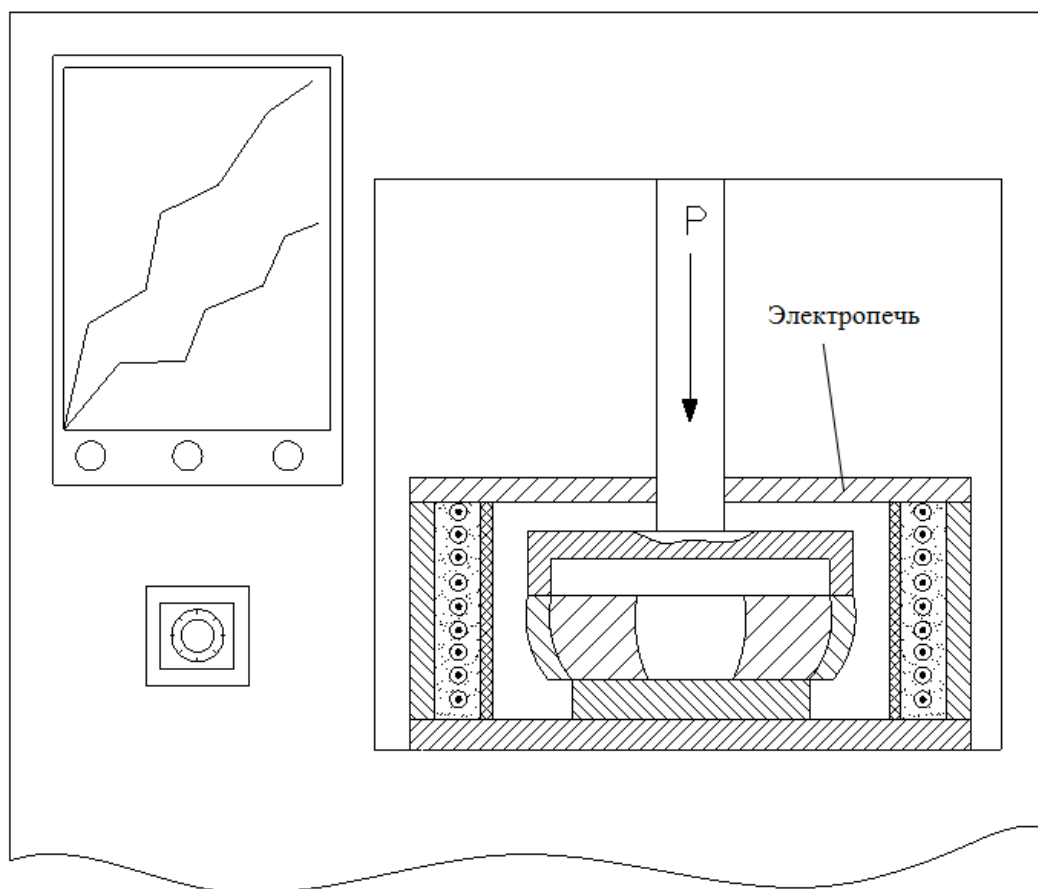
Ширина зоны и ее строение могут сильно изменяться и размер переходной зоны от основного металла к наплавленному металлу, может сильно влиять на работоспособность прошивной оправки [5].

При изменении температуры также происходит объемное расширение или сжатие твердого тела. Неравномерный нагрев приводит к возникновению внутренних напряжений, к деформированию твердого тела [1].

Все это может создать условие для формирования в переходной зоне трещин и формирование в переходном слое зоны сплавления диффузионных прослоек, приводящих при эксплуатации к отслоению наплавленного металла.

Общепринятого метода испытания материалов на отслоение при циклическом и температурном силовом воздействии не существует.

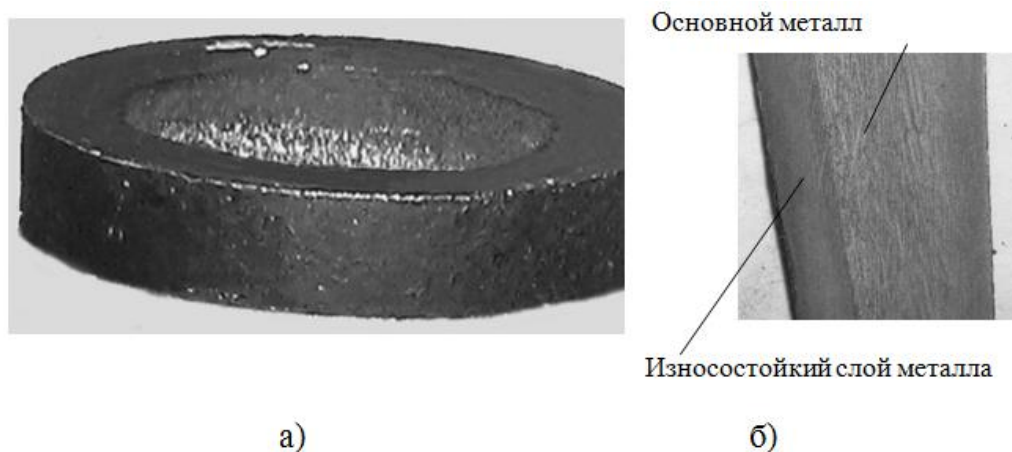
Для испытания износостойкого слоя металла с малой глубиной проплавления можно использовать установку, представленную на рисунке 1.



**Рисунок 1. Схема установки для испытаний на отслоение**

Испытуемый образец (рисунок 2) устанавливается на неподвижный стол таким образом, что сжимающая сила давит сверху на износостойкий слой металла. Толщина испытуемого образца влияет на возможность поверхностного сдвига износостойкого слоя относительно его основы или отслоения его по переходной зоне сплавления.

Образец при испытаниях находится внутри электропечи. Нагружение исследуемого образца производится при температуре  $1000^{\circ}\text{C}$  и с начальным усилием  $P = 500 \text{ Н}$  и непрерывно с постоянной скоростью растет до тех пор, пока не произойдет отслоение износостойкого слоя металла от основного или не произойдет его видимый сдвиг.



**Рисунок 2. Исследуемый образец (а) и его поперечный срез (б)**

Таким образом, используя данную установку можно максимально приблизить к реальности процесс деформирования прошивной оправкой трубной заготовки.

На основании полученных данных строиться монограмма зависимости выдерживаемой нагрузки прошивной оправки, при заданной температуре, от предполагаемого количества возможных ее проходов.

В дальнейшем эти данные можно применять для косвенной оценки стойкости прошивной оправки (количество проходов оправки), при сокращении затрат на дорогостоящие износостойкие материалы, что повысит технические и экономические показатели производственного процесса.

### **Список литературы:**

1. Вавилкин Н.М., Бухмиров В.В. Прошивная оправка: научн. изд. М.: МИСИС, 2000. — 128 с.
2. Дульнев Р.А. Термическая усталость металлов М.: Машиностроение, 1980. — 200 с.
3. Романцев А.В., Гончарук А.В. и др. Обработка металлов давлением: учебник для ВУЗов. М.: МИСИС, 2008. — 960 с.
4. Соколов Г.Н., Лысак В.И. Зорин И.В., Цурихин С.Н. Ремонтная наплавка малогабаритных торцов деталей сборочной и сварочной оснастки // Сборка в машиностроении, приборостроении. — 2003. — № 7. — С. 30—32.
5. Цурихин С.Н. Разработка технологии электрошлаковой наплавки оправок трубопрошивного стана термостойким сплавом на основе  $Ni_3Al$ : Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. Наук. Волгоград, 2007. — 22 с.



**АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ Л.В. АНДРЕЮКА  
ДЛЯ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ  
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЛИСТОВ НА СТАНЕ 5000**

***Разгулин Игорь Андреевич***

*студент 5 курса, кафедра обработки металлов давлением  
МГТУ им Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [igor.darsy@mail.ru](mailto:igor.darsy@mail.ru)*

***Белов Владимир Игоревич***

*студент 5 курса, кафедра обработки металлов давлением  
МГТУ им Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [beliyvovan@yandex.ru](mailto:beliyvovan@yandex.ru)*

***Румянцев Михаил Игоревич***

*научный руководитель, канд. техн. наук, профессор МГТУ им Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск*

В исследованиях ученых России и стран СНГ для расчета предела текучести металла  $\sigma_F$  при горячей прокатке широко используется формула Л.В. Андреюка<sup>[1]</sup>. Преимуществом данной формулы является то, что она позволяет учесть влияние на  $\sigma_F$  реального химического состава стали. Однако область её применения ограничена следующими значениями термомеханических параметров: степень деформации  $\xi = 0,05 - 0,3$ ; скорость деформации  $\vartheta = 0,01 - 150 \text{ с}^{-1}$ ; температура деформации  $\theta = 800 - 1300^\circ\text{C}$ . С целью возможности применения формулы Андреюка для моделирования прокатки при температурах менее  $800^\circ\text{C}$  в работе<sup>[2]</sup> предложено дополнить её коэффициентом  $K_S$ , который отображает изменчивость свойств металла в связи с фазовыми превращениями.

$$K_s = \begin{cases} 0,4619 + 0,1327 \frac{\theta}{100} & \text{при } \theta < 700^\circ\text{C} \\ 2,0265 \frac{\theta}{100} - 12,749 & \text{при } 700 \leq \theta < 750^\circ\text{C} \\ 21,385 - 2,5307 \frac{\theta}{100} & \text{при } 750 \leq \theta < 800^\circ\text{C} \\ 4,6342 - 0,667 \frac{\theta}{100} + 0,0305 \left(\frac{\theta}{100}\right)^2 & \text{при } \theta > 800^\circ\text{C} \end{cases} \quad (1)$$

С учетом указанного дополнения формула принимает вид:

$$\sigma_F = \frac{1}{K_s} \sigma_{од} \vartheta^a (10\xi)^b (\theta/1000)^c \quad (2)$$

Чтобы оценить возможность использования формулы (2) для расчета параметров прокатки на стане 5000 сравнили получаемые значения со значениями предела текучести, найденными пересчетом по фактическим параметрам процесса прокатки:

$$\sigma_{Fm} = \frac{P}{F_k \cdot n_\sigma}, \quad (3)$$

где:  $\sigma_{Fm}$  — напряжение текучести, МПа;

$P$  — усилие прокатки, Н;

$F_k$  — площадь поверхности контакта металла с валком, мм<sup>2</sup>:

$$F_k = \frac{b_0 + b_1}{2} \cdot l_x; \quad (4)$$

где:  $b_0$  — начальная ширина листа, мм;

$b_1$  — конечная ширина листа, мм;

$l_x$  — длина очага деформации, мм:

$$l_x = \sqrt{R \cdot \Delta h} \quad (5)$$

где:  $R$  — радиус валков, мм. Для стана 5000  $R = 600$  мм;

$n_\sigma$  — коэффициент напряженного состояния;

$\Delta h$  — абсолютное обжатие:

$$\Delta h = h_0 - h_1 \quad (6)$$

$h_0, h_1$  — толщины листа на входе и выходе из очага деформации;

Коэффициент напряженного состояния  $n_\sigma$  рассчитывали по следующей методике[3]:

$$n_\sigma = n'_\sigma \cdot n''_\sigma \cdot n_b \cdot n_v; \quad (7)$$

где:  $n'_\sigma$  — коэффициент влияния внешнего трения:

$$n'_\sigma = \begin{cases} 0,75 + 0,25m & \text{при } m > 2 \\ 0,3(m + 1/m) & \text{при } 1 < m \leq 2; \\ 1 & \text{при } m = 1 \end{cases} \quad (8)$$

$m$  — характеристика высоты очага деформации:

$$m = \frac{l_x}{h_{cp}}; \quad (9)$$

$h_{cp}$  — средняя толщина листа в очаге деформации:

$$h_{cp} = \frac{h_0 + h_1}{2}; \quad (10)$$

где:  $n''_\sigma$  — коэффициент влияния внешних зон:

$$n''_\sigma = \begin{cases} 1 & \text{при } m \geq 1 \\ 1,25 \ln(1/m) + 1,25m - 0,25 & \text{при } 0,118 < m < 1; \\ 2,57 - 1,44\alpha & \text{при } m \leq 0,11 \end{cases} \quad (11)$$

$\alpha$  — угол захвата, рад;

$$\alpha = \sqrt{\Delta h/R}; \quad (12)$$

где:  $n_b$  — коэффициент влияния ширины листа:

$$n_b = 1 - \{l_x \delta(\lambda - 1)\} / \{4b[1 + \delta(\sqrt{\lambda - 1})] / (\sqrt{\lambda - 1})\}; \quad (13)$$

$\delta$  — отношение длины очага деформации к абсолютному обжатию;

$$\delta = \frac{l_x}{\Delta h}; \quad (14)$$

$\lambda$  — соотношение толщины листа до и после прохода;

$$\lambda = \frac{h_0}{h_1}; \quad (15)$$

$b$  — средняя ширина полосы, мм;

$$b = \frac{b_0 + b_1}{2}; \quad (16)$$

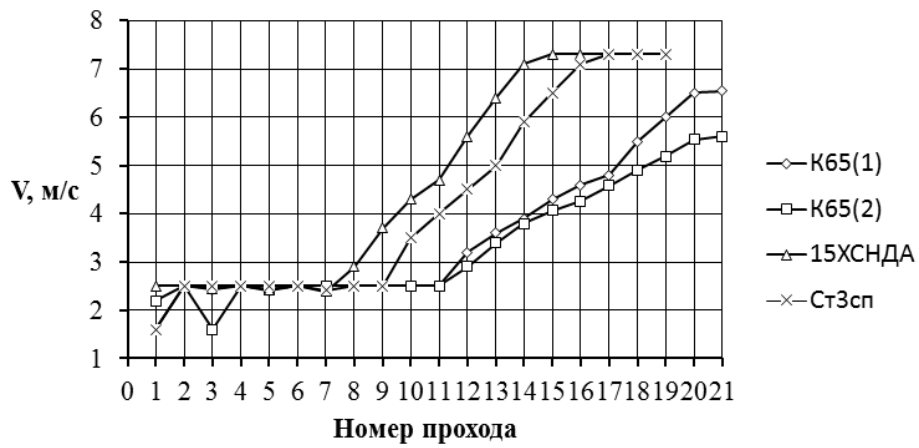
где:  $n_v$  — коэффициент Лоде:

$$n_v = \begin{cases} 1,15 & \text{при } n = b/l_x > 5 \\ 1,0 & \text{при } m \leq 2 \text{ и } n \leq 2 \\ 0,05n + 0,9 & \text{при } m \leq 2 \text{ и } 2 < n < 5 \end{cases}. \quad (17)$$

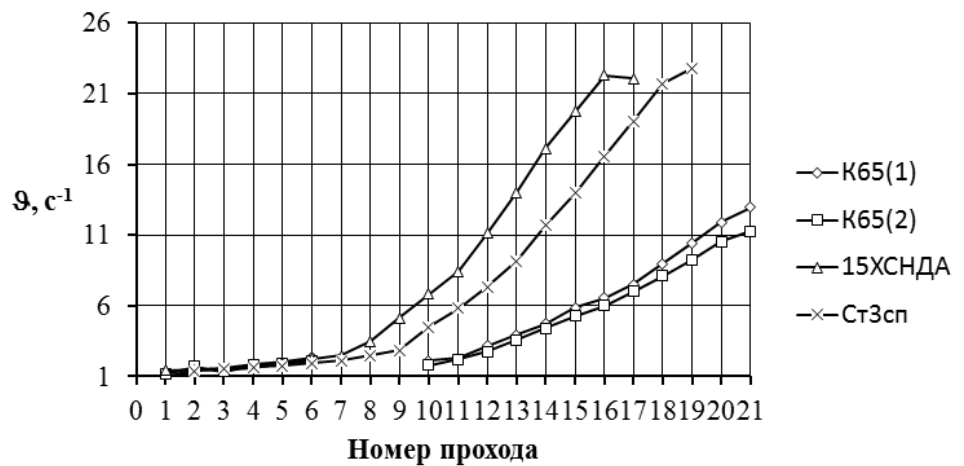
Параметры  $P, b_0, b_1, h_0, h_1$  определяли с помощью датчиков АСУ ТП стана. Изучали прокатку низколегированной стали класса прочности К65, а также стали марок 15ХСНДА, СтЗсп. На рисунках 1—5 представлены степени деформации (рис. 1), скорости прокатки (рис. 2) и скорости деформации (рис. 3), температуры прокатки (рис. 4), а также погонные (отнесенные к ширине листа) усилия прокатки (рис. 5). Пробелы на графиках заменяют некорректные показания датчиков.



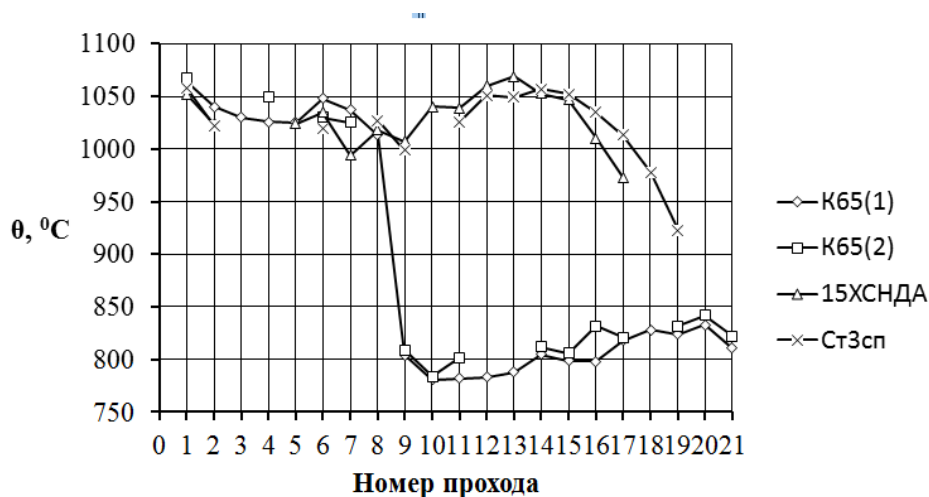
**Рисунок 1. Степень деформации различных марок сталей по проходам**



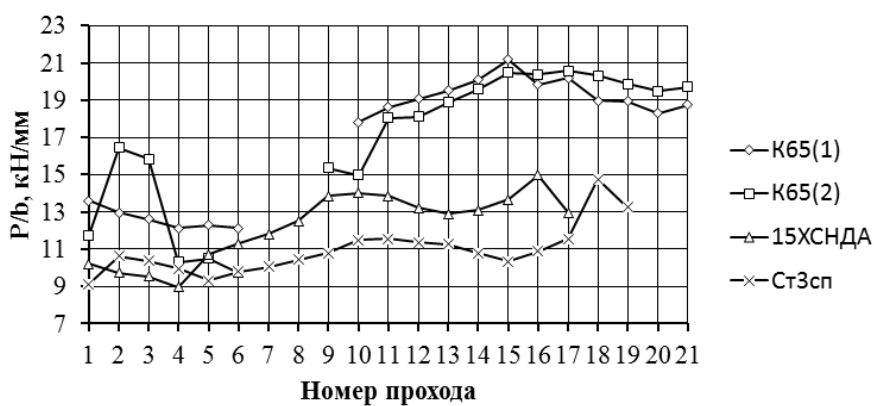
**Рисунок 2. Скорость прокатки различных марок сталей по проходам**



**Рисунок 3. Скорость деформации различных марок сталей по проходам**

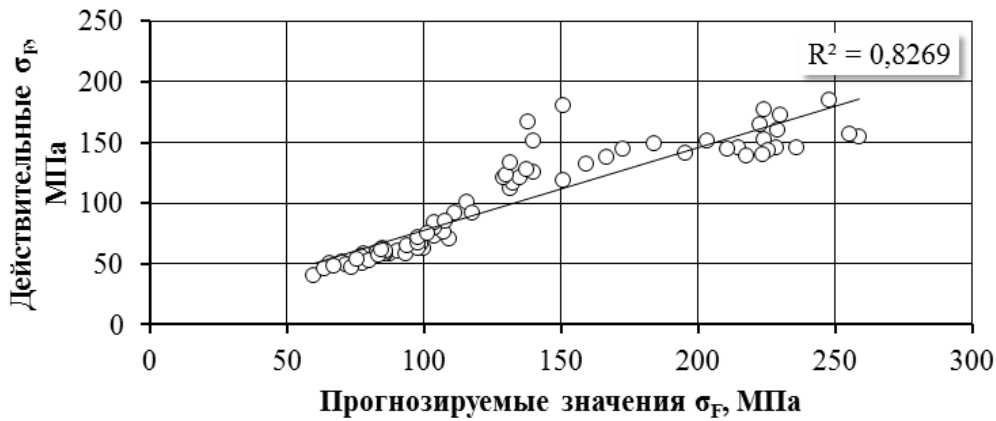


**Рисунок 4. Температура прокатки различных марок сталей по проходам**



**Рисунок 5. Усилие прокатки отнесенное к средней ширине для различных марок сталей по проходам**

Сопоставление значений предела текучести рассчитанных по формулам (2) и (3) показывает достаточно высокое соответствие результатов (рисунок 6). В данном случае показатель достоверности аппроксимации  $R^2$  характеризует степень соответствия прогнозируемых и действительных значений. Следовательно, степень соответствия между значениями напряжения текучести рассчитанными по формуле (2) и экспериментальными по формуле (3) равна 82,6 %.



**Рисунок 6. Сравнение действительных значений предела текучести по формуле (3) с прогнозируемыми по формуле (2)**

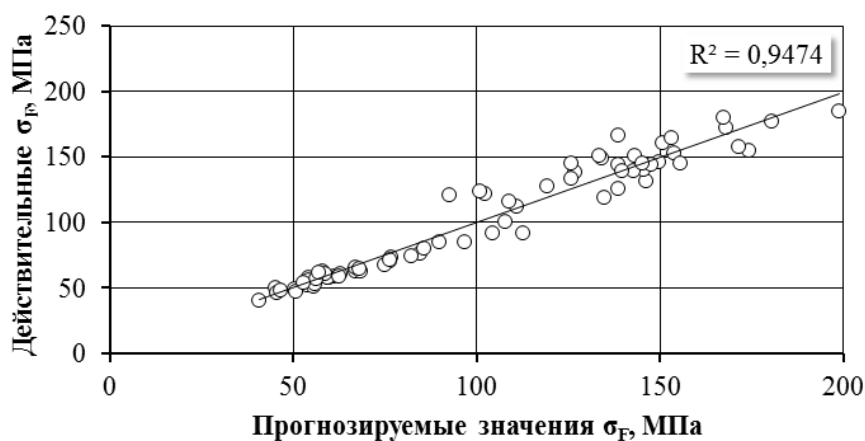
Для повышения точности расчета предела текучести по формуле (2) посчитали необходимым дополнить её поправочным коэффициентом  $K_{\xi g} = \sigma_F / \sigma_{Fm}$ , который учитывает влияние на погрешность расчета действительных значений степени и скорости деформации. С применением модуля общих регрессионных моделей программы STATISTICA по методу исключения переменных получили следующую зависимость коэффициента  $K_{\xi g}$ , от условий прокатки :

$$K_{\xi g} = -3,432 - 134,919\varepsilon + 56,955\alpha - 139,225\alpha^2 - 4,119 \left( \frac{l_x}{h_{cp}} \right)^2 + 3,846\varepsilon \cdot \frac{R}{h_0} - 0,04u \cdot \frac{R}{h_0} + 0,031u \cdot \frac{R}{h_1} + 3,417\alpha \cdot \frac{R}{h_1} + 0,027 \frac{R}{h_1} \cdot \frac{l_x}{h_{cp}} + 101,53\alpha \cdot \frac{l_x}{h_{cp}}, \quad (18)$$

С учетом этого коэффициента формула (2) приобретает вид:

$$\sigma_F = \frac{1}{K_s K_{\xi g}} \sigma_{од} \vartheta^a (10\xi)^b (\theta/1000)^c \quad (19)$$

Расчеты по формуле (19) показали, что соответствие с экспериментальными данными возросло до 94,7 % (рис. 7).



**Рисунок 1. Сравнение действительных значений сопротивления деформации с расчетными по формуле (19)**

Таким образом, в результате исследования фактических данных, полученных на толстолистовом стане 5000 уравнение для расчета предела текучести, предложенное Л.В. Андреюком, дополнено коэффициентом влияния фазовых превращений  $K_S$  и коэффициентом адаптации по скорости и степени деформации  $K_{\xi\vartheta}$ . Получена формула для расчета коэффициента  $K_{\xi\vartheta}$ , что позволило добиться степени соответствия расчетных и экспериментальных значений предела текучести на уровне 94,7 %.

### Список литературы:

1. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. М.: «Металлургия», 1986. — С. 18—24.
2. Румянцев М.И. Опыт построения и применения моделей сопротивления деформации для автоматизированного проектирования режимов прокатки. Современные металлические материалы и технологии (СММТ 2013): труды международной научно-технической конференции. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. 2013. — С. 408—410.
3. Шабалов И.П., Морозов Ю.Д., Эфрон Л.И. Стали для труб и строительных конструкций с повышенными эксплуатационными свойствами. М.: Metallurg издат, 2003. — С. 358—359.



## **ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ШЛАМОВ**

***Ряполов Вадим Владимирович***

*студент 3 курса, кафедра металлургии, факультет ММТ, СТИ НИТУ МИСиС,  
РФ, г. Старый Оскол  
E-mail: [vadimysrip@gmail.com](mailto:vadimysrip@gmail.com)*

***Скрипченко Виталий Владимирович***

*студент 3 курса, кафедра металлургии, факультет ММТ, СТИ НИТУ МИСиС,  
РФ, г. Старый Оскол  
E-mail: [ZYSS2@yandex.ru](mailto:ZYSS2@yandex.ru)*

***Тимофеева Анна Стефановна***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент СТИ НИТУ МИСиС,  
РФ, г. Старый Оскол*

### **Введение**

На сегодняшнее время, актуальной проблемой является «рациональное использование природных ресурсов». В частности, металлургический шлак, который образуется в процессе производства.

Металлургический шлак образовавшийся после производства и осевший на оборудовании смывают и помещают так называемые отвалах, который находится в них с присутствием воды. Для дальнейшего его использования в металлургии, его необходимо обезвожить. Если этого не сделать то при подаче шлама в печь произойдет взрыв.

В данной работе предлагается обезвоживать шлак с помощью гранул силикагеля, которые впитывают в себя влагу. Силикагель был выбран из-за того, что после завершения обезвоживания гранулы находятся на поверхности шлама и их достаточно легко убрать.

### **1. Основная часть**

На металлургических предприятиях образуются миллионы тонн шламов. Основная масса шлама образуется в процессе улавливания и осаждения технических и аспирационных выбросов пыли. В шламе содержатся ценные компоненты (прежде всего железо), утилизация которых экономически оправданна [1]. Кроме этого, при полном цикле использования шламов

решаются вопросы охраны окружающей среды, так как хранение шламов в отвалах наносит вред природе. Отвалы занимают земельные площади, происходит выветривание пыли, загрязняются атмосфера, почва, реки и водоемы.

Химический состав шламов по основным компонентам, %: Fe<sub>общ</sub> 30—50 %; CaO 5,0—8,5 %; SiO<sub>2</sub> 6,0—11 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,2—3,5 %; MgO 1,5—2,1 %; P 0,015—0,05 %; S<sub>общ</sub> 0,2—0,9 %; C<sub>общ</sub> 2,5—30,0 %; Zn 0,05—5,3 % [2].

Плотность их шлама колеблется в пределах 2,7—3,8 г/см, удельный выход в среднем составляет 2,75—84 %. Коэффициент использования этих шламов изменяется (для разных предприятий) довольно значительно — от 0,1 до 0,8. Это довольно тонкодисперсный материал: фракции >0,063 мм до 10—13 %, 0,016—0,032 мм от 16 до 50 % и < 0,008 мм от 10 до 18 %. В настоящее время эти шламы используются как добавка к агломерационной шихте. Сравнительно низкий уровень их использования объясняется относительно невысокой долей железа в них (Fe<sub>общ</sub> < 50 %), а также повышенным содержанием цинка (>1 %), что требует предварительного обесцинкования шламов [2].

Пыли металлургического производства обычно не требуют какой-либо предварительной подготовки перед утилизацией. Шламы, прежде чем их использовать (например в качестве компонента шихты), необходимо подвергнуть обезвоживанию (сгущению, фильтрованию, сушке).



*Рисунок 1. Шламоотстойник*

В данном исследовании было предложено обезвоживать шлам гранулами силикагеля, который очень хорошо впитывает воду. Так же была задана цель по уборке силикагеля из шлама после его обезвоживания. В ходе нескольких экспериментов было обнаружено, что после обезвоживания силикагель находится на шламе, из-за разности плотностей.



***Рисунок 2. Образование гранул на шламе после обезвоживания***

Было принято решение рассчитать рациональное использование силикагеля т.е. соотношение массы воды и соотношение массы шариков силикагеля для проведения последующих экспериментов. Результаты представлены в таблице:

***Таблица 1.***

**Результаты эксперимента №1**

<b>Масса силикагеля г.</b>	<b>Масса воды г.</b>	<b>Результат эксперимента</b>
0,1	50	Вода не впитана
0,15	50	Вода не впитана
0,2	50	Вода не впитана
0,25	50	Вода не впитана
0,3	50	Вода не впитана
0,35	50	Вода впитана

Получаемое соотношение:

$$X = \frac{\text{Масса воды}}{\text{Масса силикагеля}} = \frac{50}{0,35} = 142,85$$

Примерно столько воды впитывает один грамм силикагеля.

Время необходимое для проведения обезвоживания составляет в среднем 9 часов. Данное время было рассчитано из эксперимента.

Были взяты 4 емкости, в которые был насыпан шлам одинаковых порциях и налита вода, масса которой была различна в каждой емкости, было засечено время которое гранулы впитывали определенное количество воды. Данные результаты представлены в таблице:

*Таблица 2.*

**Результаты эксперимента №2**

Масса воды г.	Масса силикагеля г.	Время ч.
14	0,1	8,5
21	0,15	9,01
28	0,20	9,2
32	0,30	8,9



*Рисунок 3. Проведение эксперимента*

### Список литературы:

1. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия 6-изд., перераб. и доп. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005 — 768 с.
2. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: Учебник для вузов. М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. — 528 с.

## СЕКЦИЯ 7.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ

#### ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Зенг Валерия Андреевна*

*студент 3 курса, кафедра «Дизайн и технологии медиаиндустрии», ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [valeriyazeng@mail.ru](mailto:valeriyazeng@mail.ru)*

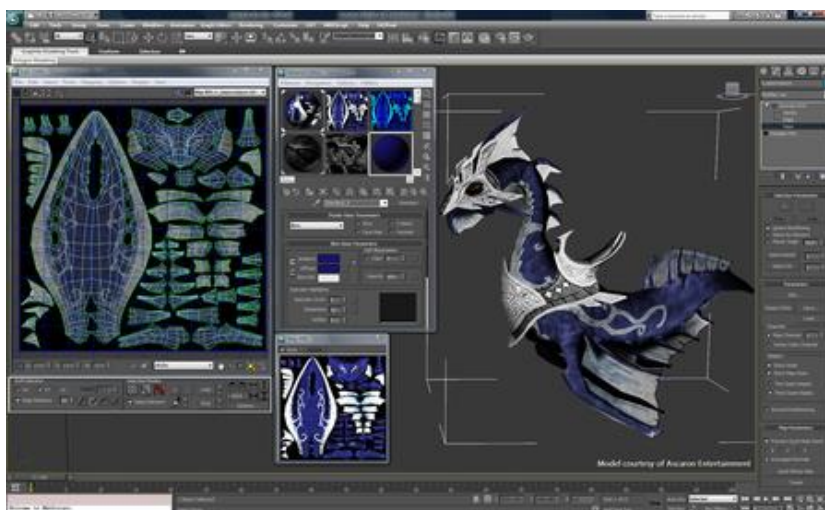
*Батенькина Оксана Васильевна*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ОмГТУ,  
РФ, г. Омск*

Скорое развитие технологий за столь короткое время привело к такому же стремительному росту в области программного обеспечения и компьютерной техники. Обыденными стали и визуальные спецэффекты, которые на сегодняшний день доступны любому благодаря широкому распространению программ создания компьютерной графики и, в частности, трехмерного моделирования.

1. Autodesk 3Ds Max — это программное обеспечение пользуется огромной популярностью, и большую роль в этом сыграл тот факт, что программа ориентирована на архитектурную визуализацию.

В 3Ds Max есть огромное количество моделей, которые необходимы при создании самых различных архитектурных проектов — от стандартных инструментов дверей и окон разных форм до лестниц, оград и растительности. Помимо этого, в этом 3D-редакторе есть средства настройки освещения трехмерного изображения. А также в данное ПО был интегрирован фотореалистичный визуализатор, который дает возможность добиться достаточно высокой реалистичности сцены.



*Рисунок 1. Окно работы программы 3Ds Max*

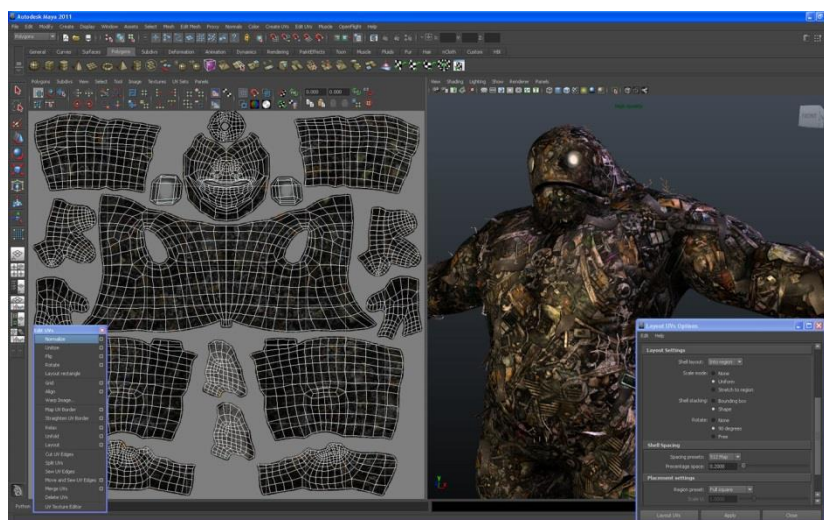
Нехватка какого-то определенного инструмента компенсируется наличием большого количества плагинов, которые значительно увеличивают встроенные возможности программы. Так, например, модуль Afterburn позволяет моделирует реалистичные взрывы, а при использовании Dreamscare ПО получает новые инструменты для создания природных ландшафтов и воды. Помимо того, в 3Ds Max есть другие алгоритмы визуализации. Вместо встроенного движка MentalRay можно установить более точные системы визуализации сцены, такие как MaxwellRender, V-ray и Finalrender.

Набор плагинов, который содержит специализированный модуль HairandFur, является весьма полезным: созданные с его помощью волосы можно подрезать, причесывать и делать стрижку по заданному клише. До появления такого модуля моделированием волос и шерсти имели возможность заниматься исключительно профессионалы, так как они имели достаточный опыт работы с 3D и владели техникой имитации шерсти с помощью MAXScript и материалов.

## 2. Autodesk Maya

На протяжении долгого периода этот пакет противопоставлялась основному конкуренту на рынке 3D ПО — 3Ds Max. Опытными 3D-художниками данный продукт используется чаще остальных. Эта трехмерная

программа часто используется такими известными студиями, как Dreamworks, Walt Disney и др.



**Рисунок 2. Окно работы программы Maya**

В этом редакторе есть практически всё, что необходимо для 3D-графики. Maya дает возможность пройти все этапы создания 3D — от моделирования и анимации до текстурирования, композитинга и послойного рендеринга. Главной особенностью пакета является модуль PaintEffects, который предлагает возможность нарисовать кистью такие 3D-объекты, как трава, объемные узоры и др.

### 3. Blender 3D

Blender является бесплатным ПО, которое быстро развивается, не уступая коммерческим программам. Секрет заключается в том, что создание модификаций для этого редактора может осуществляться любым пользователем. Многие из модулей и плагинов, которые появились в Blender, были добавлены абсолютно разными людьми, которые работали над различными функциями для решения специфических задач.



**Рисунок 3. Окно работы программы Blender 3D**

В сравнении с коммерческими альтернативами размер этой программы очень маленький — несколько десятков мегабайт. Кроссплатформенность является одним из основных преимуществ программы. Редактор стабильно работает как в Linux, так и в Windows.

Blender содержит большую группу модулей для моделирования 3D-объектов. Например, в программе можно применять системы частиц, устанавливать веса определенных частиц, использовать направляющие и внешние силы, например ветер.

Также в редакторе имеется симулятор флюидов, который открывает широкие возможности по созданию эффектов текучих тел, таких как жидкости или дым. Пользователь может рассчитать физические задачи, например, моделирование поведения мягких тел.

**Таблица 1.**

**Сравнительная таблица программ трехмерного моделирования**

	<b>Autodesk 3Ds Max 2014</b>	<b>Autodesk Maya 2014</b>	<b>Blender 3D 2.70</b>
Область применения	Визуализация — игры	Игры — фильмы	Визуализация — режим реального времени
Конечная цена пользования	5,000 €	2500 €	Бесплатно
ОС	Windows	Windows, Mac OS, Linux	Windows, Mac OS, Linux
Руководство пользователя	-	+	-



Популярность производителя	+	+	-
Документация	+	+	+
DVD обучение	+	+	+
Поддержка популярных форматов импорта / экспорта			
3DS	+	+	+
COLLADA	+	+	+
FBX	+	+	+
STL	+	+	+
Рендеринг			
Рендеринг	Internal, mental ray	Internal, mental ray	Internal
Качество	+	+	+
Поддержка базовых пакетов			
Инструменты анимации	+	+	+
UV tools	+	+	+
Рисование	-	+	-
Моделирование	+	+	+
Модификаторы	+	+	+
NURBS	-	+	-
Динамика — Твердотельные объекты	+	+	+
Мягкотельные объекты	+	+	+
Волосы	+	+	+
Одежда	+	+	+
Частицы	+	+	+
Жидкости	-	+	+
Наложение изображений	-	-	+
Генерируемые компьютером тени – игры	+	+	+
Поддержка скриптов	+	+	+
Сферы использования			
Визуализация — дизайн	+	+	+
Фильмы	+	+	-
Визуальные эффекты — motion эффекты	+	+	+
Игры	+	+	-
Web-дизайн	-	-	+
3D в реальном времени / виртуальная реальность	+	+	+
Сообщества пользователей и популярность			
Северная Америка	+	+	+
Европа	+	+	+
Азия	+	+	-

Как показала сравнительная таблица, лучшим из трех редакторов, несмотря на то, что она не бесплатная, является Autodesk Maya 2014. В силу своих уникальных возможностей и доступности в освоении эта программа сегодня имеет наибольшее количество поклонников, как среди любителей, так и среди профессионалов. Пожалуй, осталось очень мало сфер деятельности человека, связанных с трехмерной графикой, в которых не используется. Ее активно применяют для создания игр и фильмов, в архитектуре и строительстве, в медицине и физике, а также во многих других областях.

### **Список литературы:**

1. 3D Studio MAX Искусство трехмерной анимации Platinum Edition (+CD). / Ким Ли: Диасофт-ЮП, 2005. — 887 с.
2. 3D Studio VIZ для дизайнера. / Хаббелл Д., Бордмэн Т.: ДиаСофт, 2004. — 663 с.
3. Бондаренко С.В., Бондаренко М.Ю. 3ds max. Легкий старт. СПб.: Питер, 2005. — 128 с.: ил.

## СЕКЦИЯ 8.

### РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СЦБ НА ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО ВЫПРАВКЕ И ПОДБИВКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

*Смоленкова Марина Александровна*

*студент 4 курса, специальности «Строительство железных дорог,  
путь и путевое хозяйство» СТЖТ-филиал СамГУПС,  
РФ, г. Саратов*

*E-mail: [smolenskova\\_marisha@mail.ru](mailto:smolenskova_marisha@mail.ru)*

*Селиверов Денис Иванович*

*научный руководитель, заместитель директора по УПР,  
СТЖТ-филиала СамГУПС,  
РФ, г. Саратов*

*E-mail: [denis-selivjorv@rambler.ru](mailto:denis-selivjorv@rambler.ru)*

Ремонт пути — путевые работы по обновлению верхнего строения пути с полной или частичной заменой его элементов, очисткой балласта, выправкой пути в продольном профиле и плане с оздоровлением земляного полотна. Всего в путевом хозяйстве существует восемь видов ремонта, которые отличаются друг от друга объёмами и сложностью выполняемых работ. Практически все виды ремонтных работ завершаются сплошной выправкой пути и подбивкой шпал. Выправка пути, носит также и предупредительный характер, в большинстве случаев выполняется со сплошной подбивкой шпал на участке и производится с применением выправочно-подбивочных машин, а при их отсутствии — электрошпалоподбоек. Качество выполнения таких работ сказывается на общем состоянии пути, что в свою очередь может отразиться и на безопасности движения поездов [4].

На протяжении многих лет создаёт препятствия и осложняет выполнение работ по выправке и подбивке пути существующее напольное оборудование СЦБ перекрывающее в некоторых местах доступ к шпальным ящикам. Поэтому на фронтах работы тяжёлых машин класса ВПР иногда приходится пропускать

отдельные места в пути при подбивке, случаются при этом и повреждения элементов самих устройств СЦБ. Чтобы обеспечить качественную подбивку необходимо, где возможно временно демонтировать устройства СЦБ, это увеличивает время технологического «окна», приводит к простоям техники и отвлечениям от основной работы электромехаников и электромонтёров СЦБ. Примером негативного влияния напольного оборудования на производство работ по выправке и подбивке пути, может быть, случай произошедший на Приволжской железной дороге летом 2010 года на перегоне Лебедево-Безымянная. Тогда при производстве работ по выправке и подбивке пути машина ВПР пропустила участок из-за не демонтированных устройств теплового контроля букс вагонов КТСМ. В результате в период высоких температур в слабом, не подбитом месте произошёл выброс пути и как следствие сход с рельс грузового поезда.

В настоящее время методом решения перечисленных проблем, в том числе может стать применение ряда принципиально нового оборудования СЦБ шпального исполнения. В статье представлены результаты исследования степени влияния разного напольного оборудования СЦБ на выполнение работ по выправке и подбивке пути.

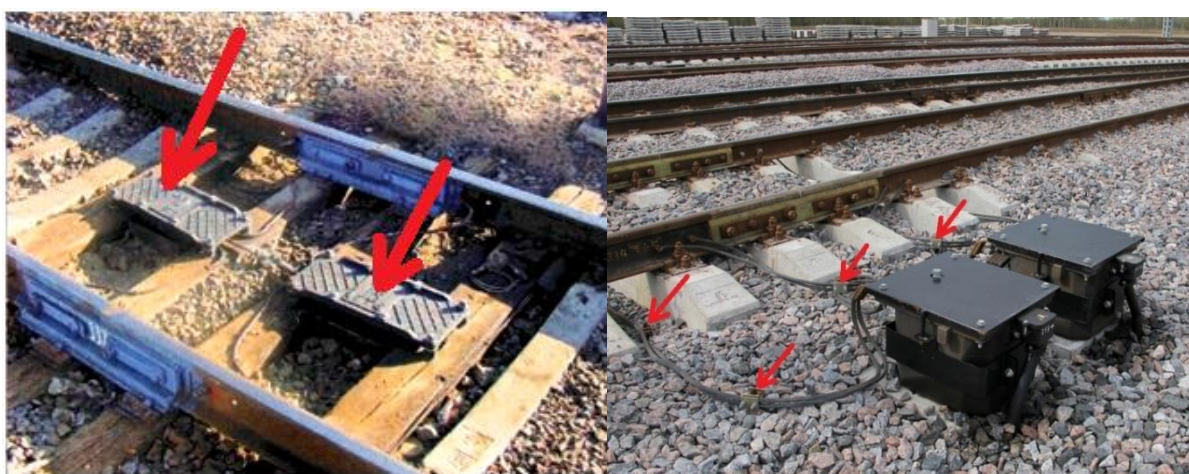
Прежде всего, создают препятствия при выполнении плановых подбивочных работ пути с железобетонными шпалами деревянные бруски, на которые прибиваются различные перемычки напольного оборудования электрических рельсовых цепей: путевых дроссель-трансформаторов и путевых коробок. Такие бруски перекрывают шпальные ящики, поэтому для выполнения подбивки пути, как вручную, так и специальными машинами их необходимо временно демонтировать.



*Рисунок 1. Деревянные бруски в шпальных ящиках*

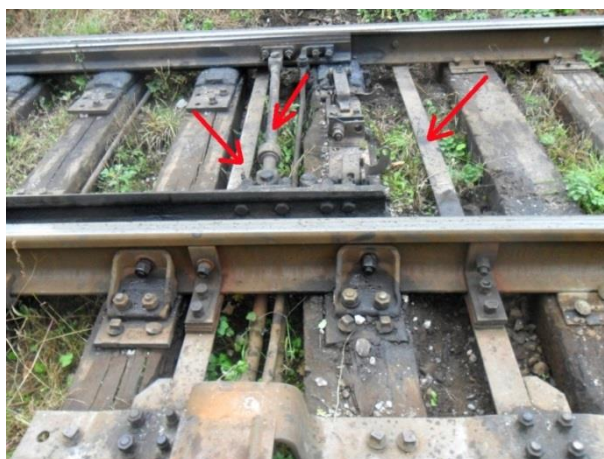
Чтобы убрать с пути деревянные бруски для крепления перемычек можно применить специальные держатели. Современный комплект такого крепления состоит из двух типов держателей: подрельсового — для крепления длинных перемычек за подошву рельса и проходного для фиксации перемычек вдоль остальной трассы её прокладки [1].

Другим способом решения проблем деревянных брусков в пути может стать дроссель — трансформатор шпального типа ДТШ и 2ДТШ. Его можно крепить на любой вид шпал прямо внутри колеи. Для крепления его перемычек не требуется специальных приспособлений. Такое размещение оборудования СЦБ позволит беспрепятственно производить подбивку пути без его демонтажа [2].



*Рисунок 2. Держатели перемычек и шпальный дроссель-трансформатор*

Делает невозможным выполнение работ по выправке и подбивке пути на стрелке тяжёлыми машинами класса ВПР гарнитура стрелочного электропривода серии СП. Типовая гарнитура крепления из уголков, а также рабочая и межостряковая тяги перекрывают два шпальных ящика. В такой ситуации монтажникам пути приходится выполнять плановую подбивку стрелки только вручную — электрошпалоподбойками. Но даже ручную подбивку выполнить качественно опять же мешает стрелочная гарнитура. Следствием некачественного уплотнения балласта на стрелке становятся просадки, не плотное прилегание остряжков к башмакам стрелочного перевода. Всё это может привести к излому остряжков, нарушению плавности хода поездов, а это уже прямая угроза безопасности движения.



***Рисунок 3. Стрелочная гарнитура электропривода СП***

Методом решения проблемы качества подбивки стрелочных переводов может стать оборудование их электроприводами шпального исполнения УПС вместо традиционных СП. Такой переводной механизм представляет собой электромеханический модуль в форме бруса, который устанавливается взамен одной шпалы на стрелке без изменения её эпюры. В итоге путейцы смогут выполнять качественную подбивку стрелочного перевода как выправочно-подбивочными машинами, так и электрошпалоподбойками [6].



***Рисунок 4. Шпальный стрелочный электропривод УПС***

Создают преграды для работы подбивочных машин на участках с железобетонными шпалами устройства контроля схода подвижного состава УКСПС устанавливаемые на подходах к железнодорожным станциям. Пять датчиков разрушающегося типа монтируются на деревянной шпале, которая крепится к рельсам в шпальном ящике между основными бетонными шпалами. Для подбивки требуется полный демонтаж шпалы с УКСПС, а затем восстановление. Трудоёмкой также является операция по демонтажу из фронта подбивочных работ дополнительных напольных камер устройства теплового контроля букс вагонов КТСМ, которые устанавливаются в шпальных ящиках на собственные бетонные фундаменты. В связи с этим очень часто выправочно-подбивочная машина ВПР попросту пропускает участок пути с УКСПС или КТСМ.



***Рисунок 5. Установка УКСПС и КТСМ в шпальном ящике***

Снизить трудоёмкость подготовительных работ и исключить пропуски при подбивке позволит замена датчиков УКСПС на УКСПС-П. В новой конструкции все пять датчиков смонтированы на общей полимерной балке. Сама балка крепится в пути за концы железобетонных шпал специальными хомутами и в случае необходимости быстро демонтируется. Отказались разработчики от бетонных фундаментов напольных камер в новой системе КТСМ-02. Теперь современные камеры КТСМ-02 крепятся к рельсу в шпальном ящике и также, если это потребуется, демонтируются за короткое время [3] [5].



***Рисунок 6. Установка УКСПС-П и КТСМ-02 в шпальном ящике***

Подводя итог исследования можно утверждать, что замена существующего напольного оборудования СЦБ на модернизированное, рассмотренное в статье, позволит в одном варианте совсем исключить привлечение специалистов СЦБ для демонтажа оборудования, а в другом - значительно сократить трудоёмкость работ по демонтажу и восстановлению систем. В целом это будет способствовать повышению качества и производительности выправочных и подбивочных работ.



## Список литературы:

1. Держатели для электротяговых соединителей. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.zhda.ru/produksiia/derzhateli/derzhateli-dlia-yelektrotiagovyh-soediniteley-dros/> (Дата обращения 21.10.2014 г.).
2. Дроссель-трансформатор в шпальном исполнении [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://termotron.ru/> (Дата обращения 22.10.2014 г.).
3. Комплекс технических средств многофункциональный КТСМ-02 [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://infotecs-at.ru/products/4> (Дата обращения 26.10.2014 г.).
4. Ремонт пути. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ремонт\\_пути](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ремонт_пути) (Дата обращения 15.10.2014 г.).
5. Устройство контроля схода подвижного состава УКСПС-П [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [info@ntc-infotech.ru](mailto:info@ntc-infotech.ru) (Дата обращения 25.10.2014 г.).
6. Устройство переводное стрелочное УПС. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [ntc-infotech.ru](http://ntc-infotech.ru) (дата обращения 25.10.2014).

## СЕКЦИЯ 9. ТЕХНОЛОГИИ

### ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

*Кальянова Ксения Александровна*

*студент 5 курса, кафедра физической химии и химической технологии  
МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [kalyanova-kseniy@mail.ru](mailto:kalyanova-kseniy@mail.ru)*

*Свечникова Наталья Юрьевна*

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск*

В настоящее время одним из критериев государственной аккредитации образовательной деятельности любого вуза является наличие материально-технической базы, обеспечивающей учебный процесс высокотехнологичным оборудованием и методами исследования.

Состояние материально-технической базы оценивается по следующим показателям:

- наличие материально-технической базы, достаточной для качественной подготовки (специалиста, бакалавра, магистра, техника), и динамика ее обновления;
- степень использования материальной базы в учебном процессе и уровень оснащенности учебно-лабораторным оборудованием.

В ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» на кафедре физической химии и химической технологии в рамках программы стратегического развития университета был приобретен хроматограф Хроматэк «Кристалл 5000» для учебных и научных целей.

Нами была разработана методика определения содержания легких углеводов в смеси газохроматографическим методом.

Методика разработана на основе стандарта ASTM D2427-97 «Метод газовой хроматографии для определения легких углеводородов в бензине» и включает в себя следующие разделы:

1. Теоретические основы хроматографии;
2. Практическая часть;
  - 2.1. Используемое оборудование;
  - 2.2. Подготовка и проведение испытания;
3. Обработка результатов.

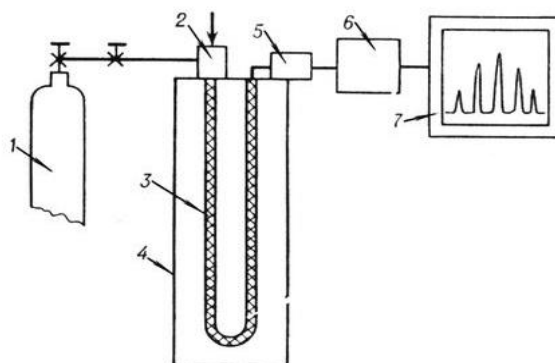
«Хроматография — это один из наиболее эффективных физико-химических методов разделения и анализа сложных смесей» [1, с. 7]. Данный метод заключается в использовании для разделения веществ известного явления — способности большинства подлежащих разделению веществ в различной степени адсорбироваться на выбранном адсорбенте (избирательная адсорбция). Исследуемое вещество распределяется между двумя фазами, одной из которых является неподвижный слой с большой поверхностью, а другой — поток, фильтрующийся через неподвижный слой.

Существует множество классификаций хроматографии. Наибольшее распространение получила классификация по агрегатному состоянию неподвижной и подвижной фаз: газовая и жидкостная хроматография.

Газовая хроматография может быть разделена на газо-адсорбционную (газо-твердую) и газо-жидкостную. В первом случае неподвижной фазой служит твердое вещество — адсорбент, во втором — жидкость, распределенная тонким слоем по поверхности какого-либо твердого носителя. С помощью газовой хроматографии можно выполнять качественное и количественное определение компонентов смесей любых органических и неорганических газов, жидкостей, твердых тел. На рисунке 1 представлена общая схема газового хроматографа.

В методике в качестве хроматографической колонки выбрана насадочная колонка из нержавеющей стали, общей длиной 5 м, внутренняя составляющая полиэтиленгликоль и сферохром, в качестве инертного газа выбран азот,

а в качестве детектора — «пламенно-ионизационный детектор (ПИД), принцип действия которого заключается в ионизации, происходящей при сгорании за счёт энергии окисления углерода» [1, с. 248].



**Рисунок 1. Схема газового хроматографа: 1 — баллон с инертным газом; 2 — устройство для ввода пробы в хроматографическую колонку; 3 — хроматографическая колонка; 4 — термостат; 5 — детектор; 6 — преобразователь сигналов; 7 — регистратор**

ПИД реагирует практически на все углеводородные соединения, поэтому он является одним из самых распространённых детекторов.

Хроматограф снабжён специальной программой, позволяющей регистрировать полученные результаты в виде хроматограммы.

В разделе подготовка и проведение испытания был подобран режим проведения хроматографического анализа. Исходя из полного разделения компонентов испытуемой смеси, были подобраны следующие условия проведения анализа:

Канал старта — 15 минут;

ПИД : —Температура 150 °С;

Расход водорода 30 мл/мин;

Расход воздуха 300 мл/мин;

Термостат колонок — 85 °С;

Колонка: — Расход 45 мл/мин;

Газ-носитель: азот;

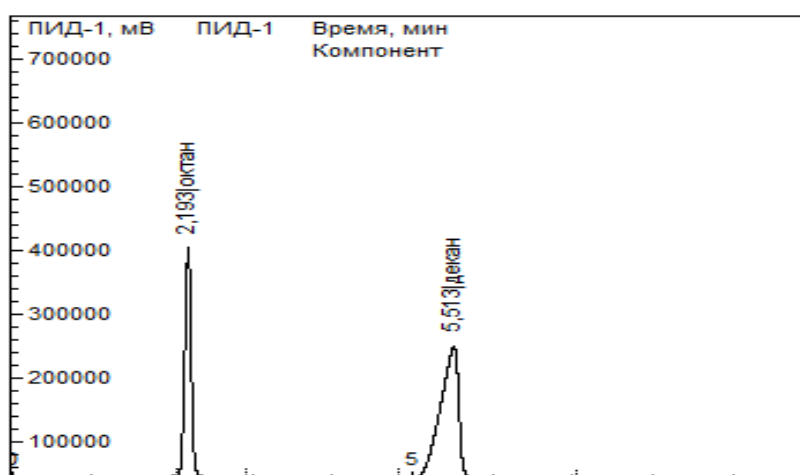
Испаритель — Температура 150 °С.

Для исследования выбраны чистые углеводороды: октан, декан, бензол, ундекан. Перед проведением испытания необходимо провести постановку метода со смесями данных углеводородов для идентификации пиков на хроматограмме. Идентификация пиков определится по выходу чистых веществ из колонки. Эта процедура включает в себя испытания стандартных смесей заданного состава:

1. 40 % октан+60 % декан
2. 60% ундекан + 40 % бензол

Для проведения испытания необходимо наличие специального хроматографического микрошприца. Перед проведением испытания шприц промывается ацетоном и продувается воздухом из компрессора для удаления ненужных остатков. После подготовки, отбирается испытуемая проба, объемом 0,5 мкл, вводится в прибор и проводится хроматографический анализ. На рисунке 2 представлена хроматограмма стандартной пробы, содержащей 40 % октана+ 60 % декана.

По завершению анализа стандартных проб, хроматограф автоматически рассчитывает время выхода веществ и площадь пика.



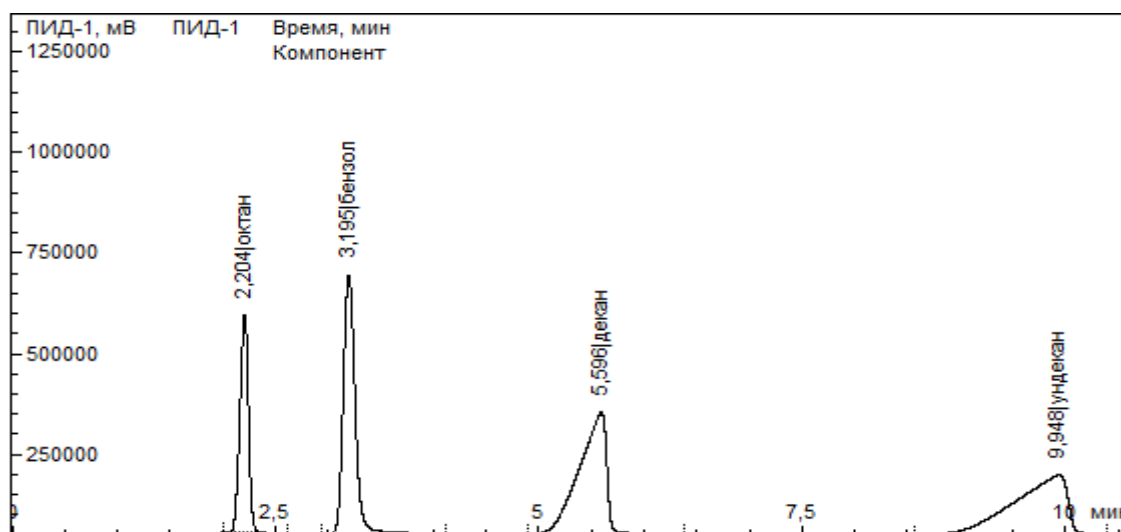
**Рисунок 2. Хроматограмма стандартной пробы 40 % октан+ 60 % декан**

Для проведения хроматографического анализа всей смеси углеводородов составляют контрольную пробу из бензола, октана, ундекана и декана.

Проводят испытания при том же режиме работы прибора. Анализ повторяют несколько раз. По завершению истытания, хроматограф автоматически рассчитывает время выхода веществ и площадь пика.

На рисунке 3 представлена хроматограмма контрольной смеси содержащей по 25 % октана, декана, бензола, ундекана.

Время, мин	Компонент	Площадь	Высота
3.195	бензол	5068145.596	645673.094
9.948	ундекан	5188220.149	147241.362
5.559	декан	4555117.823	260969.637
2.212	октан	2623378.856	462966.446



*Рисунок 3. Хроматограмма контрольной смеси*

В разделе обработка результатов по полученным хроматограммам рассчитывают процентное содержание каждого вещества в контрольной пробе. Пример результата расчетов представлен в таблице 1.

Процентное содержание веществ в пробе рассчитывается по формуле:

$$C_{1i} = C_{2i} * (A_{1i} / A_{2i \text{ ср}}), \quad (1)$$

где:  $C_{1i}$  — неизвестное процентное содержание  $i$ -го компонента в испытываемой пробе;

$A_{1i}$  — площадь пика  $i$ -го компонента в испытываемой пробе;

$C_{2i}$  — известное процентное содержание  $i$ -го компонента в стандартной пробе;

$A_{2i}$  — площадь пика  $i$ -го компонента в стандартной пробе.

**Таблица 1.**

**Результаты расчетов контрольной смеси**

Вещество	Стандартная проба		Испытуемая проба				Время выхода, $\tau$ , мин		
	Содержание в пробе, $C_1$ , %	Площадь пика, $A_1$ , мВ*мин	Содержание в пробе, $C_2$ , %	Площадь пика, $A_2$ , мВ*мин			В первом испытании, $\tau_1$ , мин	Во втором испытании, $\tau_2$ , мин	Среднее значение, $\tau_{ср}$ , мин
				В первом испытании $A_2(1)$	Во втором испытании $A_2(2)$	Среднее значение $A_{2ср}$			
Октан	40	4081794	24,9	2623378	2453865	2538622	2,204	2,206	2,205
Бензол	40	8020968	25,1	5088105	4988105	5038105	3,195	3,190	3,193
Декан	60	11450662	24,2	4555117	4653768	4604443	5,598	5,595	5,596
Ундекан	60	8993518	25,8	5188220	5053678	5120949	9,948	9,940	9,944

Также определяется относительная и абсолютная погрешность полученных результатов по формулам:

$$\Delta = |X_d - X_{ист}| \tag{2}$$

$$\delta = \frac{|X_d - X_{ист}|}{X_{ист}} * 100\%. \tag{3}$$

Данные заносятся в таблицу 2.

**Таблица 2.**

**Расчет погрешностей испытания**

Вещество	Истинное содержание в пробе, $C_1$ , %	Расчетное содержание в пробе, $C_2$ , %	Абсолютная погрешность, $\Delta$ , %	Относительная погрешность, $\delta$ , %	Максимальное значение абсолютной погрешности, $\Delta_{max}$ , %	Максимальное значение относительной погрешности, $\delta_{max}$ , %
Октан	25	24,9	0,1	0,4	1	5
Бензол	25	25,1	0,1	0,4		
Декан	25	24,2	0,8	3,2		
Ундекан	25	25,8	0,8	3,2		

Таким образом, нами была разработана методика определения легких углеводов в смеси на хроматографическом комплексе Хроматэк «Кристалл 5000».

Данная методика будет использована в учебных и научных целях ФГБОУ ВПО «МГТУ», это позволит студентам приобрести знания, навыки и умения работы на высокотехнологичном оборудовании, и соответствовать требованиям, предъявляемым к качеству подготовки высококвалифицированных кадров в университете.

### **Список литературы:**

1. Вяхирев Д.А, Шушунова А.Ф. Руководство по газовой хроматографии: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1975 — 303 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ ЦОФ «БЕЛОВСКАЯ»

**Мамедалина Надежда Ивановна**

*студент 4 курса, кафедры физической химии и химической технологии  
ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [mamedalina@mail.ru](mailto:mamedalina@mail.ru)*

**Свечникова Наталья Юрьевна**

*научный руководитель, канд. техн. наук доцент кафедры физической химии  
и химической технологии ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова,  
РФ, г. Магнитогорск  
E-mail: [natasha-svechnikova@yandex.ru](mailto:natasha-svechnikova@yandex.ru)*

В настоящее время одним из острых вопросов, является вопрос увеличения товарных ресурсов обогащенного угля, за счет сокращения до минимума потерь горючей массы с отходами обогащения или вовлечения в товарное потребление углесодержащих отходов, находящихся в шламонакопителях и породных отвалах обогатительных фабрик.

На кафедре физической химии и химической технологии в ФГБОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова г. Магнитогорск были изучены отходы флотации ЦОФ «Беловская» — основного поставщика угольных концентратов на коксохимическое производство ОАО «ММК» г. Магнитогорска. Проведены следующие исследования: технический и ситовый анализ, содержание воды и углерода на анализаторе CW MULTISHASE фирмы ELTRA, содержание минеральных компонентов на энергодисперсионном рентгеновском спектрометре ARL QUANT'X, а также изучена флотационная активность отходов.

Для исследования усредненная проба была измельчена на валковой дробилке и истирающем диске до крупности -0,5 мм. Анализ показал, что отходы флотации представляют собой сфлукулированные гранулы крупностью +0,5 мм, зольностью 69,8 % и выходом летучих веществ 16,6 %. В таблице 1 приведен ситовый анализ полученных отходов.

Из таблицы 1 видно, что распределение по классам и зольности не равномерное, так меньший выход у класса 0,5—0,25 мм — 7,75 % с зольностью 70,39 %. Наибольший выход 31,25 % имеет класс -0,05 мм, при этом он является более минерализованным, его зольность составляет 70,55 %.

Наименьшую зольность 66,17 % имеет класс 0,1—0,05 мм с выходом 24,25 %, что свидетельствует о лучшем раскрытии угольных сростков данного класса.

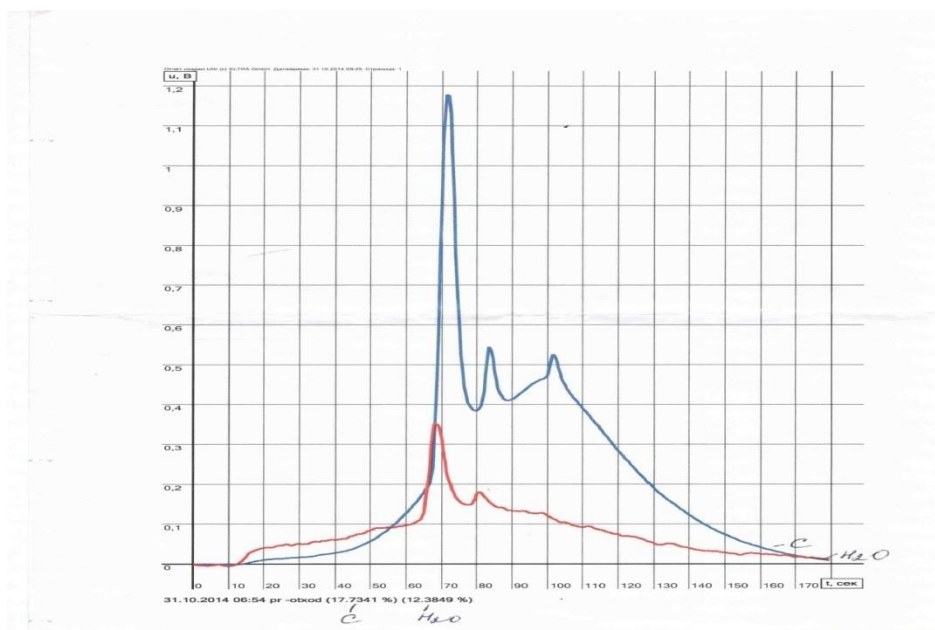
**Таблица 1.**

**Ситовый анализ отходов флотации ЦОФ «Белон»**

Класс, мм	вес, г	выход, %	зольность, %	Σвыход, %	Σзольность, %
+0,5	22,5	22,50	70,26	22,50	70,26
0,5-0,25	7,75	7,75	70,39	30,25	70,29
0,25-0,1	14,25	14,25	69,10	44,50	69,91
0,1-0,05	24,25	24,25	66,17	68,75	68,59
-0,05	31,25	31,25	70,55	100	68,89

Исследование на содержание углерода и воды проводились на анализаторе CW MULTISHASE, фирмы ELTRA при температуре 650 °С. Принцип действия анализатора основан на нагревании и сжигании испытуемого образца в высокочастотной индукционной печи в потоке кислорода в условиях избыточного давления газа и дальнейшем анализе образующихся газообразных соединений. Градуировка анализатора производится по стандартным образцам состава твердых материалов, аттестованных по массовой доле углерода и воды. Прибор имеет две независимые ИК-ячейки, чувствительность которых, можно регулировать по запросу. Длину поглощения ИК-излучения можно выбрать индивидуально для оптимальной точности анализа высокого и низкого содержания CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, на рисунке 1 представлен спектр ИК-излучения усредненной пробы отходов флотации ЦОФ «Беловская».

В таблице 2 видно, что общее содержание воды составляет 12,38 %, содержание органического углерода 17,73 %, а водорода 1,21 %.



**Рисунок 1. Спектр ИК-излучения пробы отходов флотации ЦОФ «Беловская»**

**Таблица 2.**

**Содержание воды и углерода в отходах**

Содержание H <sub>2</sub> O, %		H, %	C(орган), %
гигроскопической	образовавшейся при окислении		
1,51	10,87	1,21	17,73

Анализ минеральной части отходов флотации на энергодисперсионном рентгеновском спектрометре ARL QUANT'X был проведен полуколичественным методом. Данный метод позволяет определить в исследуемых образцах элементы от Na до U с процентным содержанием от 10<sup>-4</sup>%. Измерения производятся неразрушающим методом. Время определения одного элемента — от 10 секунд.

Бесстандартный полуколичественный анализ производится с помощью программы UniQuant. В этом случае время анализа возрастает до 2-х часов, так как образец исследуется на все элементы, а результатом анализа является процентное содержание элементов [1, с. 165].

Результаты полуколичественного анализа минеральной части отходов представлены в таблице 3. Минеральная часть отходов состоит в основном из оксидов кремния, алюминия и кальция — 62,8 %, а также содержит

в небольших количествах оксиды железа, калия, магния, титана — 6,6 %, кроме того, в отходах содержится элементарная сера — 0,4 %.

**Таблица 3.**

**Полуколичественный анализ на содержание минеральных компонентов**

Компонент	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	S	MgO	TiO <sub>2</sub>
масс. % в отходах	44,8	14,9	3,1	3,0	2,2	0,4	0,9	0,5

Исследование флотационной активности отходов показали, что они имеют низкую флотационную активность. В таблице 4 приведены результаты флотации отходов с использованием различных флотационных реагентов.

Так, при использовании наиболее эффективного реагентного режима: ГФО и Экофол 440S — выход концентрата составил 7,3 % с зольностью 57,9 %.

**Таблица 4.**

**Влияние реагентного режима на показатели флотации угольных отходов ЦОФ «Беловская»**

Реагентный режим		Расход реагентов, кг/т		Продукт флотации	Выход, %	Зольность, %
Собира-тель	Вспенива-тель	Собира-тель	Вспенива-тель			
ГФО	КОБС	1,91	0,6	концен-трат	6,0	62,4
		1,91	0,6	хвосты	94,0	69,3
	экофол 440S	1,91	0,6	концен-трат	7,3	57,9
		1,91	0,6	хвосты	92,7	69,8
Нефрас	КОБС 1,97 0,6 хвосты 96,4 69,3	1,97	0,6	концен-трат	3,6	59,0

Низкая флотационная активность отходов, так же объясняется тем, что на ЦОФ «Беловская» с целью обезвоживания и сгущения проводится обработка отходов анионным флокулянт, что ухудшает гидрофобность угольных частиц отходов [2, с. 50].

Таким образом, в настоящее время на ЦОФ «Беловская» актуальным является изучение накопившихся отходов угольного обогащения и дальнейшая разработка принципиальных основ переработки.

Отходы флотации представляют собой сфлукулированные гранулы крупностью +0,5 мм, с зольностью 69,8 % и влажностью 12—13 %. Содержание органического углерода составляет 17,73 %, водорода 1,21 %, а минеральная часть представляет собой оксиды кремния, алюминия и железа.

При этом отходы имеют низкую флотационную активность.

Дальнейшие исследования будут направлены на подбор эффективных реагентов, обеспечивающих выход концентрата в пределах 10 % с зольностью 40—50 %, а также будет изучена возможность использования полученного продукта в энергетических целях на ЦОФ «Беловская».

#### **Список литературы:**

1. Понамарева Т.Б., Шабалин Е.И., Шабалина Ю.В., Шипилова Н.А. Определение химического состава природных и техногенных ресурсов на базе энергодисперсионного рентгеновского спектрометра ARL QUANT'X: материалы 71-й межрегиональной научно-технической конференции /под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Из-во гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, — 2013. — Т. 1. — с. 165—168.
2. Разумов К.А. Флотационный метод обогащения. Ленинград, 1975. — 272 с.

## СЕКЦИЯ 10.

### ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

#### РАСЧЕТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО И ПЕШЕХОДНОГО ПОТОКОВ

*Ивлев Виктор Юрьевич*

*студент-магистрант 1 курса, кафедра «Организация перевозок  
и безопасность дорожного движения» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,*

*РФ, г. Тамбов*

*E-mail: [www.victor.pshenihniy@mail.ru](mailto:www.victor.pshenihniy@mail.ru)*

*Тимова Александра Александровна*

*студент-магистрант 1 курса, кафедра «Агроинженерия»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,*

*РФ, г. Тамбов*

*E-mail: [alexsa\\_555@mail.ru](mailto:alexsa_555@mail.ru)*

Интенсивность транспортного потока — это число транспортных средств, проезжающих через сечение за единицу времени авт./ч. [1].

Пропускная способность — это максимальное возможное количество транспортного средства, которое может пройти через сечение дороги за единицу времени при обеспечении заданной скорости движения и безопасности [2].

Транспортный поток — это совокупность транспортных средств, одновременно участвовавших в движении на определенном участке уличной дорожной сети [5].

Цель данной работы — определение интенсивности транспортного и пешеходного потоков по улице Карла Маркса города Тамбова.

В качестве расчетного периода времени для определения интенсивности, были приняты следующие часы: 7<sup>00</sup>-8<sup>00</sup>, 12<sup>00</sup>-13<sup>00</sup>, 17<sup>00</sup>-18<sup>00</sup>, а так же сутки: понедельник, среда и пятница.

Измерения, представленные ниже, проводились по малому отрезку времени: 15 минут и по 5 сечениям [3].

Понедельник: 20.02.14 г.

(7<sup>00</sup>-8<sup>00</sup>)

Транспортный поток

*Таблица 1.*

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	204	244	448	200	244	444
Грузовые	28	12	40	28	12	40
Автобусы	4	4	8	4	4	8

Пешеходный поток

*Таблица 2.*

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямо м	→ обратно м	← прямо м	→ обратном	
3	60	68	244	64	-	-	436
4	128	32	136	52	-	-	346
5-5	-	-	-	-	704	544	1248

(12<sup>00</sup>-13<sup>00</sup>)

Транспортный поток

*Таблица 3.*

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	880	944	1824	856	904	1760
Грузовые	24	36	60	24	36	60
Автобусы	4	4	8	4	4	8

Пешеходный поток

*Таблица 4.*

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямо м	→ обратно м	← прямо м	→ обратно м	← прямо м	→ обратном	
3	224	113	180	92	-	-	609
4	120	224	152	212	-	-	708
5-5	-	-	-	-	448	424	872

(17<sup>00</sup>-18<sup>00</sup>)

Транспортный поток

**Таблица 5.**

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	960	980	1940	872	880	1752
Грузовые	32	48	80	32	48	80
Автобусы	4	4	8	4	4	8

Пешеходный поток

**Таблица 6.**

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	140	72	244	165	-	-	621
4	144	128	136	88	-	-	496
5-5	-	-	-	-	704	544	1348

Среда: 22.02.14 г.

(7<sup>00</sup>-8<sup>00</sup>)

Транспортный поток

**Таблица 7.**

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	216	228	444	224	220	444
Грузовые	48	32	80	48	32	80
Автобусы	3	4	7	3	4	7

Пешеходный поток

**Таблица 8.**

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	160	54	144	112	-	-	470
4	48	54	192	144	-	-	436
5-5	-	-	-	-	352	400	752



(12<sup>00</sup>-13<sup>00</sup>)

Транспортный поток

Таблица 9.

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	888	920	1808	940	740	1680
Грузовые	32	64	96	32	64	96
Автобусы	2	3	5	2	3	5

Пешеходный поток

Таблица 10.

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	232	128	152	150	-	-	662
4	244	188	164	188	-	-	774
5-5	-	-	-	-	404	620	1024

(17<sup>00</sup>-18<sup>00</sup>)

Транспортный поток

Таблица 11.

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	928	812	1740	872	920	1792
Грузовые	24	20	44	24	20	44
Автобусы	4	5	9	4	5	9

Пешеходный поток

Таблица 12.

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	184	72	272	132	-	-	560
4	160	244	128	96	-	-	628
5-5	-	-	-	-	840	608	1448

Пятница: 24.02.14 г.

(8<sup>00</sup>-9<sup>00</sup>)

Транспортный поток

*Таблица 13.*

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	808	780	1588	836	740	1576
Грузовые	32	48	80	32	48	80
Автобусы	5	4	9	5	4	9

Пешеходный поток

*Таблица 14.*

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	48	60	168	124	-	-	400
4	172	208	212	76	-	-	668
5-5	-	-	-	-	532	482	1014

(12<sup>00</sup>-13<sup>00</sup>)

Транспортный поток

*Таблица 15.*

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	648	716	1364	708	854	1562
Грузовые	48	64	112	48	64	112
Автобусы	4	3	7	4	3	7

Пешеходный поток

*Таблица 16.*

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	64	192	212	136	-	-	604
4	124	228	220	200	-	-	772
5-5	-	-	-	-	420	388	808

(17<sup>00</sup>-18<sup>00</sup>)

Транспортный поток

Таблица 17.

	1-1		итого	2-2		итого
	← прямом	→ обратном		← прямом	→ обратном	
Легковые	768	672	1440	828	608	1436
Грузовые	28	36	64	28	36	64
Автобусы	3	3	6	3	3	6

Пешеходный поток

Таблица 18.

	а-а		б-б		5-5		итого
	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	← прямом	→ обратном	
3	112	144	184	116	-	-	556
4	56	228	166	54	-	-	504
5	-	-	-	-	640	532	1072

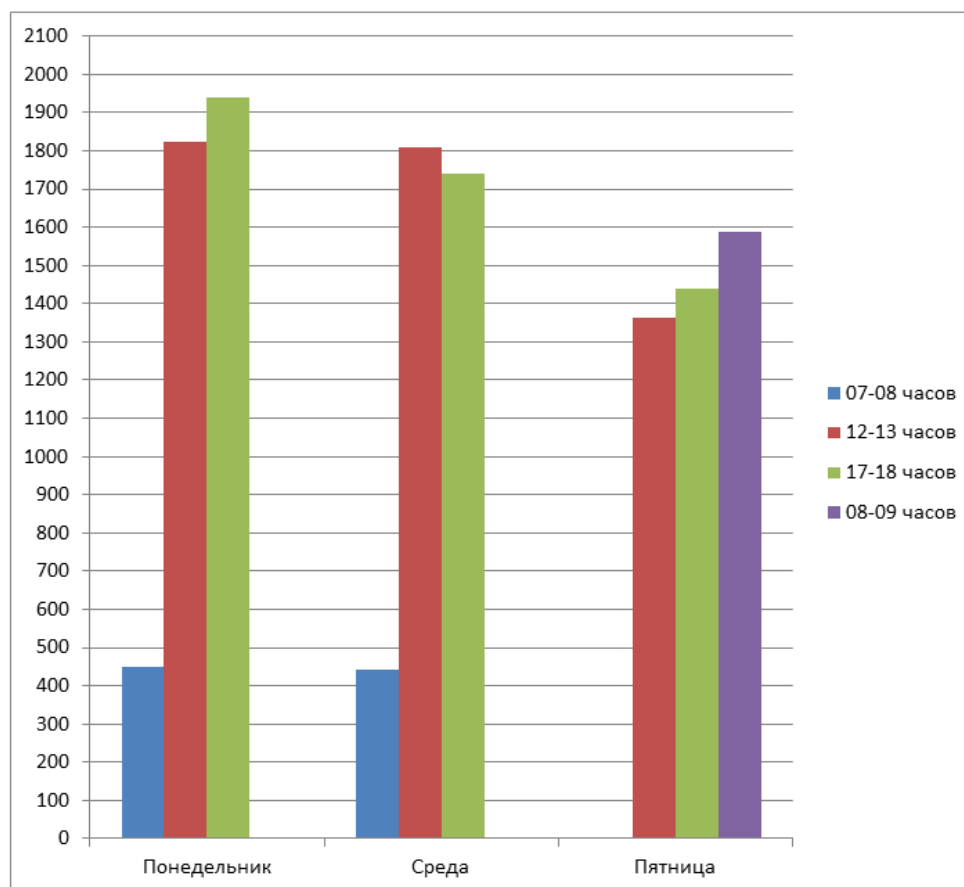


Рисунок 1. Диаграмма интенсивности движения транспортных средств

Также в результате обследования улицы Карла Маркса было выявлено, что ширина тротуара составляет 5 м.

Рассчитаем пропускную способность тротуара [3]:

$$V_{\text{тр}} = 0,75(N_{\text{ф}} - N_{\text{р}})/1000 \quad (1)$$

где:  $N_{\text{ф}}$  — фактическая интенсивность чел/ч,

$N_{\text{р}}$  — расчетная интенсивность чел/час.

$$N_{\text{р}} = 667(2 \cdot b - 3) \quad (2)$$

где:  $b$  — ширина тротуара.

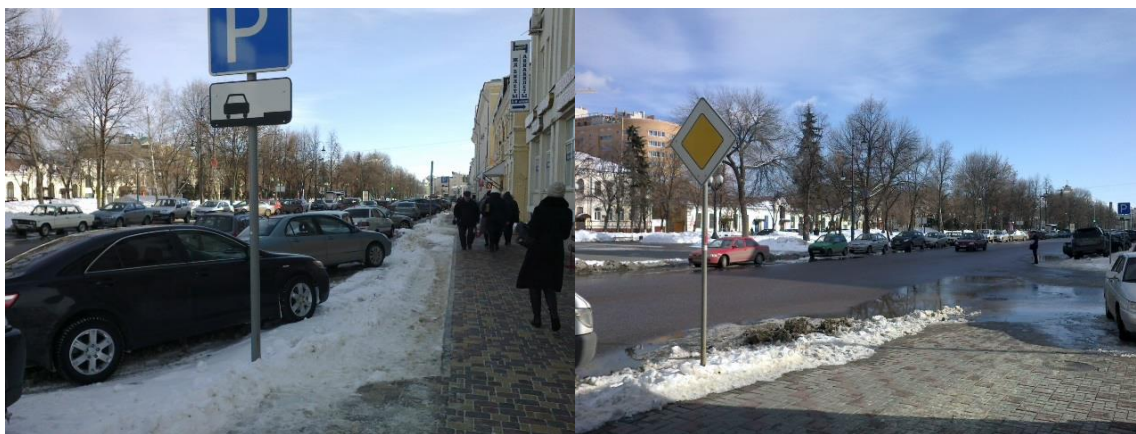
$$V_{\text{тр}} = 0,75(774 - 4669) = -2921,25 \text{ чел/ч}$$
$$N_{\text{р}} = 667(2b - 3) = 667(2 \cdot 5 - 3) = 4669 \text{ чел/ч}$$

Исходя из результата, полученного по формуле (1), можно сказать, что на данном тротуаре свободное движение пешеходов и дистанция между людьми, движущихся в колонне более 2 м.

Таким образом, ширина проезжей части дороги составляет 16 м, в данном случае 4-х полосное движение и одна полоса составляет 3,75 м.

Для данной улицы характерна неравномерность в течение суток и недели. Наименьшая интенсивность пешеходов наблюдалась в утреннее время  $7^{00}$ - $8^{00}$ , а наибольшая в период  $12^{00}$ - $13^{00}$ . В свою очередь, минимальная интенсивность транспортного потока наблюдалась в  $7^{00}$ - $8^{00}$ , а максимальная в часы-пик ( $12^{00}$ - $13^{00}$  и  $17^{00}$ - $18^{00}$ ). Исключение составляет пятница, когда транспортный поток в периоды  $8^{00}$ - $9^{00}$  и  $12^{00}$ - $13^{00}$  обусловлен равномерностью.

Натуральное обследование показало, что в условиях зимнего периода, происходит снежный налет на дорожное покрытие. Место стоянки плохо очищается, вследствие чего транспортные средства паркуются на проезжей части дороги, что непосредственно приводит к ее сужению и существенному повышению уровня аварийности.



*Рисунок 2. Улица Карла Маркса города Тамбова*

### **Список литературы:**

1. Параметры транспортного потока [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.againc.net/ru/education/transport-engineering/6-transport-streams-theory/3-basics/2-parameters> (дата обращения: 15 ноября 2014).
2. Пропускная способность дороги [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.drivingplus.ru/driving/dorojnoe-dvijenie/5.html> (дата обращения: 15 ноября 2014).
3. Пугачёв И.Н. Организация движения автомобильного транспорта в городах: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. — 196 с.
4. ФЗ от 10 декабря 1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=156600> (дата обращения: 15 ноября 2014).
5. Экологический словарь [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/1050/ТРАНСПОРТНЫЙ> (дата обращения: 15 ноября 2014).

## ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ОСТАНОВОЧНОГО ПУНКТА

**Титова Александра Александровна**

*студент-магистрант 1 курса, кафедра «Агроинженерия»  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,  
РФ, г. Тамбов  
E-mail: [alexsa\\_555@mail.ru](mailto:alexsa_555@mail.ru)*

**Ивлев Виктор Юрьевич**

*студент-магистрант 1 курса, кафедра «Организация перевозок  
и безопасность дорожного движения» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,  
РФ, г. Тамбов  
E-mail: [www.victor.pshenihniy\\_7@mail.ru](mailto:www.victor.pshenihniy_7@mail.ru)*

Автобус — автотранспортное средство с двигателем, предназначенное для перевозки пассажиров с числом мест для сидения (помимо сиденья водителя) более 8 [3].

Автобусный маршрут — установленный в процессе организации перевозок путь следования автобусов между начальным и конечным пунктами.

Нормирование скоростей — установление норм времени (скорости) движения автобусов между остановочными пунктами.

Вид автобусных перевозок — характеристика автобусных перевозок по следующим основным признакам [3]:

- регулярности осуществления: регулярные (перевозки, осуществляемые с определенной периодичностью по установленному маршруту с посадкой и высадкой пассажиров на предусмотренных маршрутом остановках); разовые (единичные перевозки по маршруту, определяемому заказчиком: юридическим или физическим лицом);
- территориальному: городские; пригородные; междугородные; международные;
- назначению: общего пользования; туристско-экскурсионные; специальные (школьные, вахтовые, доставка работников на производственные объекты, удаленные от общих линий городского пассажирского транспорта, в отдаленных районах сельской местности и т. п.).

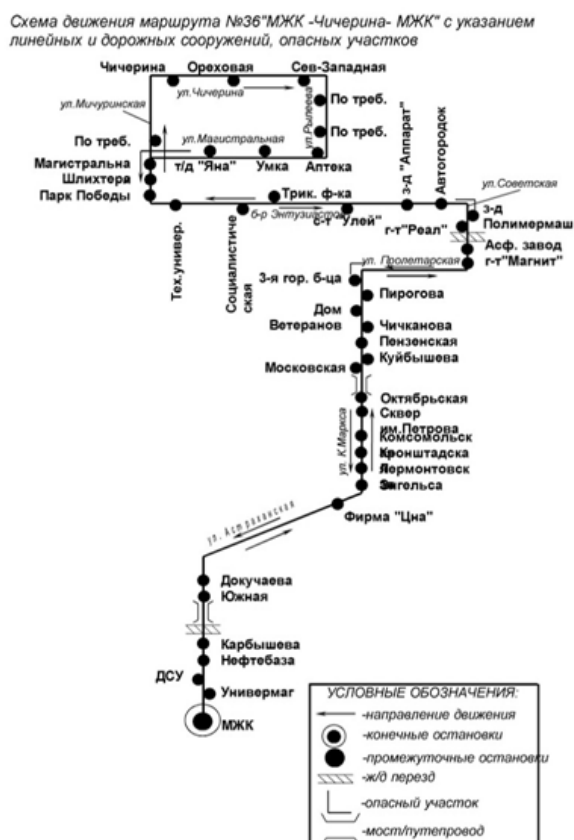
Скорость сообщения на маршруте — это динамичность подвижного состава (интенсивность разгона и торможения, максимальная скорость), длина перегонов между остановочными пунктами, продолжительность остановок и условия транспортного потока, определяющие фактическую скорость движения на перегоне.

Временной интервал — это промежуток между точками на шкале времени.

Пропускная способность — характеристика производительности участка улично-дорожной сети, выраженная в наибольшей возможной на нем интенсивности движения [2].

В данной работе представлено исследование пропускной способности автобусной остановки по улице Карла Маркса города Тамбова.

На рисунке 1 представлена схема движения на примере маршрута № 36.



**Рисунок 1. Схема движения маршрута № 36 «МЖК-Чичерина-МЖК» в городе Тамбове**

Далее представлено исследование остановочных пунктов (таблицы 1—6).

Наблюдение проводилось в часы-пик в рабочие и выходные дни.

**Среда 12.04.2014**

**(7<sup>00</sup>-9<sup>00</sup>)**

**Таблица 1.**

	Количество автобусов	Время				На круг	Временной интервал
		Входа	Выхода	Заезда	Выезда		
М 443 РК	1	10	1	6	7	1 ч. 10 мин	-
	2	8	3	10	4		24
	3	5	2	15	12		24
4	2	3	13	23	22		

**(14<sup>00</sup>-16<sup>00</sup>)**

**Таблица 2.**

	Количество автобусов	Время				На круг	Временной интервал
		Входа	Выхода	Заезда	Выезда		
	1	2	1	10	14	1 ч. 36 мин	-
	2	3	2	10	12		26
	3	4	5	7	23		25
М 128 КВ	4	1	6	11	11		45

**(17<sup>00</sup>-19<sup>00</sup>)**

**Таблица 3.**

	Количество автобусов	Время				На круг	Временной интервал
		Входа	Выхода	Заезда	Выезда		
	1	5	-	10	14	1 ч. 30 мин.	-
	2	-	3	13	16		23
	3	2	2	14	11		29
	4	4	7	16	15		38



Суббота 14.04.2014

(7<sup>00</sup>-9<sup>00</sup>)

Таблица 4.

	Количество автобусов	Время				На круг	Временной интервал
		Входа	Выхода	Заезда	Выезда		
	1	2	-	12	12	1 ч. 08 мин.	-
	2	1	7	13	10		22
	3	-	3	9	15		25
М 764 НК	4	-	5	11	14		21

(14<sup>00</sup>-16<sup>00</sup>)

Таблица 5.

	Количество автобусов	Время				На круг	Временной интервал
		Входа	Выхода	Заезда	Выезда		
	1	2	4	11	16	1 ч. 58 мин.	-
	2	1	3	10	20		34
	3	-	7	12	10		30
	4	4	6	14	19		54

(17<sup>00</sup>-19<sup>00</sup>)

Таблица 6.

	Количество автобусов	Время				На круг	Временной интервал
		Входа	Выхода	Заезда	Выезда		
М 337 ЕО	1	3	6	14	13	1 ч. 42 мин.	-
	2	2	2	12	11		28
	3	1	4	13	13		31
	4	6	3	11	16		43

Далее рассчитаем скорости сообщения на маршруте (формула 1) и пропускную способность остановочного пункта (формула 2).

$$V_c = \frac{3.6 * L_n}{\frac{V_p \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{j} \right) + \frac{3.6 * L_n}{V_p} + t_{\Delta}}}, \quad (1)$$

где:  $V_p$  — разрешенная максимальная (или расчетная установившаяся) скорость на перегоне, км/ч;

$a$  — ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$j$  — замедление при служебном торможении, м/с<sup>2</sup>;

$L_n$  — длина перегона между остановками, м;

$t_{\Delta}$  — средняя продолжительность задержки на остановке, с. [1]

$$V_{c1} = \frac{3.6 * 372}{\frac{58 \left( \frac{1}{0.9} + \frac{1}{1.4} \right) + \frac{3.6 * 372}{58} + 12}} = 15.5 \text{ км/ч}$$

$$V_{c2} = \frac{3.6 * 372}{\frac{41 \left( \frac{1}{1.8} + \frac{1}{1.9} \right) + \frac{3.6 * 372}{58} + 13.5}} = 21.7 \text{ км/ч}$$

$$V_{c3} = \frac{3.6 * 372}{\frac{34 \left( \frac{1}{1.7} + \frac{1}{1.9} \right) + \frac{3.6 * 372}{34} + 14.5}} = 29.3 \text{ км/ч}$$

$$P_{o.п} = \frac{3600}{t_{o.п}}, \quad (2)$$

где:  $P_{o.п}$  — пропускная способность остановочного пункта,

$t_{o.п}$  — количество автобусов, прошедших за определенное время.

$$P_{o.п} = \frac{3600}{24} = 150 \text{ авт/ч}$$

$$P_{o.п} = \frac{3600}{27} = 133 \text{ авт/ч}$$

$$P_{o.п} = \frac{3600}{29} = 124 \text{ авт/ч}$$

Таким образом, в процессе исследования улицы Карла Маркса города Тамбова были получены следующие параметры автобусной остановки:

- длина и ширина заездного кармана равна 33 и 3 метров соответственно;

- площадка ожидания: длина 6 метров, ширина 3 метра.

Все вышеперечисленные параметры соответствуют единым стандартам по устройству автомобильных остановок.

Также следует отметить наличие совмещенной с остановочным пунктом двухстороннего автопарка.

Наряду со всем вышеперечисленным нами были выявлены следующие нарушения:

- отсутствие разделительной полосы;
- отсутствие переходно-скоростной полосы;
- автобус № 36 проводит заезд в карман лишь частично, чем нарушает ПДД и ГОСТ, так как тем самым является препятствием для других участников дорожного движения.



*Рисунок 2. Улица Карла Маркса города Тамбова*

### **Список литературы:**

1. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://gendocs.ru/v33022/клинковштейн\\_г.и.\\_организация\\_дорожного\\_движения?page=14](http://gendocs.ru/v33022/клинковштейн_г.и._организация_дорожного_движения?page=14) (дата обращения: 20 ноября 2014).
2. Кустенко А.А. Влияние расположения трамвайного остановочного пункта на пропускную способность перекрестка // Автомобильный транспорт. — 2007. — № 21. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-raspolozheniya-tramvaynogo-ostanovochnogo-punkta-na-propusknuyu-sposobnost-perekrestka> (дата обращения 10 декабря 2014).
3. Приказ Минтранса РФ № 75 от 8 января 1997 года. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://pandia.org/text/77/131/548.php> (дата обращения: 15 ноября 2014).

# СЕКЦИЯ 11.

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП И СВЕТИЛЬНИКОВ

*Бузько Сергей Александрович*

*Замула Каролина Юрьевна*

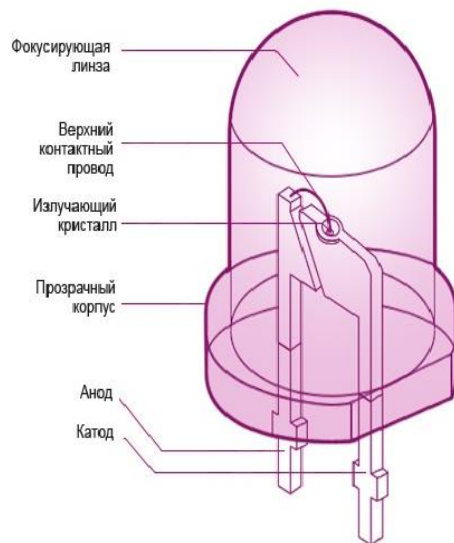
*Чабханов Ахмед Хаважевич*

*студенты 3 курса, кафедра электроснабжение промышленных предприятий,  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [dopa2008@mail.ru](mailto:dopa2008@mail.ru)*

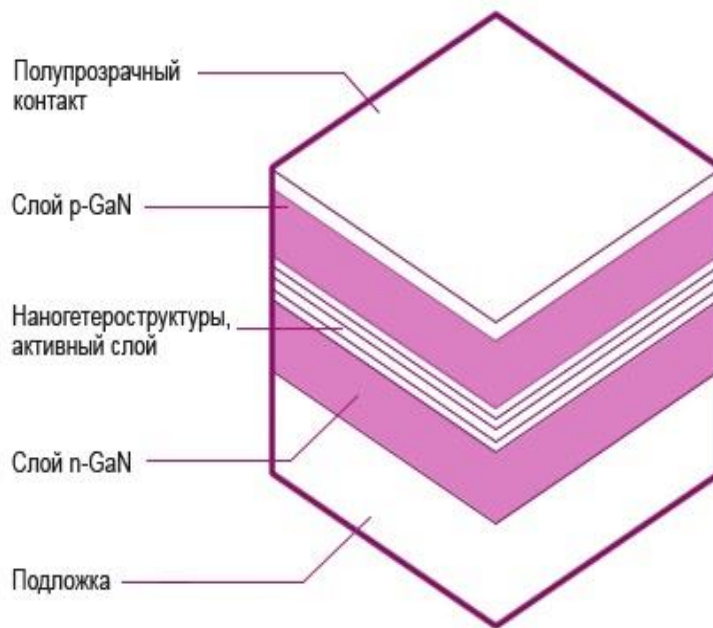
*Калимуллин Алик Талгатович*

*научный руководитель, ассистент, каф. ЭСПП ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [kat-190391@mail.ru](mailto:kat-190391@mail.ru)*

Настоящая ситуация такова, что за последние 10 лет тарифы на электроэнергию выросли почти в 10 раз, и будут продолжать расти. Энергосберегающие лампы оправдали себя лишь отчасти. На сегодняшний день наиболее перспективно смотрятся диодные светильники и лампы.



*Рисунок 1. Структура излучающего кристалла светодиода*



*Рисунок 2. Структура светодиода*

Работа светодиодов.

Светодиод является полупроводниковым устройством. Движение электронов через полупроводниковый материал происходит во время подачи электрического тока, впоследствии часть из них начинает переходить в более низкое энергетическое состояние. Отданная электронами энергия выделяется в виде света. Длина волны, определяющая цвет свечения зависит от выбранного полупроводникового материала.

В настоящее время начинают появляться светодиоды на основе органического материала, но на сегодняшний момент используются традиционные полупроводниковые соединения и материалы, например таких, как нитрид галлия (GaN).

Не так давно японские ученые получили синий светодиод, который в комбинации с зеленым и красным позволит создать яркие и энергоэффективные светодиодные источники белого света.

Основные преимущества диодных ламп заключаются в следующем:

- Низкое энергопотребление (экономия электроэнергии).

Использование светодиодных ламп позволяет существенно экономить электроэнергию. Они потребляют на 50—70 % меньше электроэнергии, чем лампы накаливания или люминесцентные лампы.

- Долгий срок службы.

Срок службы светодиодных может составлять до 50 000 часов эксплуатации. Например, если использовать свет 24 часа в сутки, то лампа проработает 5,5 лет.

- Высокая надежность, стойкость к механическим воздействиям.

Корпус светодиодной лампы изготавливается из алюминия и пластика, который прочнее обычного стекла, используемого в люминесцентных лампах и лампах накаливания. Благодаря отсутствию стеклянных деталей и нитей накаливания светодиоды устойчивы к ударам, вибрациям и являются пожаробезопасными источниками света. Высокий уровень безопасности обеспечивается малым тепловыделением и низким питающим напряжением.

- Отсутствие стробоскопического эффекта (пульсации).

Лампы накаливания и люминесцентные лампы работают на переменном токе, что создает мерцание (порядка 100 вспышек в секунду). Диодные же лампы работают на постоянном токе, что не наносит вреда зрению. Также они обладают безинерционностью, то есть им не нужно время на разогрев и они дают сразу 100 % света.

- Экологически безопасны.

Не требуют специальных условий по обслуживанию и утилизации так как не содержат никаких опасных, вредных или ядовитых веществ.

- Отсутствие ультрафиолетового и инфракрасного излучения.

Люминесцентные, энергосберегающие лампы и лампы накаливания, в отличие от светодиодных, генерируют ультрафиолетовое излучение, которое привлекает насекомых. Также отсутствие УФИ позволяет любой цвет и оттенок излучения.

- Различное рабочее напряжение.

В случае падения напряжения в сети обычные лампы перестают работать, светодиодные же могут работать в диапазоне от 80 до 230 вольт.

- Работа при низких температурах.

Благодаря полупроводниковой природе светодиодов их яркость обратно пропорциональна температуре окружающей среды, что делает актуальным их применение в нашей стране. Светодиоды работают при температуре от  $-50$  до  $+60$  °С.

- Высокая светоотдача.

Для сравнения: простая лампа накаливания дает до 10 люмен на 1 ватт, светодиоды же дают 50 люмен и выше. Сверхяркие светодиоды можно использовать для освещения.

- Экономичны.

Потребляемый лампами ДРЛ и ДНаТ ток составляет 2.1—2.2 А, потребляемый же ток светодиодного светильника составляет 0.7—1.1 А, ток зависит от режима работы. Таким образом, светодиодные светильники при техническом обслуживании и при монтаже уличных систем экономичнее за счет использования кабеля меньшего сечения.

Недостатки светодиодов.

- Самый главный недостаток — стоимость. Если сравнивать с люминесцентными лампами и лампами накаливания, то она порядок выше их стоимости на порядок. Для того, чтобы окупить такую лампу понадобится от 3 до 5 лет.

- Следующим недостатком является необходимость отвода тепла. В отличие от традиционных источников света, светодиоды не излучают тепло, а отдают его от р-п-перехода к расположенному на корпусе теплоотводу. Использование мощных светодиодов связано с потенциальной возможностью чрезмерного увеличения температуры перехода, от которой напрямую зависят световые характеристики и надежность устройств. Повышение температуры перехода приводит к снижению яркости свечения и смещению рабочей длины

волны светодиода, а при недостатке теплоотвода — к деградации структуры кристалла (испарение кристалла).

- Миниатюрность светодиода не всегда является достоинством. Для создания светильников, применяемых для наружного освещения, необходимо поместить в корпус от 50 и более светодиодов, обладающих малой единичной мощностью. Такие светильники обладают сильным слепящим эффектом, и так как светодиоды являются практически точечным источником света они могут повредить сетчатку глаза.

### **Список литературы:**

1. Горшенков А.А. Основы технологии и проектирования радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие // А.А. Горшенков, 2012. — 273 с.
2. Островский М.А. Светотехника за рубежом: учеб. пособие. М.: Информстандартэлектро, 1976. — 326 с.
3. Сысуев И.А. Оптическое излучение. Свойства, характеристики, генерация, 2013. — 185 с.



## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА И ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЗАРЯЖЕННОГО ЦИЛИНДРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ FLEX PDE**

*Замула Каролина Юрьевна*

*Бузько Сергей Александрович*

*Чабханов Ахмед Хаважевич*

*студенты 3 курса, кафедра электроснабжение промышленных предприятий*

*ОмГТУ,*

*РФ, г. Омск*

*E-mail: [karolina787@mail.ru](mailto:karolina787@mail.ru)*

*Калимуллин Алик Талгатович*

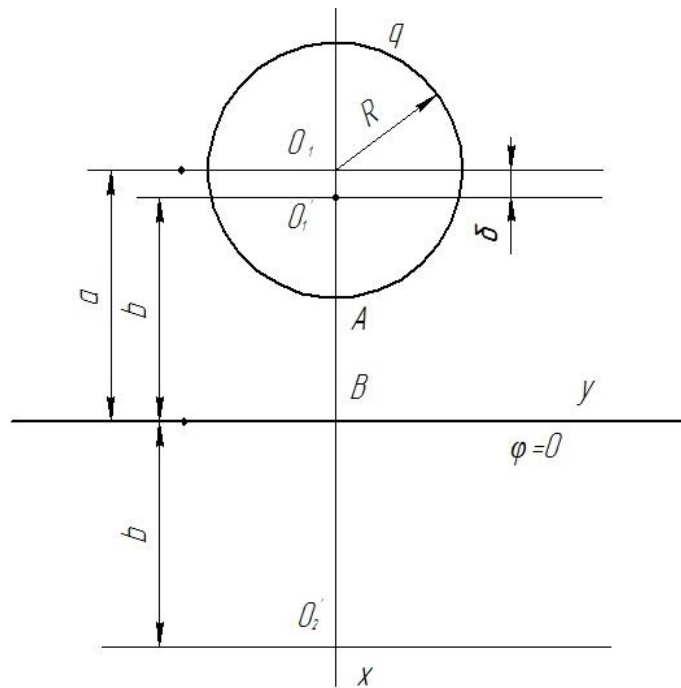
*научный руководитель, ассистент, каф. ЭСПП ОмГТУ,*

*РФ, г. Омск*

*E-mail: [kat-190391@mail.ru](mailto:kat-190391@mail.ru)*

Программа конечно-элементного анализа FlexPDE необходима для решения многочисленных задач. FlexPDE решает задачи линейной и нелинейной магнитостатики, магнитного поля переменных токов, растекания токов, стационарной и нестационарной теплопередачи, задачи электростатики. Этот универсальный математический пакет осуществляет операции для преобразования системы дифференциальных уравнений в частных производных, находит решение и представляет его в виде графиков.

Итак, поставим задачу — для рисунка 1 исследовать распределение заряда и электростатического поля заряженного цилиндра с использованием программы Flex PDE.



*Рисунок 1. Исходная схема*

**Код программы:**

TITLE '123'

VARIABLES Fi

DEFINITIONS

eps0 = 8.854188e-12

EpsS=1.5

a=4.5e-2

R=2e-2

E = -grad(Fi)

Em= magnitude(E)

D = eps0\*E

Dm= magnitude(D)

Dtan =tangential(D)

EQUATIONS

div(D) = 0 { PDE's, one for each variable }

BOUNDARIES { The domain definition }

region 1

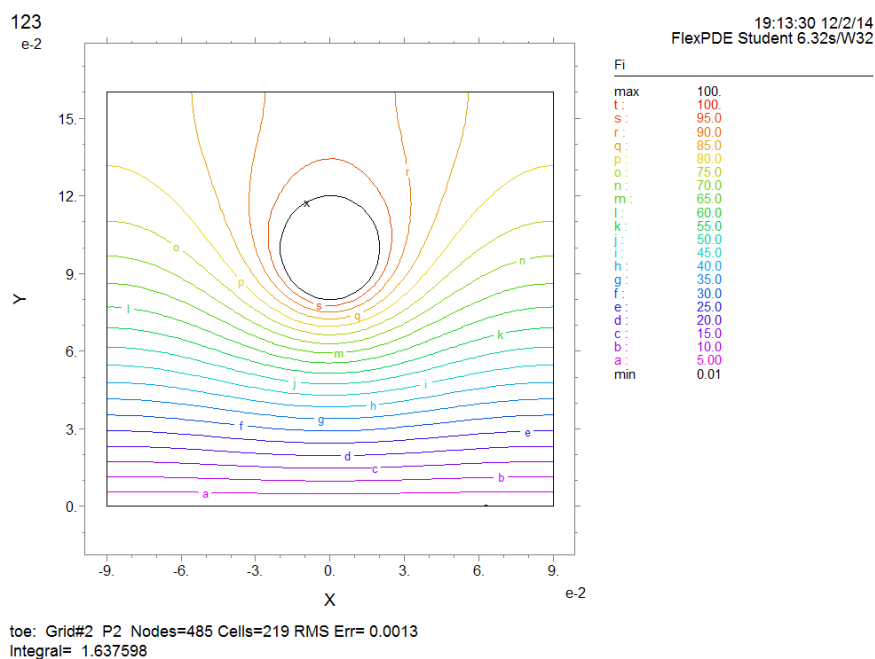
```

start(-a*2,0) natural(Fi)=0 line TO (-2*a,8*R) natural(Fi)=0 line TO
(2*a,8*R)natural(Fi)=0 line TO (2*a,0) natural(Fi)=1000 line TO close
start 'q' (-R*0.1,6*R) value(Fi)=100 arc( center 0,5*R) angle 360
Start 'PLATE' (-2*a,0) value(Fi)=0.01 line to (2*a,0)

plots
contour(Fi)
Contour(D)
vector(D) norm
elevation(normal(D)) on 'q'
elevation(normal(D)) on 'PLATE'
end

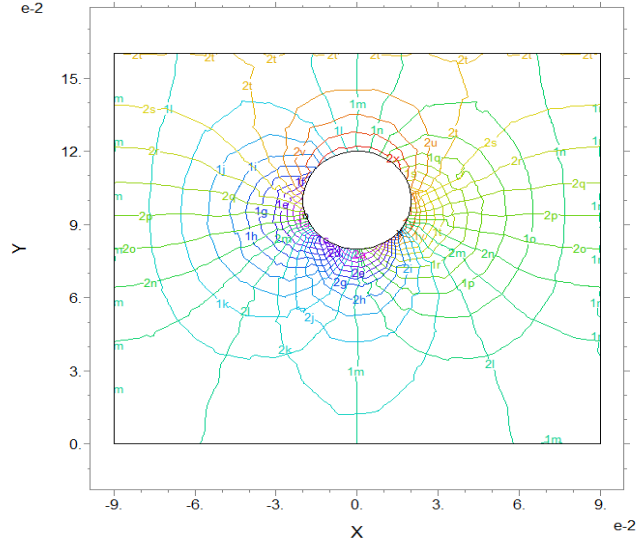
```

Результаты расчетов.



**Рисунок 2. Картина распределения линий потенциала**

123  
e-2



19:13:30 12/2/14  
FlexPDE Student 6.32s/W32

D

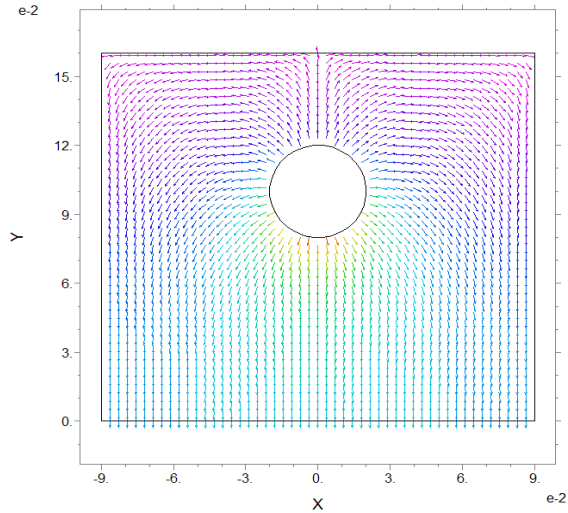
max	1.39	max	0.47
1z :	1.30	2k :	0.40
1y :	1.20	2w :	0.30
1x :	1.10	2v :	0.20
1w :	1.00	2u :	0.10
1v :	0.90	2t :	0.00
1u :	0.80	2s :	-0.10
1t :	0.70	2r :	-0.20
1s :	0.60	2q :	-0.30
1r :	0.50	2p :	-0.40
1q :	0.40	2o :	-0.50
1p :	0.30	2n :	-0.60
1o :	0.20	2m :	-0.70
1n :	0.10	2l :	-0.80
1m :	0.00	2k :	-0.90
1l :	-0.10	2j :	-1.00
1k :	-0.20	2i :	-1.10
1j :	-0.30	2h :	-1.20
1i :	-0.40	2g :	-1.30
1h :	-0.50	2f :	-1.40
1g :	-0.60	2e :	-1.50
1f :	-0.70	2d :	-1.60
1e :	-0.80	2c :	-1.70
1d :	-0.90	2b :	-1.80
1c :	-1.00	2a :	-1.90
1b :	-1.10	min	-1.97
1a :	-1.20		
min	-1.29	Scale = E-8	

Scale = E-8

toe: Grid#2 P2 Nodes=485 Cells=219 RMS Err= 0.0013  
Integral(1)= 9.598678e-14 Integral(2)= -1.386394e-10

**Рисунок 3. Картина распределения линий эл. смещения**

123  
e-2



19:13:30 12/2/14  
FlexPDE Student 6.32s/W32

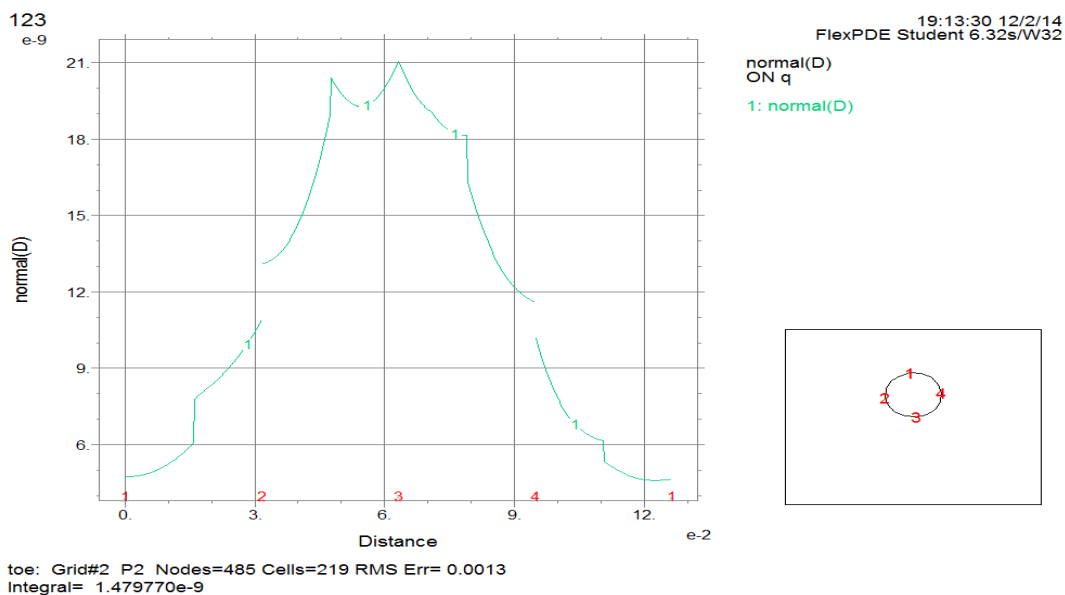
D

max	1.97
	2.00
	1.90
	1.80
	1.70
	1.60
	1.50
	1.40
	1.30
	1.20
	1.10
	1.00
	0.90
	0.80
	0.70
	0.60
	0.50
	0.40
	0.30
	0.20
	0.10
	0.00
min	0.00

Scale = E-8

toe: Grid#2 P2 Nodes=485 Cells=219 RMS Err= 0.0013

**Рисунок 4. Линии вектора электрического смещения**



***Рисунок 5. Картина распределения заряда по поверхности***

Таким образом, в ходе решения задачи мы выяснили, что FlexPDE позволяет в полной мере производить исследование распределения заряда и электростатического поля заряженных поверхностей.

### **Список литературы:**

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник, М.: Гардарики, 2001 — 638 с.
2. Данилов С.В. Ярош Э.М. Электростатика: методические указания по решению задач, изд-во ОмПИ, 1988 — 32 с.
3. Лепетаев А.Н., Косых А.В. Расчет и моделирование физических полей с использованием программы FlexPDE: учебное пособие, изд-во ОмГТУ, 2013 — 135 с.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗНЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ НЕСИММЕТРИЧНОГО УЧАСТКА ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ МЕТОДОМ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ

*Лесков Иван Алексеевич*

*Троценко Владислав Михайлович*

*Темников Евгений Александрович*

*студенты 3 курса, энергетического факультета,  
Омского государственного технического университета,*

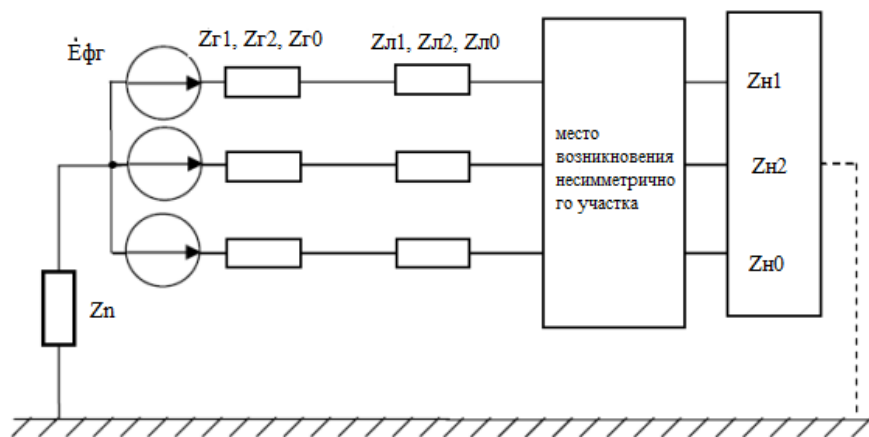
*РФ, г. Омск*

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

Трёхфазная система электроснабжения — один из случаев многофазных систем электрических цепей, в которых действуют созданные одним источником синусоидальные ЭДС с одинаковой частотой, сдвинутые относительно друга во времени на определённый фазовый угол. В трёхфазной системе этот угол равен  $120^\circ$  [2].

Симметричный трехфазный источник питания можно представить в виде трех однофазных источников, работающих на одной частоте с одинаковым напряжением и имеющих временной угол сдвига. Эти источники могут соединяться звездой или треугольником [1].

Симметричная трехфазная цепь питается от трехфазного генератора с симметричной системой ЭДС, фазные обмотки которого соединяются в звезду, что показано на рисунке 1 [3]. В результате короткого замыкания фаз В и С на землю, в цепи возникает поперечный или продольный несимметричный участок.



**Рисунок 1. Трехфазная цепь**

В данной работе мы определим методом симметричных составляющих фазные токи  $I_a, I_b, I_c$ , и фазные напряжения  $U_a, U_b, U_c$ , несимметричного участка и построим векторные диаграммы найденных фазных токов и напряжений и их симметричных составляющих.


Метод симметричных составляющих — специальный метод расчета трехфазных цепей, который используется для расчета несимметричных режимов работы трехфазных система. Он основан на представлении несимметричной трехфазной системы в виде суммы трех составляющих, которые называются симметричные составляющие. Различают составляющие прямой, обратной и нулевой последовательности.

Составляющие обратной последовательности будут возникать при появлении в системе любой несимметрии: короткого замыкания, обрыва фазы, несимметрии нагрузки.

Составляющие нулевой последовательности возникают при замыканиях на землю (одно- и двухфазных) или при обрыве фаз (одной или двух). В случае междуфазного замыкания составляющие нулевой последовательности(токи и напряжения) равны нулю.

Для проведения расчетов примем за основу следующие исходные данные:

Исходные данные

Схема соединения нагрузки	Генератор			Линия			Нагрузка			$E_{\phi 2}, \text{В}$	$Z_N = R_N, \text{Ом}$
	$Z_{Г1}, \text{Ом}$	$Z_{Г2}, \text{Ом}$	$Z_{Г3}, \text{Ом}$	$Z_{Л1}, \text{Ом}$	$Z_{Л2}, \text{Ом}$	$Z_{Л3}, \text{Ом}$	$Z_{Н1}, \text{Ом}$	$Z_{Н2}, \text{Ом}$	$Z_{Н3}, \text{Ом}$		
	$J24$	$J19$	$J9$	$5+j5$	$3+j4$	$1+j3$	$40+j30$	$50+j40$	$25+j5$	$380$	$9$

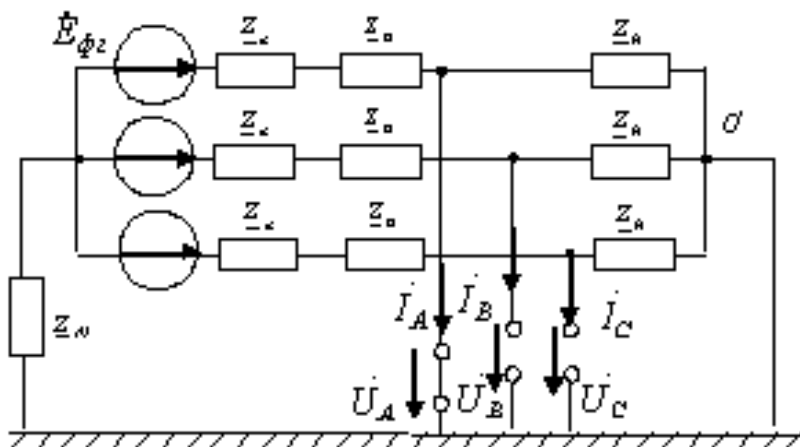


Рисунок 2. Трехфазная цепь с коротким замыканием фаз В и С на землю

Для решения, составим схемы замещения и преобразуем их.

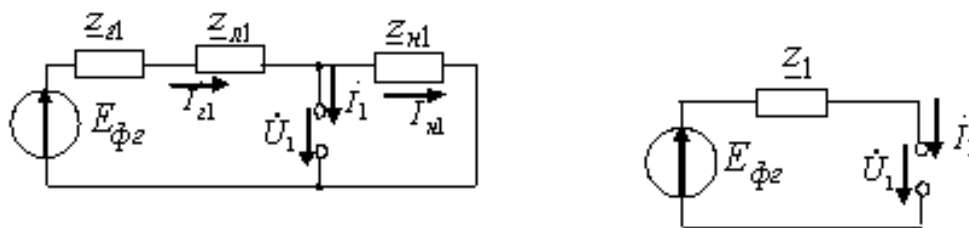


Рисунок 3. Схема прямой последовательности

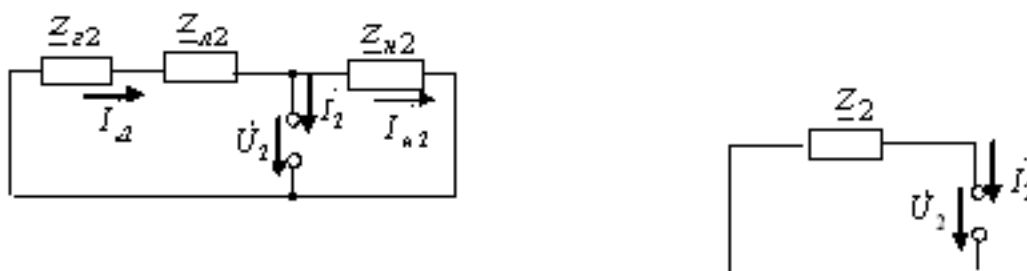
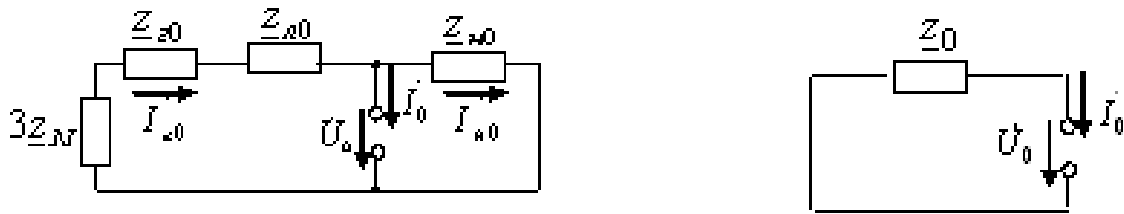


Рисунок 4. Схема обратной последовательности





**Рисунок 5. Схема нулевой последовательности**

Рассчитаем эквивалентные сопротивления:

$$Z1 = \frac{(Zz1 + Zл1) \cdot (Zн1 \cdot Zн0)}{Zz1 + Zн1 + Zл1 + Zн2 + Zн0} = 10,374 + j236,009, \quad (1)$$

$$Z2 = \frac{(Zz2 + Zл2) \cdot (Zн2 \cdot Zн1)}{Zz2 + Zн2 + Zл2 + Zн1 + Zн0} = -230,177 + j425,91, \quad (2)$$

$$Z0 = \frac{(Zz0 + Zл0) \cdot (Zн0 \cdot Zн2)}{Zz0 + Zн0 + Zл0 + Zн1 + Zн2} = -19,655 + j134,138, \quad (3)$$

Составим систему уравнений по законам Кирхгофа по условию в месте короткого замыкания:  $I_a = 0$ ,  $U_B = 0$ ,  $U_C = 0$ .

$$\begin{aligned} Z1 \cdot I1 + U1 &= E_{\Sigma 1}, \\ Z2 \cdot I2 + U2 &= 0, \\ Z0 \cdot I0 + U0 &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} a^2 \cdot U1 + a \cdot U2 + U0 &= 0, \\ a \cdot U1 + a^2 \cdot U2 + U0 &= 0, \\ I1 + I2 + I0 &= 0, \end{aligned} \quad (5)$$

Решим данную систему:

$$a = \begin{pmatrix} Z1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & Z2 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & Z0 & 0 & 0 & 1 \\ a^2 & a & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a & a^2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$B = \begin{pmatrix} E_{\Delta 1} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (7)$$

$$IU = a^{-1} \cdot B, \quad (8)$$

$$IU = \begin{pmatrix} -0,166 - j0,26 \\ -0,166 - j0,26 \\ -0,166 - j0,26 \\ 186,82 - j27,911 \\ -148,731 + j10,792 \\ -38,088 + j17,119 \end{pmatrix}, \quad (9)$$

Найдем симметричные составляющие токов и напряжений в месте короткого замыкания:

$$\begin{aligned} I1 &= IU1, \\ I2 &= IU2, \\ I0 &= IU3, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} U1 &= IU4, \\ U2 &= IU5, \\ U0 &= IU6, \end{aligned} \quad (11)$$

$$I1 = I2 = I0 = -0,166 - j0,26, \quad (12)$$

$$\begin{aligned} U1 &= 186,82 - j27,911, \\ U2 &= -148,731 + j10,792, \\ U0 &= -38,088 + j17,119, \end{aligned} \quad (13)$$

$$|I1| = |I2| = |I0| = 0,308, \quad (14)$$

$$\begin{aligned} |U1| &= 188,893, \\ |U2| &= 149,122, \\ |U0| &= 41,759, \end{aligned} \quad (15)$$

Определим токи и напряжения в месте короткого замыкания с помощью матрицы Фортескью:

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{pmatrix}, \quad (16)$$

$$I_s = \begin{pmatrix} I1 \\ I2 \\ I0 \end{pmatrix}, \quad (17)$$

$$U_s = \begin{pmatrix} U1 \\ U2 \\ U0 \end{pmatrix}, \quad (18)$$

Токи в месте короткого замыкания:

$$I_{кз} = F \cdot I_s, \quad (19)$$

$$I_{кз} = \begin{pmatrix} -0,497 - j0,779 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (20)$$

$$\begin{aligned} |Ia| &= 0,924, \\ |Ib| &= 0, \\ |Ic| &= 0, \end{aligned} \quad (21)$$

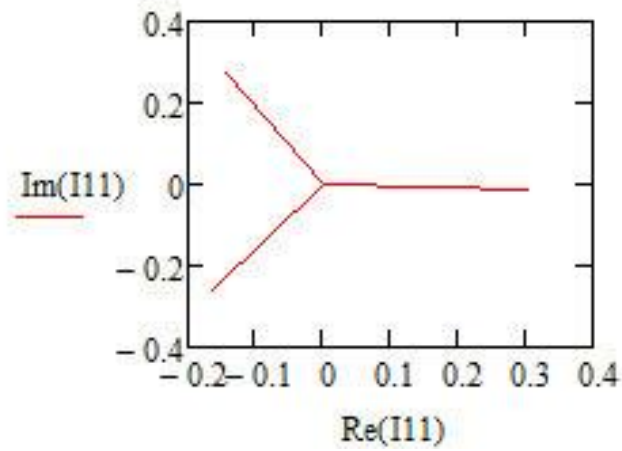
Напряжения в месте короткого замыкания:

$$U_{кз} = F \cdot U_s, \quad (22)$$

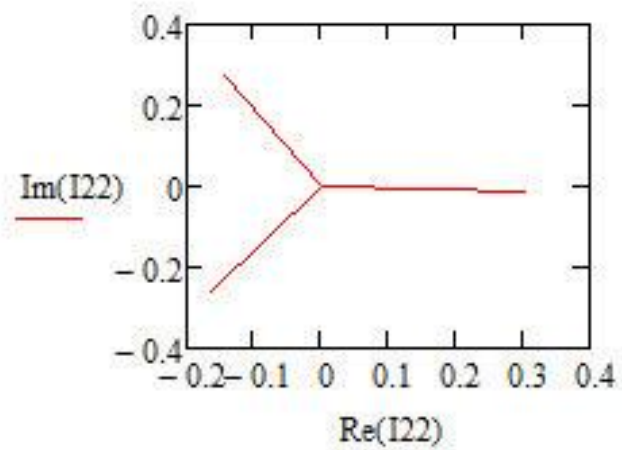
$$U_{кз} = \begin{pmatrix} 0 \\ -90,65 - j264,917 \\ -23,615 + j316,275 \end{pmatrix}, \quad (23)$$

$$\begin{aligned} |Ua| &= 0, \\ |Ub| &= 279,997, \\ |Uc| &= 317,155, \end{aligned} \quad (24)$$

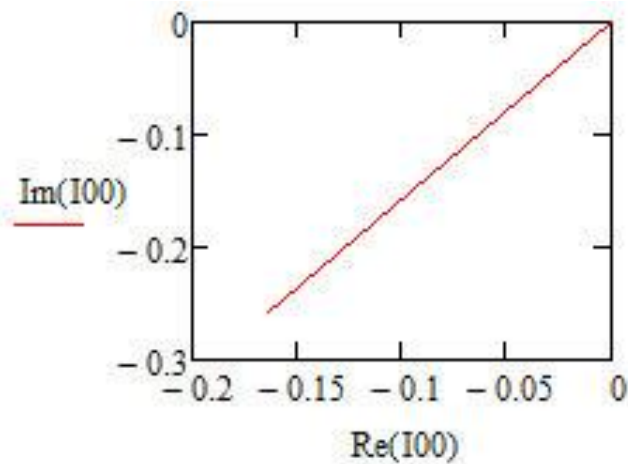
Далее построим векторные диаграммы симметричных составляющих тока и напряжения.



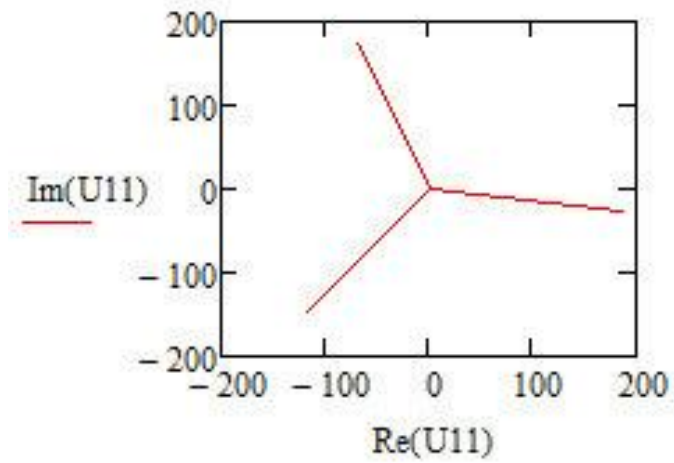
*Рисунок 6. Прямая последовательность тока*



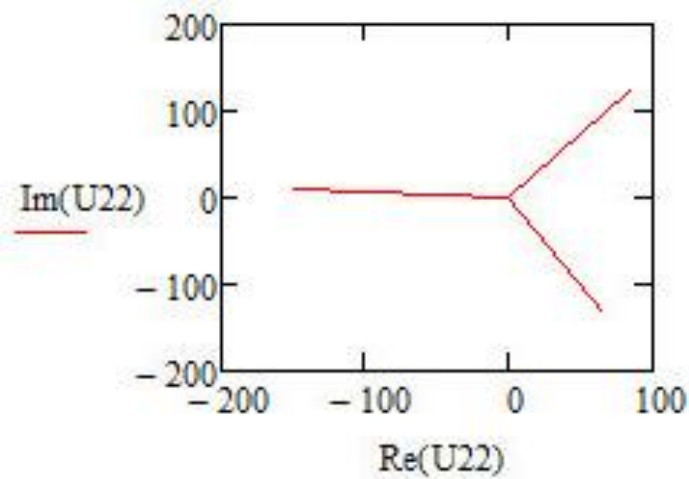
*Рисунок 7. Обратная последовательность тока*



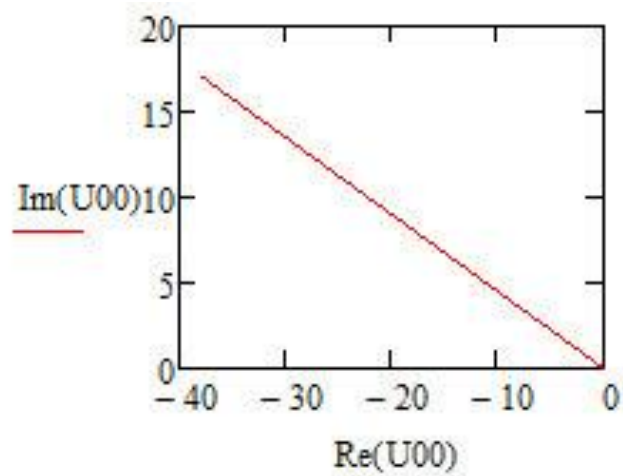
*Рисунок 8. Нулевая последовательность тока*



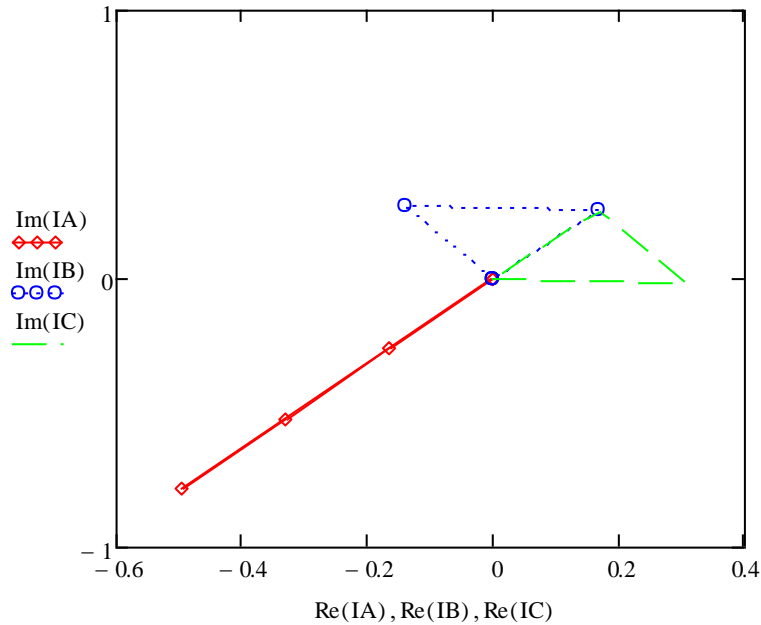
*Рисунок 9. Прямая последовательность напряжения*



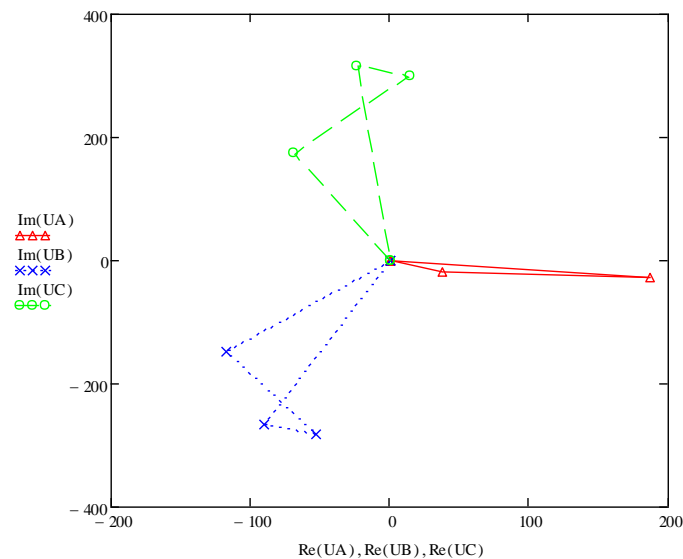
*Рисунок 10. Обратная последовательность напряжения*



*Рисунок 11. Нулевая последовательность напряжения*



**Рисунок 12. Векторная диаграмма токов в месте короткого замыкания**



**Рисунок 13. Векторная диаграмма напряжений в месте короткого замыкания**

В заключение можно сказать, что мы методом симметричных составляющих определили фазные токи  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  и фазные напряжения  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  несимметричного участка и построили векторные диаграммы найденных фазных токов и напряжений и их симметричных составляющих. Найденные по формулам значения токов и напряжений полностью совпадают с начальными условиями, что доказывает, что решение верное.

## Список литературы:

1. Расчет трехфазных цепей. / [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/780-raschjot-trjokhfaznykh-serej.html> (дата обращения: 28.11.2014).
2. Симметричные и несимметричные трехфазные цепи. / [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625b3ad78a4c53b89521216c27\\_0.html](http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65625b3ad78a4c53b89521216c27_0.html) (дата обращения: 28.11.2014).
3. Ушакова Н. Метод симметричных составляющих: Методические указания к самостоятельному изучению раздела курса ТОЭ и к выполнению расчетно-графического задания. / Н.Ю. Ушакова // Л.В. Быковская. 2010. — С. 14—17.

## СЕКЦИЯ 12. ЭНЕРГЕТИКА

### КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДУГОГАСЯЩИХ РЕАКТОРОВ

***Батурина Екатерина Александровна***

*студент 2 курса, кафедра электроснабжения промышленных предприятий  
ОмГТУ,*

*РФ, г. Омск*

*E-mail: [katyonok2203.com@rambler.ru](mailto:katyonok2203.com@rambler.ru)*

***Сикорский Сергей Петрович***

*студент 2 курса, кафедра электроснабжения промышленных предприятий  
ОмГТУ,*

*РФ, г. Омск*

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

***Мохова Дарья Владимировна***

*магистрант 2 курса, кафедра электроснабжения промышленных предприятий  
ОмГТУ,*

*РФ, г. Омск*

*E-mail: [dvm\\_1982@mail.ru](mailto:dvm_1982@mail.ru)*

***Лютаревич Александр Геннадьевич***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ОмГТУ,  
РФ, г. Омск*

В соответствии с ПУЭ [10] сети 35 кВ относятся к сетям с малыми токами замыкания на землю и должны работать с изолированной, или с заземленной через дугогасящий реактор нейтралью. Опыт эксплуатации показывает, что большинство нарушений нормального режима работы сетей связано с однофазным замыканием на землю. Имеется возможность не отключать потребителей при однофазном замыкании на землю в течение некоторого времени, необходимого для поиска и устранения повреждения [8; 9], однако, при этом необходимо, чтобы ток в месте повреждения был настолько мал, чтобы было обеспечено его самогашение или переход в устойчивое состояние горения дуги с малой вероятностью перехода в межфазные замыкания. В сетях



с большими значениями емкостных токов замыкания на землю [8] должны устанавливаться дугогасящие реакторы (ДГР).

**Дугогасящие реакторы, регулируемые без напряжения.** Известны реакторы, регулируемые пересоединением зажимов ответвлений обмотки. Обмотка этого ДГР, кроме основного, имеет несколько ответвлений, выведенных через проходные изоляторы на крышку бака, одно из которых заземляется с помощью гибкой шины. Однако опыт эксплуатации данного типа реакторов выявил ряд недостатков, поэтому они могут использоваться только в качестве базовых [11].

Реакторы данного типа, выпускаемые серийно для сетей напряжением до 35 кВ включительно, имеют основную и регулировочные обмотки, разделенные на две половины, расположенные на двухстержневом магнитопроводе. Устройство переключения без напряжения барабанного типа обеспечивает пять ступеней переключения при глубине регулирования равной двум. Управление устройством ПБН выполняется на отключенном от сети реакторе вручную с помощью переключателя, выведенного на крышу бака.

Кроме того, реакторы данного типа имеют практически линейную вольт-амперную характеристику при увеличении напряжения до  $1,1 U_{ном}$ . Высшие гармоники в токе реактора отсутствуют. Активные потери реактора не превышают 2,5 % номинальной мощности. Для реакторов с максимальным током более 50 А остаточный ток превышает 5 А. Технология изготовления дугогасящих реакторов, регулируемых без напряжения, разработана сравнительно давно и полностью отвечает требованиям серийного производства. Однако способ регулирования с отключением напряжения не отвечает современным принципам построения систем электроснабжения, и ограничивает применение данных дугогасящих реакторов в распределительных сетях.

**Дугогасящие реакторы с фазоуправляемым коммутатором.** Работы, посвященные регулированию переменного тока изменением момента включения индуктивности в цепь в каждом полупериоде приложенного напряжения, известны давно [1]. Однако реализация данного способа стала

возможной лишь в последнее десятилетие, с появлением полностью управляемых силовых полупроводниковых элементов (тиристоров) большой мощности.

Структурная схема дугогасящего реактора с фазоуправляемым коммутатором состоит из нерегулируемого реактора и включенного последовательно с ним тиристорного коммутатора. При изменении угла включения тиристоров в диапазонах от 90 до 180 и от 270 до 360 эл. град, среднее значение тока реактора регулируется от максимального значения до нуля. Быстродействие реактора определяется величиной порядка полупериода напряжения промышленной частоты (0,01 с).

Дугогасящие реакторы данного типа удовлетворяет большинству требований, однако его применение для компенсации емкостных токов должно быть обосновано, т. к. периодическая коммутация мощного реактора может вызывать помехи в сети. Кроме того, сложные алгоритмы работы системы управления из-за наличия квазистационарного переходного процесса в контуре нулевой последовательности сети, также ограничивают применение дугогасящих реакторов с фазоуправляемым коммутатором.

**Дугогасящие реакторы с переключением ответвлений обмотки под напряжением.** Данные реакторы регулируются устройствами РПН электромеханического типа. Однако, в силу невысокой надежности этих устройств данный тип реакторов не получил в свое время широкого распространения в системах электроснабжения.

Дугогасящие реакторы с переключением ответвлений обмотки под напряжением необходимы, прежде всего, для настройки компенсации в режиме однофазного замыкания на землю, когда требуются высокие быстродействие и качество регулирования. И появление в последние годы быстродействующей коммутационной аппаратуры, в том числе тиристоров, позволило расширить область применения данного типа реакторов.

**Дугогасящие реакторы с регулируемым зазором магнитопровода (плунжерные).** В различных энергосистемах такие реакторы представлены

несколькими модификациями. По конструированию и инженерной методике расчета этих реакторов имеется достаточно работ [2].

Магнитная система дугогасящих реакторов с регулируемым зазором магнитопровода выполнена в виде двух цилиндрических сердечников, между которыми находится изменяемый зазор.

Магнитный поток замыкается по сердечникам, зазору и ярмам, симметрично расположенным вокруг сердечника. Реактор имеет основную обмотку без ответвлений, измерительную обмотку на напряжение 100 В и дополнительную силовую обмотку, рассчитанную на 20 % мощности, потребляемой в течение 1 мин. (дополнительная обмотка предназначена для кратковременного наложения активного тока с целью выявления отходящего фидера с замыканием на землю) [11].

Немагнитный зазор регулируется автоматически электроприводом при номинальном напряжении реактора в соответствии с алгоритмом управления. В системе управления электроприводом предусмотрена блокировка, ограничивающая диапазон регулирования, и указатель значения тока реактора. Несколько десятилетий назад наличие регулируемого зазора и электромеханического привода снижало надежность работы реакторов данного типа, и в эксплуатации известны случаи заклинивания подвижных сердечников, которые приводили к аварийному выходу ДГР из строя [3]. Кроме того, большие динамические усилия в зазоре могли вызвать вибрации, что, в свою очередь, отрицательно сказывалось на работе электропривода. Однако в последние годы развитие теории электропривода, использование материалов с улучшенными характеристиками, а также применение новых принципов управления позволило повысить надежность дугогасящих реакторов с регулируемым зазором магнитопровода и расширить область их применения.

**Дугогасящие реакторы с подмагничиванием магнитопровода.** К данному типу реактора относят реактор, параметры которого изменяются с помощью подмагничивания. В зависимости от вида подмагничивания

различают управляемые реакторы с продольным, поперечным и кольцевым подмагничиванием.

Интерес со стороны разработчиков к управляемым ДГР объясняется прежде всего надежностью и простотой регулирования. Другим важным свойством дугогасящих реакторов с подмагничиванием является их сравнительно высокое быстродействие, что позволяет повысить эффективность систем компенсации в режиме замыкания на землю.

Дугогасящие реакторы с подмагничиванием магнитопровода состоят из двух основных функциональных блоков: электромагнитной части и тиристорного преобразователя. Кроме того, данный тип реакторов имеет систему управления.

Дугогасящий реактор работает следующим образом. Пока мгновенное значение напряжения нулевой последовательности на вторичной обмотке трансформатора напряжения не достигло критического значения, система управления воспринимает это как нормальный режим работы сети. В этом режиме системой управления генерируются в сеть импульсы тока длительностью порядка 1 мс. Информация, полученная при измерении емкости сети, используется системой управления для выработки двух типов командных сигналов. Один из них задает и поддерживает неограниченно долго требуемую, для точной резонансной настройки с емкостью сети проводимость реактора. Второй обеспечивает смещение рабочей точки магнитных потоков в стержнях реактора в такое положение, при котором свободные составляющие переходного процесса в реакторе будут равны нулю, и при возникновении замыкания на землю в нем сразу же возникает установившийся режим, соответствующий точной настройке реактора на режим компенсации тока дуги. Командные сигналы: первого типа воздействуют на тиристоры преобразователя реактора, второго – на его магнитную систему [5].

### **Сравнительная оценка различных типов управляемых реакторов**

Реакторы со ступенчатым регулированием устройством регулирования без напряжения и пересоединением зажимов обмотки являются морально

устаревшими. Их технические и эксплуатационные характеристики неудовлетворительны. Реакторы подобного типа могут использоваться только в качестве нерегулируемых.

Производство реакторов с фазоуправляемым коммутатором не представляет технологических трудностей. Однако высокий уровень высших гармонических составляющих в токе реактора ограничивает область их применения. Таким образом, использование этого типа реакторов для локализации дуговых кратковременных замыканий нецелесообразно.

Производство дугогасящих реакторы с переключением ответвлений обмотки под напряжением полностью соответствует традиционной технологии реакторостроения. Технические характеристики реакторов данного типа полностью соответствуют предъявляемым требованиям. Применение схем автоматического переключения ответвлений позволит обеспечить высокую скорость настройки компенсации в режиме однофазного замыкания на землю. Выпуск ступенчато-регулируемых реакторов с современными устройствами РПН позволит наиболее экономичным путем повысить эффективность компенсации емкостных токов однофазных замыканий на землю и обеспечить высокую надежность электроснабжения потребителей.

Управляемые реакторы с подмагничиванием магнитопровода также имеют удовлетворительные эксплуатационные и технические характеристики при обязательном наличии автоматического регулятора, без которого применение этих реакторов не эффективно. Однако чтобы снизить уровень высших гармонических составляющих тока, генерируемых в сеть, необходимо применение относительно дорогих фильтров. Помимо фильтров применяют специальные схемы соединения обмоток, «расщепление» магнитопровода, специальные режимы намагничивания, немагнитные зазоры на пути рабочего потока в магнитопроводе и т. п. [4].

Также к недостаткам дугогасящих реакторов с подмагничиванием магнитопровода относится наличие постоянного расхода электроэнергии на подмагничивание. Принципиально подмагничивание можно включать

только в режиме замыкания на землю, отказавшись от предварительной настройки компенсации. В этом случае ухудшаются условия ликвидации кратковременных (менее полупериода) замыканий на землю.

Кроме того, практика эксплуатации дугогасящих реакторов с подмагничиванием показывает, что основной их проблемой является отсутствие правильно и надежно работающих систем автоматического управления [6]. На сегодняшний день ни одна из попыток создания автоматических систем управления ДГР с подмагничиванием не дала искомым результатов — были перепробованы различные принципы регулирования (амплитудный, фазовый, ШИМмодуляции, не промышленной частоты и т. п.). В то время как у дугогасящих реакторов с регулируемым зазором магнитопровода принципы автоматического управления остаются неизменными на протяжении последних десятилетий, изменяется только элементная база регуляторов. Результаты исследований [6] показали, что энергопредприятия постоянно сталкиваются с определенными трудностями в автоматическом управлении реакторами с подмагничиванием. Только четвертая часть обследованных реакторов с подмагничиванием постоянно работают в автоматическом режиме. На остальных реакторах с подмагничиванием автоматика или представлена в виде опытных образцов, которые до конца не введены в работу, или выведена эксплуатацией из работы по причине её частых сбоев.

Реакторы с регулируемым зазором магнитопровода технологически сложны в изготовлении, имеют эксплуатационную надежность с применением механизмов и узлов высокого качества изготовления и эффективной системой управления. Кроме того, реакторы данного типа отличаются точной настройкой на емкостный ток сети и широким диапазоном регулирования токов. Различные исследования [7] показывают, что за более чем 30 лет эксплуатации плунжерные реакторы являются надежным и неприхотливым в обслуживании оборудованием. Технические характеристики их полностью соответствуют требованиям системы настройки компенсации в нормальном режиме работы

сети, что делает их достаточно перспективными для регулирования в режиме однофазного замыкания.

### Список литературы:

1. Булгаков А.А. Новая теория управляемых выпрямителей. М.: Наука, 1970. — 320 с.
2. Бурак Н.В., Головчан В.Д. Обзор регулируемых заземляющих дугогасящих реакторов и основные требования к ним // Электроснабжение и автоматизация промышленных предприятий. Чебоксары: Чебокс. ун-т. 1976. — С. 3—11.
3. Вайнштейн Р.А., Головки С.И., Коломиец Н.В. Режимы работы нейтрали в электрических системах. Томск: Томский политехн. ин-т, 1981. — 79 с.
4. Долгополов А.Г. Управляемые дугогасящие и шунтирующие реакторы с предельным насыщением магнитной цепи для электрических сетей высокого напряжения: дис... д-ра тех. наук. Тольятти, 1999. — 262 с.
5. Дягилева С.В. Управляемые реакторы с самоподмагничиванием: дис... канд. тех. наук. М., 2010. — 117 с.
6. Кричко В., Миронов И. Особенности применения дугогасящих реакторов // Новости электротехники. 2007. № 1(43).
7. Кучеренко В., Сазонов В., Багаев Д. Дугогасящие реакторы в сетях 6–35 кВ. Опыт эксплуатации // Новости электротехники. 2007. № 3(45).
8. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Издание 15-е. М.: Энергоатомиздат, 1996. — 288 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Госэнергонадзор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2003. — 392 с.
10. Правила устройства электроустановок: 6-е и 7-е изд. с изм. и доп. М.: КНОРУС, 2007. — 487 с.
11. Сирота И.М. Режимы нейтрали электрических сетей / И.М. Сирота, С.Н. Кисленко, А.М. Михайлов. Киев: Наук. Думка, 1985. — 264 с.

## ОПАСНОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

*Коваленко Дмитрий Валерьевич*

*студент 5 курса, кафедра Электроснабжение промышленных предприятий  
ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [Dmitrii\\_Kovalenko92@mail.ru](mailto:Dmitrii_Kovalenko92@mail.ru)*

Мы, граждане Российской Федерации, начиная от больших начальников и заканчивая простыми рабочими, верим, что при покупке люминесцентной лампы сэкономим электричество, деньги и свои нервы (так как будем меньше платить за потребленную электроэнергию). Однако, каким бы не был современный человек, ему интересно (как потребителю), какого качества ему предлагается товар. Сегодня на рынке предлагается большое количество люминесцентных ламп, самых разнообразных форм, с разными «оттенками света» (в дальнейшем мы будем оперировать понятием «цветовая температура» — прим. авт.) в красивых упаковках, потому что фирмам — производителям хочется привлечь нас своей продукцией и получить прибыль от реализации товара. В итоге покупатель часто приобретает товар ненадлежащего качества. Но что же скрывается за этой упаковкой, и какую важную информацию скрывают производители люминесцентных ламп (ЛЛ) от рядового потребителя?

***К вопросу о качестве.*** В мире уже давно были разработаны системы сертификации, которые могут отразить качество продукта, такие как ISO, например. Но большинство компаний, существующих на рынке (даже несмотря на то, что они имеют соответствующую документацию) не пытаются соблюдать необходимые процедуры. Попробуем определить, на какие свойства товара следует обратить внимание покупателю. И первым таким свойством является цветовая температура. Свет, испускаемый ЛЛ, может колебаться в достаточно широких пределах — от «тепло-белого» (цветовая температура 2700 К) до «холодно-белого» (6400 К) [7]. Как известно, человеческий глаз привык к солнечному свету (цветовая температура 6500 К). Следовательно, любое



отклонение цветовой температуры в сторону уменьшения снижает работоспособность человека и создает дискомфорт восприятия.

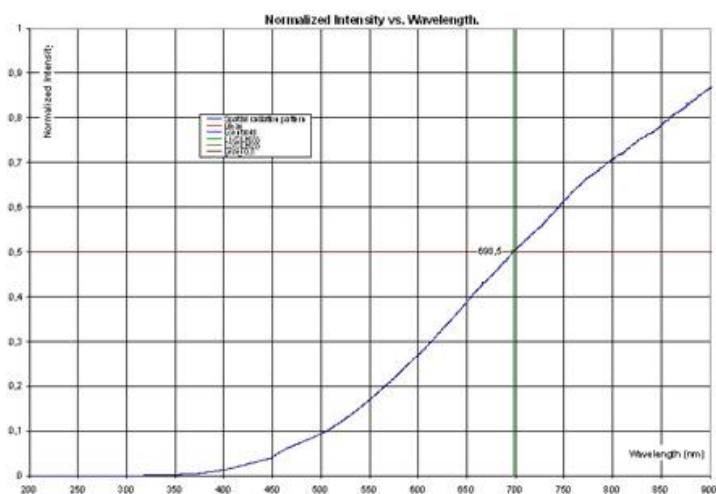
В настоящее время самыми распространенными источниками света являются: *лампы накаливания, линейные люминесцентные лампы и компактные люминесцентные лампы.*

*Лампы накаливания (ЛН).* Самый старый из представленных источников света. По мнению многих людей ЛН отживают свой век. Но как мы увидим в дальнейшем, «списывать» их пока еще рано.

*Компактная люминесцентная лампа (КЛЛ).* В настоящий момент они имеют U-образную и спиралеобразную форму. Они разрабатывались и внедрялись специально для замены ламп накаливания (имеют такой же цоколь и приблизительно такие же габаритные размеры).

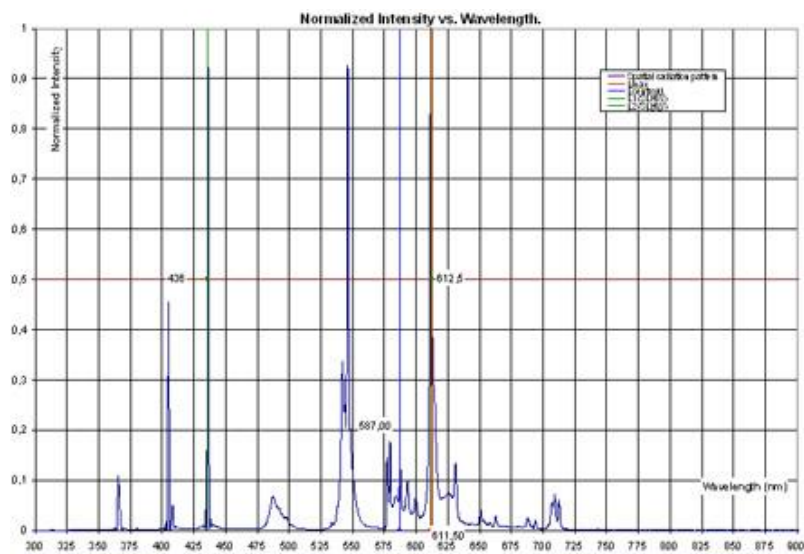
*Линейная люминесцентная лампа.* Является «дальней родственницей» КЛЛ, поэтому по характеристикам похожа на нее, однако является более экономичной по такому показателю, как светоотдача. Светоотдача — это, так называемый, «световой КПД» [8] (световой поток на единицу потребляемой электрической мощности, измеряемый в лм/Вт).

Вторым важным показателем является спектральное [3; 8] распределение. Но в подавляющем большинстве случаев его просто не указывают на упаковках, потому что этого никто не требует.



**Рисунок 1. График спектрального распределения светового потока лампы накаливания (ЛН) мощностью 100 Вт**

Из графика рис. 1 следует, что спектр распределения светового потока у ламп накаливания плавный, с отсутствием резких пиков и провалов. Он применим не только к ЛН, но также и к галогенным лампам, потому что у них такой же принцип действия (галогенные лампы отличаются от ЛН только тем, что в них закачивают галогенный газ. Это продляет срок службы лампы приблизительно в два раза. Секрет продления срока службы прост: газ предотвращает испарение частиц вольфрама.)



**Рисунок 2. График спектрального распределения светового потока компактной люминесцентной лампы (КЛЛ)**

На графике рис. 2 представлен спектр КЛЛ. Как мы видим, на нем выражена линейчатость: наблюдаются резкие пики и провалы. То есть, линейчатый спектр — это спектр, в котором могут отсутствовать некоторые длины волн. А свет есть не что иное, как волна (некоторые читатели могут упрекнуть меня, что я забыл упомянуть о двойственной природе света — «корпускулярно-волновом дуализме» [1] — рассмотрения света одновременно с двух позиций: как электромагнитная волна и как поток частиц). Видимая область спектра излучения достаточно мала (область с длинами волн 380—780 нм). Каждая из областей — это определенный цвет (известно, что белого света не существует как такового. Белый свет — это всего лишь наложение всех этих волн) [3]. Но, несмотря на это, именно эта область имеет большое

значение для жизни человека. Потому что около 90 % информации об окружающем мире мы получаем с помощью зрения.

Любое отклонение от естественного освещения вызывает дискомфорт восприятия предметов (в частности, их цветов). Например, человек будет смотреть на предмет, освещенный ЛЛ, и он будет казаться ему синим. При другом освещении этот же предмет будет более зеленоватым или желтоватым. Аналогичные явления могут происходить и с другими цветами в видимом диапазоне при освещении предметов люминесцентной лампой. Отсюда следует третий важный показатель — коэффициент цветопередачи Ra [7; 8]. Производители люминесцентных ламп заявляют о высоком значении этого коэффициента у своей продукции, но на самом деле это не более чем рекламный ход.

**Что «за кадром»?** Одной из главных опасностей ЛЛ является наличие ртути. Если такая лампа случайно разбилась, то нужно немедленно провести очистку помещения от ртутьсодержащих соединений, и проветрить помещение в течение нескольких часов. (Такие меры необходимы для того, чтобы избежать отравления парами ртути.) Кроме того, необходимо правильно утилизировать ЛЛ, иначе будет нанесен ущерб окружающей среде и здоровью людей (скопление ламп на свалках может привести к появлению ртути в почве и воде). Существуют также и другие опасности, которые могут принести вред здоровью населения.

Второй опасностью является излучение лампой ультрафиолетового (УФ) излучения в окружающую среду. Для объяснения этого факта рассмотрим принцип действия ЛЛ. Любая люминесцентная лампа (в нашем случае компактная, так как этот тип ЛЛ сейчас очень популярен) состоит из стеклянной трубки (в которой находится смесь инертного газа с парами ртути, а также электроды) и цоколя (в нем располагается пускорегулирующий аппарат — ПРА, который обеспечивает зажигание лампы). При прохождении электрического тока через электроды смесь (инертный газ и ртуть) начинает светиться невидимым глазу УФ-излучением. При помощи специального

состава (люминофора), нанесенного на внутреннюю поверхность трубки, оно преобразуется в видимое [3; 7]. Но не весь ультрафиолет преобразуется в видимое излучение, часть его проходит через стеклянную трубку в неизменном виде (при старении люминофора процент пропускания УФ-излучения увеличивается — это особенно актуально для некачественных ламп) [7]. Вредное воздействие солнечного ультрафиолета на кожу известно. Оно разрушает коллаген и эластин, вызывает старение и огрубление кожи, повышает рост раковых клеток. Как мы уже выяснили, стеклянная трубка лампы задерживает не весь ультрафиолет. При попадании на кожу человека он оказывает такое же влияние, как и солнечное УФ-излучение.

Известно исследование, проведенное британскими учеными [2], которое показало, что свет ЛЛ может быть причиной мигреней и вызывать приступы эпилепсии. Из-за ультрафиолетового излучения люминесцентных ламп у людей с чувствительной кожей могут появиться сыпь, экземы, псориаз и отеки. Особую опасность УФ-лучи представляют для нежной кожи младенцев.

**Секрет мерцания.** Третья опасность люминесцентной лампы — это пульсация (мерцание света, не воспринимаемое человеческим глазом). Она возникает из-за колебаний подаваемого напряжения на лампу. Пульсация очень опасна, так как наше зрение инертно, следовательно, при попадании на сетчатку глаза таких колебаний, они корректируются (воспринимаются ровным светом). При этом может возникнуть стробоскопический эффект [1] — вращающиеся объекты кажутся неподвижными. Кроме того, она отрицательно влияет на головной мозг, вызывает быструю утомляемость, напряжение в глазах, плохое самочувствие, головную боль. Этот эффект возможен при освещении помещений (или объектов) любыми разрядными источниками света, в том числе: люминесцентными лампами всех видов, дуговыми ртутными лампами (ДРЛ), натриевыми лампами высокого давления (НЛВД), металлогалогенными лампами (МГЛ). Также пульсация негативно влияет и на центральную нервную систему, причем в большей степени — непосредственно на нервные элементы коры головного мозга и фоторецепторные

элементы сетчатки [2; 7]. Заведующая отделением гигиены труда и врач по общей гигиене «Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Марий Эл» Белянина А.В. отмечает опасность люминесцентного освещения для зрительной работоспособности человека, особенно у учащихся, в первую очередь у школьников до 13—14 лет, когда их зрительная система еще формируется [7].

Технологии развивались, и на свет появились электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), снижающие пульсацию. В этих устройствах используется принцип преобразования колебаний промышленной частоты (50 Гц) в высокочастотные с частотой 35—60 кГц. Только ЭПРА способны сделать свет ровным, однако наш рынок буквально «завален» дешевыми китайскими лампами, качество которых вызывает сомнение. По российским санитарным нормам пульсация света не должна превышать 5 % [5; 6; 9]. А какая пульсация у дешевых китайских ламп, можно только догадываться, ведь проверить её можно только при наличии специального оборудования, которого нет у рядового россиянина. Лампа накаливания тоже имеет коэффициент пульсации, но из-за инерционности свечения раскаленной вольфрамовой нити она сглаживается, и не превышает установленные нормы [7]. Практически полностью проблема пульсации решена в светодиодных лампах — качественные светильники имеют коэффициент пульсации не более 1 % [7]. Главное преимущество светодиодных светильников — это отсутствие ртути, свинца и других вредных соединений. Для них не требуются специальные меры по утилизации [4]. Текшева Л.М., заведующая отделом нормирования и гигиенической экспертизы НИИ гигиены и охраны здоровья детей и подростков НЦЗД РАМН, проводила экспериментальное исследование [10] с участием добровольцев-волонтеров. Она сравнивала влияние люминесцентных и светодиодных светильников на психофизические показатели человека. Результаты эксперимента показали преимущество работы в условиях светодиодного освещения по сравнению с люминесцентным.

В заключение хотелось бы отметить, что воздействие их света вредно ещё и в том случае, когда человек занимается скрупулезной работой с высокой зрительной нагрузкой. Именно в подобных ситуациях особенно часто возникает ощущение дискомфорта, усталости. И это не пустые слова, потому что автор этой статьи сам попался «на удочку прогресса»: использовал КЛЛ в качестве лампы местного освещения (настольной лампы) долгие годы (с 1999 и до конца 2010 года). В результате такого «многолетнего использования» у автора очень сильно испортилось зрение (была прогрессирующая миопия высокой степени, после замены КЛЛ на лампу накаливания, зрение перестало «падать» и стабилизировалось).

### **Список литературы:**

1. Большой энциклопедический словарь. [Текст] / ред. А.М. Прохоров. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: СПб., 1998. — 1456 с.
2. Вредны ли люминесцентные лампы? [Текст] // Энергосовет. — 2010. — № 6(11). — С. 56—57.
3. Вязигин В.Л. Электрическое освещение. [Текст] / В.Л. Вязигин ОмГТУ. Омск, 2007. — 84 с.
4. Коваленко Д.В. Перспективность применения светодиодных светильников [Текст] / Д.В. Коваленко, Ю.О. Астапова, Т.В. Бубенчикова // Актуальные вопросы энергетики: межвуз. тематич. сб. науч. тр. / ОмГТУ. Омск, 2014. — С. 177—182.
5. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.1./2.2.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [Текст]; введ. 2003-06-15 (с измен. 2010-03-15). М., 2003. — 26 с.
6. Свод правил: СП 52.11330 Естественное и искусственное освещение [Текст]; введ. 2011-05-20. М., 2011. — 69 с.
7. Семенов В.Г. Энергосбережение и качество света [Текст] / В.Г. Семенов // Энергосовет. — 2012. — № 1(20). — С. 28—34.
8. Справочная книга по светотехнике [Текст] / ред. Ю.Б. Айзенберг, Л.П. Варфоломеев, В.Н. Степанов и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Знак, 2006. — 972 с.
9. Строительные нормы и правила: СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение [Текст]; введ. 1996-01-01.
10. Текшева Л.М. Сравнительная гигиеническая оценка условий освещения люминесцентными лампами и светодиодными источниками света в школах [Текст] / Л.М. Текшева // Светотехника. — 2012. — № 5. — С. 16—22.

# ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 110/35/6 КВ

*Лесков Иван Алексеевич*

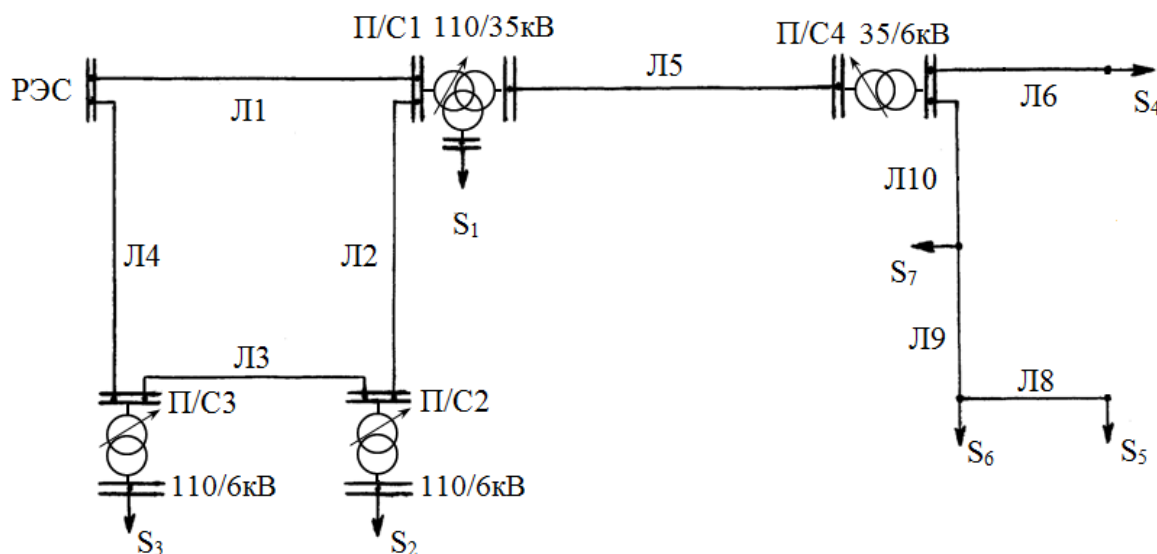
*Троценко Владислав Михайлович*

*студенты 3 курса, энергетического факультета,  
Омского государственного технического университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [leskov.ivan@mail.ru](mailto:leskov.ivan@mail.ru)*

*Калимуллин Алик Талгатович*

*научный руководитель, ассистент, каф. ЭСПП,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [kat-190391@mail.ru](mailto:kat-190391@mail.ru)*

Составление схемы замещения заданной электрической сети и расчет ее параметров является важной частью развития инженерных навыков. Схема замещения линии в общем случае представляет собой четырехполюсник. При этом длина воздушной линии не превышает 300 км, а кабельной линии — 50 км, то на промышленной частоте (50 Гц) параметры линий можно считать сосредоточенными [2].



**Рисунок 1. Схема электрической сети**

Напряжение источника питания:  $U_{РЭС} = 120$  кВ;

Номинальные напряжения сетей: 110/35/6 кВ;

Для проведения расчетов примем за основу следующие исходные данные:

**Таблица 1.**

**Марки проводов линий**

Номер линии						
1,2,3,4	5	6	7	8	9	10
АС-185	F-70(2)	ВЛЗ-150	ВЛЗ-95	откл.	ВЛЗ-70	ВЛЗ-95

**Таблица 2.**

**Длины линий, км**

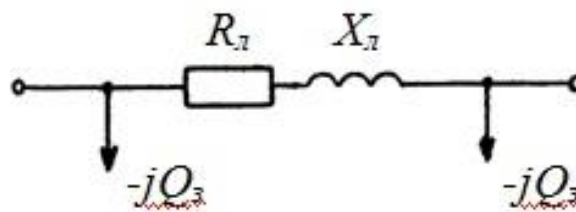
Номер линии									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70	50	45	60	20	1,3	1	2	1,1	0,7

**Таблица 3.**

**Нагрузки потребителей, МВт, МВар, МВА, и коэффициенты мощности нагрузок**

Номер нагрузки						
1	2	3	4	5	6	7
S=20 P=16	S=10 cosφ=0,8	S=10 tgφ=0,8	1,4+j1,3	P=0,65 cosφ=0,65	1,2+j0,2	0,6+j0,1

Для начала рассчитаем параметры линий Л1-Л10 данной схемы. Так как линии Л1-Л4 одинаковы и выполнены из одной марки провода, следовательно, у них будет одна и та же схема замещения, представленная на рисунке 2. И расчетные формулы будут одинаковы для этих линий.



**Рисунок 2. Схема замещения воздушной линии Л1-Л4, 110 кВ с зарядными мощностями**



Активное сопротивление линий Л1-Л4 [4]:

$$R_{л} = \frac{1}{n \cdot n_u} \rho \frac{l}{F}, \quad (1)$$

$$R_{л1} = \frac{28}{185} \cdot 70 = 10,59 \text{ Ом}, \quad (2)$$

$$R_{л2} = \frac{28}{185} \cdot 50 = 7,57 \text{ Ом}, \quad (3)$$

$$R_{л3} = \frac{28}{185} \cdot 45 = 6,81 \text{ Ом}, \quad (4)$$

$$R_{л4} = \frac{28}{185} \cdot 60 = 9,081 \text{ Ом}, \quad (5)$$

Индуктивное сопротивление линий Л1-Л4 [4]:

$$X_{л} = x_0 \cdot \frac{l}{n_u}, \quad (6)$$

$$x_0 = 0,144 \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_{np}} + 0,0157, \quad (7)$$

$$r_{np} = \sqrt{\frac{S_{al} + S_{cm}}{\pi}}, \quad (8)$$

$$r_{np1} = \sqrt{\frac{185 + 43}{3,14}} = 8,52 \text{ мм}, \quad (9)$$

$$x_0 = 0,144 \cdot \log\left(\frac{5}{0,00852}\right) + 0,0157 = 0,4144 \text{ Ом / км}, \quad (10)$$

$$x_{л} = 0,4144 \cdot \left(\frac{70}{1}\right) = 29,008 \text{ Ом}, \quad (11)$$

Емкостная проводимость линий Л1-Л4 [4]:

$$B_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{D_{cp}}{r_{np}}\right)}, \quad (12)$$

$$B_{л} = \frac{b_0 \cdot L \cdot n_u}{2}, \quad (13)$$

$$B_0 = \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\log\left(\frac{5}{8,52 \cdot 10^{-3}}\right)} = \frac{0,00000758}{2,77} = 2,74 \cdot 10^{-6} \text{ См / км}, \quad (14)$$

$$B_{л} = \frac{2,74 \cdot 10^{-6} \cdot 70 \cdot 1}{2} = 9,59 \cdot 10^{-5} \text{ См}, \quad (15)$$

$$Q_{з} = U^2 \cdot B_{л} = 110^2 \cdot 9,59 \cdot 10^{-5} = 1,16 \text{ МВар}, \quad (16)$$

Результаты расчета занесем в таблицу 4.

**Таблица 4.**

### Параметры линий Л1-Л4

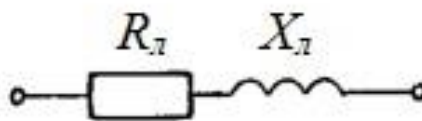
Марка провода	Радиус провода, мм	Среднегеометрическое расстояние между фазами, м	Удельное сопротивление, Ом*мм <sup>2</sup> /км	X <sub>0</sub> , Ом/км	X <sub>л</sub> , Ом	B <sub>0</sub> , См/км*10 <sup>-6</sup>	B <sub>л</sub> , См*10 <sup>-5</sup>	Q <sub>з</sub> , МВар
АС-185/43	8,52	5	28	0,4144	29,008	2,74	9,59	1,16
					20,72	2,736	6,84	0,828
					18,648	2,736	6,16	0,74
					24,86	2,736	8,2	0,99

Далее покажем на рисунке 3 схему замещения линии № 5 и рассчитаем ее параметры, а так же занесем их в таблицу 5.

**Таблица 5.**

### Параметры линии Л5

Марка провода	Длина линии L, км	Напряжение U, кВ	Удельное сопротивление ρ, Ом*мм <sup>2</sup> /км	Число проводов в фазе n	Число цепей пц
F-70(2)	20	35	28	1	2



**Рисунок 3. Схема замещения воздушной линии Л5, 35 кВ**

Активное сопротивление линии [4]:

$$R_0 = \frac{\rho \cdot l}{n \cdot n_{\phi} \cdot F}, \quad (17)$$

$$R_0 = \frac{28}{140} = 0,2 \text{ Ом / км}, \quad (18)$$

$$R_{л} = R_0 \cdot L = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ Ом}, \quad (19)$$

Радиус провода:

$$r_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{S_{\text{ал}}}{\pi}}, \quad (20)$$

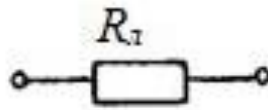
$$r_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{70}{3,14}} = 4,7 \text{ мм}, \quad (21)$$

Индуктивное сопротивление линии:

$$x_0 = 0,144 \cdot \log\left(\frac{0,4}{4,7 \cdot 10^{-3}}\right) + 0,0157 = 0,57 \text{ Ом / км}, \quad (22)$$

$$x_{\text{л}} = \frac{0,57 \cdot 20}{2} = 5,7 \text{ Ом}, \quad (23)$$

Так как схема замещения линии Л6-Л10 одинакова и имеет только сопротивление, следовательно, рассчитываем только его.



**Рисунок 4. Схема замещения линий Л6-Л10**

Активное сопротивление линии:

$$R_{\text{л}} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{\text{ц}}}, \quad (24)$$

$r_0$  взято из справочника [1].

$$R_{\text{л6}} = \frac{0,263 \cdot 1,3}{1} = 0,3419 \text{ Ом}, \quad (25)$$

$$R_{\text{л7}} = \frac{0,363 \cdot 1}{1} = 0,363 \text{ Ом}, \quad (26)$$

$$R_{\text{л9}} = \frac{0,493 \cdot 1,1}{1} = 0,5423 \text{ Ом}, \quad (27)$$

$$R_{\text{л10}} = \frac{0,137 \cdot 0,7}{1} = 1,37 \text{ Ом}, \quad (28)$$

Результаты расчета занесем в таблицу 6.

**Таблица 6.**

**Параметры линии Л6-Л10**

Марка провода	Радиус провода, мм	Среднегеометрическое расстояние между фазами, м	Удельное сопротивление, Ом*мм <sup>2</sup> /км	Активное сопротивление линий, Ом
ВЛЗ-150	6,9	0,4	28	0,3419
ВЛЗ-95	5,5			0,363
ВЛЗ-70	4,7			0,5423
ВЛЗ-95	5,5			1,37

Расчет нагрузок подстанций № 1—4:

$$S_1=20; P=16$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{20^2 - 16^2} = 12 \text{ МВар}, \quad (29)$$

$$\dot{S}_1 = 16 + j12 \text{ МВА}, \quad (30)$$

$$S_2 = 10; \cos\varphi = 0,8$$

$$P_2 = S_2 \cdot \cos\varphi = 10 \cdot 0,8 = 8, \quad (31)$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = \sqrt{10^2 - 8^2} = 6 \text{ МВар}, \quad (32)$$

$$\dot{S}_2 = 8 + j6 \text{ МВА}, \quad (33)$$

$$S_3=10; \operatorname{tg}\varphi = 0,8$$

$$\varphi = \operatorname{arctg}(0,8) = 38,66^\circ, \quad (34)$$

$$\cos(38,66^\circ) = 0,780, \quad (35)$$

$$P_3 = S_3 \cdot \cos\varphi = 0,6 \cdot 0,780 = 0,468 \text{ МВт}, \quad (36)$$

$$Q_3 = \sqrt{S_3^2 - P_3^2} = \sqrt{0,6^2 - 0,468^2} = 0,375 \text{ Мвар}, \quad (37)$$

$$\dot{S}_3 = 0,468 + j0,375 \text{ МВА}, \quad (38)$$

$$\dot{S}_4 = 1,4 + j1,3 \text{ МВА}, \quad (39)$$

$$P_5 = 0,65; \cos\varphi = 0,65$$

$$S_5 = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{0,65}{0,65} = 1, \quad (40)$$

$$Q_5 = \sqrt{S_5^2 - P_5^2} = \sqrt{1^2 - 0,65^2} = 0,76 \text{ МВар}, \quad (41)$$

$$\dot{S}_5 = 0,65 + j0,76 \text{ МВА}, \quad (42)$$

$$\dot{S}_6 = 0,9 + j0,6 \text{ МВА}, \quad (43)$$

$$\dot{S}_7 = 0,6 + j0,1 \text{ МВА}, \quad (44)$$

Выбор и расчет трансформаторов для подстанции №1:

$$\dot{S}_{\text{нагр}} = \dot{S}_1 + \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_7 = 16 + j12 + 1,4 + j1,3 + 0,65 + j0,76 + 0,9 + j0,6 + 0,6 + j0,1 = 19,55 + j14,76 \quad (45)$$

$$P_{\text{нагр}} = 19,55 \text{ МВт};$$

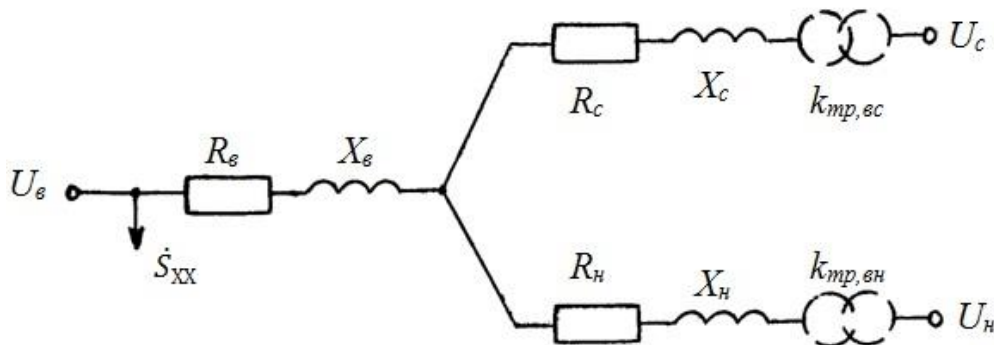
$$Q_{\text{нагр}} = 14,76 \text{ Мвар};$$

$$S_{\text{нагр}} = \sqrt{P_{\text{нагр}}^2 + Q_{\text{нагр}}^2} = \sqrt{19,55^2 + 14,76^2} = 24,5 \text{ МВА}, \quad (46)$$

$$S_{\text{ном,Т1}} \geq \frac{24,5}{1,5} \text{ МВА}, \quad (47)$$

$$S_{\text{ном,Т1}} \geq 16,3 \text{ МВА}, \quad (48)$$

Исходя из полученных расчетов, выбираем автотрансформатор марки: ТДТН-40000/110 У1 [3].



**Рисунок 5. Схема замещения подстанции №1 с трехобмоточными трансформаторами и автотрансформаторами**

Потери холостого хода подстанции:

$$\dot{S}_{XX} = P_{XX} + jQ_{XX} = n_{\text{Т}} P_{XX,1\text{Т}} + j n_{\text{Т}} \frac{I_{XX,9\%}}{100} S_{\text{НОМ}}, \quad (49)$$

$$\dot{S}_{XX} = 2 * 43 + j 2 \frac{0,6}{100} 40000 = 86 + j 480 \text{ кВА}, \quad (50)$$

Активные сопротивления обмоток:

$$R_B = R_C = R_H = \frac{1}{n_T} \frac{\Delta P_{к,вс}}{2} \left( \frac{U_{в,ном}}{S_{ном}} \right)^2, \quad (60)$$

$$R_B = R_C = R_H = \frac{1}{2} \frac{200000}{2} \left( \frac{115}{40000} \right)^2 = 0,331 \text{ Ом}, \quad (61)$$

Индуктивные сопротивления обмоток:

$$X_i = \frac{1}{n_T} \frac{\Delta U_{ki, \%}}{100} \frac{U_{в,ном}^2}{S_{ном}}, \quad (62)$$

$$U_{кв, \%} = \frac{1}{2} (U_{квс, \%} + U_{квн, \%} - U_{кчн, \%}), \quad (63)$$

$$U_{кч, \%} = \frac{1}{2} (U_{квс, \%} + U_{кчн, \%} - U_{квн, \%}), \quad (64)$$

$$U_{кн, \%} = \frac{1}{2} (U_{кчн, \%} + U_{квн, \%} - U_{квс, \%}), \quad (65)$$

$$U_{кв, \%} = \frac{1}{2} (10,5 + 17 - 6) = 10,75, \quad (66)$$

$$U_{кч, \%} = \frac{1}{2} (10,5 + 6 - 17) = -0,25, \quad (67)$$

$$U_{кн, \%} = \frac{1}{2} (6 + 17 - 10,5) = 6,25, \quad (68)$$

$$X_B = \frac{1}{2} \frac{10,75}{100} \frac{115^2}{40000} = 0,018 \text{ Ом}, \quad (69)$$

$$X_C = \frac{1}{2} \frac{0,25}{100} \frac{115^2}{40000} = 0,0004 \text{ Ом}, \quad (70)$$

$$X_H = \frac{1}{2} \frac{6,25}{100} \frac{115^2}{40000} = 0,01 \text{ Ом}, \quad (71)$$

Коэффициенты трансформации:

$$k_{тр,вн} = \frac{U_{в,ном}}{U_{н,ном}}, \quad (72)$$

$$k_{тр,вс} = \frac{U_{в,ном}}{U_{с,ном}}, \quad (73)$$

$$k_{тр,вн} = \frac{115}{6,6} = 17,42, \quad (74)$$

$$k_{тр,вс} = \frac{115}{38,5} = 2,987, \quad (75)$$

Выбор и расчет трансформаторов для подстанции № 2:

$$\dot{S}_{нагр} = \dot{S}_2 = 8 + j6 \text{ МВА}, \quad (76)$$

$$P_{нагр} = 8 \text{ МВт},$$

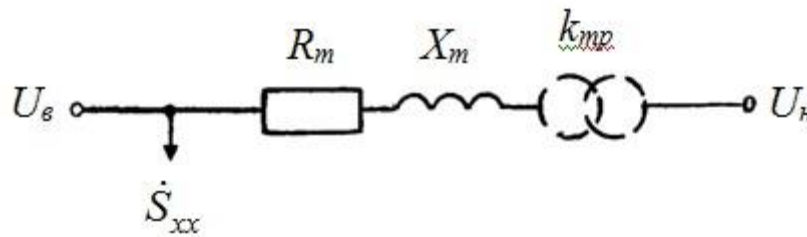
$$Q_{нагр} = 6 \text{ Мвар},$$

$$S_{\text{нагр}} = \sqrt{P_{\text{нагр}}^2 + S_{\text{нагр}}^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ МВА}, \quad (78)$$

$$S_{\text{ном,Т2}} \geq \frac{10}{1,5} \text{ МВА}, \quad (79)$$

$$S_{\text{ном,Т2}} \geq 6,67 \text{ МВА}, \quad (80)$$

Исходя из полученных расчетов, выбираем автотрансформатор марки: ТДН-10000/110 [3].



**Рисунок 6. Схема замещения подстанций №2-4 с двухобмоточными трансформаторами**

Потери холостого хода:

$$\dot{S}_{\text{XX}} = P_{\text{XX}} + jQ_{\text{XX}} = n_{\text{T}} P_{\text{XX,1T}} + j n_{\text{T}} \frac{I_{\text{хх,9\%}}}{100} S_{\text{НОМ}}, \quad (81)$$

$$\dot{S}_{\text{XX}} = 2 * 14 + j 2 \frac{0,7}{100} 10000 = 28 + j 140 \text{ кВА}, \quad (82)$$

Активное сопротивление:

$$R_{\text{В}} = \frac{1}{n_{\text{T}}} \Delta P_{\text{КЗ}} \left( \frac{U_{\text{В,НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2, \quad (83)$$

$$R_{\text{В}} = \frac{1}{2} \times 60000 \times \left( \frac{115}{10000} \right)^2 = 3,968 \text{ Ом}, \quad (84)$$

Индуктивное сопротивление:

Т. к.  $S_{\text{НОМ}} > 1 \text{ МВА}$ , то:

$$X_{\text{T}} = \frac{1}{n_{\text{T}}} \frac{\Delta U_{\text{К,9\%}}}{100} \frac{U_{\text{В,НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}}, \quad (85)$$

$$X_{\text{T}} = \frac{1}{2} \frac{10,5}{100} \frac{115^2}{10000} = 0,0694 \text{ Ом}, \quad (86)$$

Коэффициенты трансформации:

$$k_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{В,НОМ}}}{U_{\text{Н,НОМ}}}, \quad (87)$$

$$k_{\text{тр}} = \frac{115}{6,6} = 17,42, \quad (88)$$

Выбор и расчет трансформаторов для подстанции № 3:

$$\dot{S}_{\text{нагр}} = \dot{S}_3 = 12,5 + j10 \text{ МВА}, \quad (89)$$

$$P_{\text{нагр}} = 12,5 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{нагр}} = 10 \text{ Мвар};$$

$$S_{\text{нагр}} = \sqrt{P_{\text{нагр}}^2 + S_{\text{нагр}}^2} = \sqrt{12,5^2 + 10^2} = 16,008 = 16 \text{ МВА}, \quad (90)$$

$$S_{\text{НОМ,Т2}} \geq \frac{16}{1,5} \text{ МВА};$$

$$S_{\text{НОМ,Т2}} \geq 10,67 \text{ МВА};$$

Исходя из полученных расчетов, выбираем автотрансформатор марки: ТДН-16000/110 [3].

Потери холостого хода:

$$\dot{S}_{\text{ХХ}} = P_{\text{ХХ}} + jQ_{\text{ХХ}} = n_{\text{т}} P_{\text{ХХ,1Т}} + j n_{\text{т}} \frac{I_{\text{ХХ,9\%}}}{100} S_{\text{НОМ}}, \quad (91)$$

$$\dot{S}_{\text{ХХ}} = 2 * 19 + j2 \frac{0,7}{100} 16000 = 38 + j224 \text{ кВА}, \quad (92)$$

Активное сопротивление:

$$R_{\text{В}} = \frac{1}{n_{\text{т}}} \Delta P_{\text{КЗ}} \left( \frac{U_{\text{В,НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2, \quad (93)$$

$$R_{\text{В}} = \frac{1}{2} \times 85000 \times \left( \frac{115}{16000} \right)^2 = 2,196 \text{ Ом}, \quad (94)$$

Индуктивное сопротивление:

Т. к.  $S_{\text{НОМ}} > 1 \text{ МВА}$ , то:

$$X_{\text{Т}} = \frac{1}{n_{\text{т}}} \frac{\Delta U_{\text{к,9\%}}}{100} \frac{U_{\text{В,НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}}, \quad (95)$$



$$X_T = \frac{1}{2} \frac{10,5}{100} \frac{115^2}{16000} = 0,043 \text{ Ом}, \quad (96)$$

Коэффициенты трансформации:

$$k_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{в,ном}}}{U_{\text{н,ном}}}, \quad (97)$$

$$k_{\text{тр}} = \frac{115}{6,6} = 17,42, \quad (98)$$

Выбор и расчет трансформаторов для подстанции № 4:

$$\dot{S}_{\text{нагр}} = \dot{S}_4 + \dot{S}_5 + \dot{S}_6 + \dot{S}_7 = 1,4 + j1,3 + 0,65 + j0,76 + 0,9 + j0,6 + 0,6 + j0,1 \\ = 3,55 + j2,76, \quad (99)$$

$$P_{\text{нагр}} = 3,55 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{нагр}} = 2,76 \text{ Мвар};$$

$$S_{\text{нагр}} = \sqrt{P_{\text{нагр}}^2 + Q_{\text{нагр}}^2} = \sqrt{3,55^2 + 2,76^2} = 4,5 \text{ МВА}, \quad (100)$$

$$S_{\text{ном,Т1}} \geq \frac{4,5}{1,5} \text{ МВА}, \quad (101)$$

$$S_{\text{ном,Т1}} \geq 3 \text{ МВА}, \quad (102)$$

Исходя из полученных расчетов, выбираем автотрансформатор марки: ТМН-6300/110 [3].

Потери холостого хода:

$$\dot{S}_{\text{ХХ}} = P_{\text{ХХ}} + jQ_{\text{ХХ}} = n_T P_{\text{ХХ,Т1}} + j n_T \frac{I_{\text{ХХ,9\%}}}{100} S_{\text{ном}}, \quad (103)$$

$$\dot{S}_{\text{ХХ}} = 2 * 11,5 + j2 \frac{0,8}{100} 6300 = 23 + j100,8 \text{ кВА}, \quad (104)$$

Активное сопротивление:

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{n_T} \Delta P_{\text{кз}} \left( \frac{U_{\text{в,ном}}}{S_{\text{ном}}} \right)^2, \quad (105)$$

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{2} \times 44000 \times \left( \frac{115}{6300} \right)^2 = 7,331 \text{ Ом}, \quad (106)$$

Индуктивное сопротивление:

Т. к.  $S_{ном} > 1$  МВА, то:

$$X_T = \frac{1}{n_T} \frac{\Delta U_{к, \%}}{100} \frac{U_{в, ном}^2}{S_{ном}}, \quad (107)$$

$$X_T = \frac{1}{2} \frac{10,5}{100} \frac{115^2}{6300} = 0,110 \text{ Ом}, \quad (108)$$

Коэффициенты трансформации:

$$k_{тр} = \frac{U_{в, ном}}{U_{н, ном}}, \quad (109)$$

$$k_{тр} = \frac{115}{6,6} = 17,42, \quad (110)$$

В заключение можно сказать, что исходя из данной схемы и рассчитанных ее параметров выбранные трансформаторы: ТДТН-40000/110 У1, ТДН-10000/110, ТДН-16000/110, ТМН-6300/110 удовлетворяют всем требованиям.

### Список литературы:

1. Вязигин В. Оборудование и электротехнические устройства систем электроснабжения: Справочник. / В.Л. Вязигин // В.Н. Горюнов // В.К. Грунин Омск: Редакция «Омский научный вестник». 2005. — С. 265.
2. Гиршин С. Электроэнергетика: электрические системы и сети. / С.С. Гиршин // В.В. Тевс. 2006. — С. 3—7.
3. Неклепаев Б. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справ. мат. Для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов./ Б.Н. Неклепаев // И.П. Крючков. М.: Энергоатомиздат. 1989. — С. 600.
4. Файбисович Д. Справочник по проектированию электрических сетей / Д.Л. Файбисович. М.: НЦ ЭНАС. 2005. — С. 162.

# ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕТЯХ 6—10 КВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Степанов Александр Дмитриевич*  
студент 4 курса, кафедра ЭПП, АГТА,  
РФ, г. Ангарск  
E-mail: [alex2008st@mail.ru](mailto:alex2008st@mail.ru)

*Болоев Евгений Викторович*  
научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, кафедра ЭПП, АГТА,  
РФ, г. Ангарск

Работа большинства электроприемников промышленных предприятий (по накопленной статистике 60—80 % суммарной установленной мощности составляют электродвигатели), силовых трансформаторов и других элементов системы электроснабжения (СЭС) основана на использовании магнитного поля и сопровождается потреблением реактивной мощности из сети.

Реактивная мощность при централизованной СЭС промышленных предприятий может потребляться из электроэнергетической системы (ЭЭС) или генерироваться непосредственно у потребителей с помощью источников реактивной мощности (ИРМ): конденсаторных установок (УК), синхронных компенсаторов, статических ИРМ, синхронных электродвигателей (СД). Определение количества (мощности) и мест установки ИРМ в СЭС называют **компенсацией реактивной мощности (КРМ)**.

Передача реактивной мощности из ЭЭС к электроприемникам промышленных предприятий невыгодна по следующим причинам:

1. Возникают дополнительные потери активной мощности во всех элементах СЭС, обусловленные их нагрузкой реактивной мощностью.
2. Возникают дополнительные потери напряжения, снижающие качество электрической энергии [2].
3. Загрузка реактивной мощностью трансформаторов и линий электропередачи может приводить соответственно к увеличению номинальной мощности и увеличению площади сечений токоведущих частей.

Задача КРМ в настоящее время является **актуальной**, так как ее решение:

1. способствует выполнению требований Федерального закона Российской Федерации об энергосбережении и повышении энергетической эффективности от 23.11.2009г. № 261-ФЗ [9] и приказа Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 г. № 49 об обязательствах сторон в договорах об оказании услуг по передаче электроэнергии [7];

2. обеспечивает выполнение требований к качеству электроэнергии [2] связанных с отклонениями напряжения в точках передачи электроэнергии и на зажимах электроприемников;

3. позволяет снизить потери электроэнергии в СЭС промышленного предприятия и как следствие понизить себестоимость продукции выпускаемой предприятием;

4. приводит к повышению пропускной способности и увеличению срока службы элементов СЭС за счет снижения реактивной нагрузки.

ИРМ согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 16.04.2012 г. № 308 [5] входят в перечень объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность. При внедрении таких объектов государством предлагаются налоговые льготы [9]: разрешается применять повышающий коэффициент амортизации и три года не платить налог на имущество.

Задача КРМ в общем случае формулируется как задача оптимизации с обеспечением минимума суммарных затрат обусловленных потерями электрической энергии  $Z_{\Pi}$  и подключением ИРМ  $Z_{\text{ИРМ}}$ . Эта задача является составной частью более сложной задачи уменьшения потерь мощности (электроэнергии) в электрических сетях и ЭЭС — оптимизации режима по реактивной мощности и напряжению [4]. В общей задаче [4] КРМ формулируется как задача снижения потерь за счет оптимального распределения реактивных мощностей. С достоинствами и недостатками использования ИРМ, с методологией решения задачи КРМ и расчета потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях можно ознакомиться в отечественной и зарубежной литературе, например в [3] и [6].

В данной работе решается задача КРМ в сетях 6—10 кВ при проектировании СЭС промышленных предприятий при известных максимальных и средних электрических нагрузках. Оптимальное распределение генерируемых реактивных мощностей между ИРМ осуществляется методом неопределенных множителей Лагранжа, использование которого при решении различных задач электроэнергетики подробно рассмотрено в [1], а при решении задачи КРМ — в [4] при допущении, что генерация реактивной мощности не связана с какими-либо затратами. Ниже приведена методика оптимального выбора ИРМ с учетом этих затрат.

Затраты на генерацию реактивной мощности ИРМ связаны с дополнительным потреблением активной мощности (электроэнергии) этими устройствам  $Z_{\text{ПЕР.ИРМ}}$  (переменными затратами) и постоянными затратами не зависящими от мощности  $Z_{\text{ПОСТ.ИРМ}}$ : на ИРМ, монтаж и эксплуатацию [3].

Электрические сети 6—10 кВ промышленных предприятий, как правило, не имеют сложных кольцевых схем, что позволяет рассчитать суммарные затраты по формуле:

$$\begin{aligned}
 Z &= Z_{\text{П}} + Z_{\text{ПЕР.ИРМ}} + Z_{\text{ПОСТ.ИРМ}} = c \sum_{l=1}^N \sum_{k=1}^n \Delta W_{l,k} + c \sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n W_{\text{ИРМ } l,k} + Z_{\text{ПОСТ.ИРМ}} = \\
 &= c \sum_{l=1}^N \Delta t_l \sum_{i=1}^n (\Delta P_{l,k} + P_{\text{ИРМ } l,k}) + Z_{\text{ПОСТ.ИРМ}} = \\
 &= c \sum_{l=1}^N \Delta t_l \sum_{k=1}^n \left( \frac{(P_{l,k} + P_{\text{ИРМ } l,k})^2 + (Q_{l,k} - Q_{\text{ИРМ } l,k})^2}{U_{\text{НОМ}}^2} r_k + P_{\text{ИРМ } l,k} \right) + Z_{\text{ПОСТ.ИРМ}}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где:  $l$ ,  $N$  — номер режима и число режимов в рассматриваемом периоде времени (обычно год);

$\Delta t_l$  — продолжительность режима  $l$ ;

$k$ ,  $n$  — соответственно номер узла и число узлов в СЭС;

$c$  — стоимость электроэнергии;

$\Delta W_{l,k}$ ,  $W_{\text{ИРМ } l,k}$  — потери электроэнергии и потребление электроэнергии ИРМ в линии  $k$  в режиме  $l$ ;

$\Delta P_{l,k}$  — потери активной мощности в линии  $k$  в режиме  $l$ ;

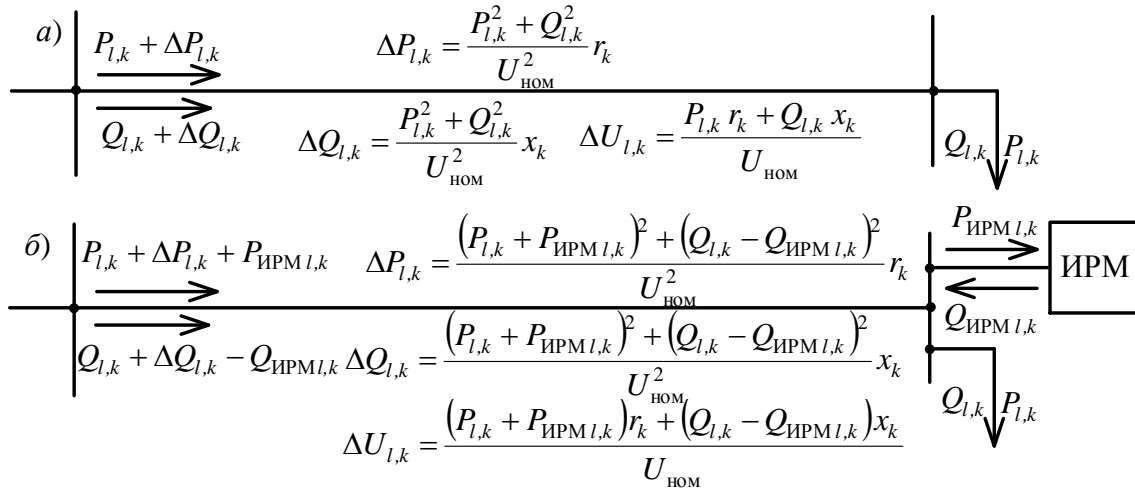
$P_{l,k}$ ,  $Q_{l,k}$  — активные и реактивные нагрузки линии  $k$  в режиме  $l$ ;

$P_{\text{ИРМ } l,k}$ ,  $Q_{\text{ИРМ } l,k}$  — потребление активной мощности на генерацию реактивной ИРМ и генерация реактивной мощности в линию  $k$  в режиме  $l$ ;

$U_{\text{ном}}$  — номинальное напряжение сети;

$r_k$  — активное сопротивление линии  $k$ .

В полученной формуле затрат (1) первое слагаемое является переменным и зависит от распределения генерируемых реактивных мощностей между ИРМ. Для сравнения перетоки мощности в линии  $k$  распределительной сети СЭС без КРМ и с КРМ показаны на рисунке 1.



**Рисунок 1. Перетоки мощности в линии распределительной сети: а) без КРМ; б) с КРМ**

При условии незначительного потребления  $P_{\text{ИРМ } k}$  ИРМ и существенной компенсации по абсолютному значению реактивной мощности  $|Q_k - Q_{\text{ИРМ } k}|$  снижаются: передаваемая полная мощность

$$S_{l,k} = \sqrt{(P_{l,k} + P_{\text{ИРМ } l,k})^2 + (Q_{l,k} - Q_{\text{ИРМ } l,k})^2}, \quad (2)$$

потери мощности  $\Delta P_{l,k}$  и напряжения  $\Delta U_{l,k}$  (см. формулы на рисунке 1 а и б).

Для получения минимума затрат  $Z$ , необходимо, чтобы в каждом режиме  $l$  потери мощности  $\Delta P_{l,k}$  и потребление ИРМ в СЭС были минимальные. Поэтому математически задачу оптимизации режима  $l$  СЭС можно сформулировать следующим образом:

$$\Delta P_{\text{КРМ } l}(Q_{\text{ИРМ } l,1..n}) = \sum_{k=1}^n \left[ \frac{(P_{l,k} + P_{\text{ИРМ } l,k})^2 + (Q_{l,k} - Q_{\text{ИРМ } l,k})^2}{U_{\text{НОМ}}^2} r_k + P_{\text{ИРМ } l,k} \right] \rightarrow \min, \quad (3)$$

при ограничении – соблюдении баланса реактивной мощности в СЭС:

$$W_{l,0}(Q_{\text{ИРМ } l,0..n}) = Q_{\text{С } l} + Q_{\text{ИРМ } l,0} + \sum_{k=1}^n Q_{\text{ИРМ } l,k} - \sum_{k=1}^n (Q_{l,k} + \Delta Q_{l,k}) = 0, \quad (4)$$

где:  $Q_{\text{С } l}$  — реактивная мощность, которую можно потребить от энергосистемы в режиме  $l$ , при предельном значении для сети 6—10 кВ  $\text{tg } \varphi_{\text{ТС}} \leq 0,4$  [7] равная

$$Q_{\text{С } l} = \text{tg } \varphi_{\text{ТС}} \sum_{k=1}^n \left( P_{l,k} + \frac{(P_{l,k} + P_{\text{ИРМ } l,k})^2 + (Q_{l,k} - Q_{\text{ИРМ } l,k})^2}{U_{\text{НОМ}}^2} r_k + P_{\text{ИРМ } l,k} \right); \quad (5)$$

$Q_{\text{ИРМ } l,0}$  — генерируемая реактивная мощность ИРМ подключенными к шинам 6—10 кВ заводской подстанции (централизованная компенсация);

$\Delta Q_{l,k}$  — потери реактивной мощности, которые вычисляются по формуле:

$$\Delta Q_{l,k} = \left[ (P_{l,k} + P_{\text{ИРМ } l,k})^2 + (Q_{l,k} - Q_{\text{ИРМ } l,k})^2 \right] x_k / U_{\text{ном}}^2, \quad (6)$$

где:  $x_k$  — реактивное сопротивление линии.

Потребление активной мощности ИРМ в узле  $k$  при генерации реактивной мощности, в общем случае может быть определено по формуле:

$$P_{\text{ИРМ } l,k} = D_1 Q_{\text{ИРМ } l,k} / Q_{\text{ИРМ ном } k} + D_2 (Q_{\text{ИРМ } l,k} / Q_{\text{ИРМ ном } k})^2, \quad (7)$$

где:  $D_1, D_2$  — коэффициенты, зависящие от параметров ИРМ;

$Q_{\text{ИРМ ном } k}$  — номинальная реактивная мощность ИРМ;

$Q_{\text{ИРМ } l,k} / Q_{\text{ИРМ ном } k}$  — коэффициент загрузки по реактивной мощности.

Для УК потребление активной мощности рассчитывается как

$$P_{\text{ИРМ } l,k} = k_{\text{УК}} Q_{\text{ИРМ } l,k}, \quad (8)$$

где:  $k_{\text{УК}}$  — удельное потребление, для УК 6—10 кВ равно 0,003 кВт/квар.

В случаях недопустимых отклонений напряжения в узлах электрической сети [2] вводятся дополнительные ограничения:

$$W_{l,k}(Q_{\text{ИРМ } l,1..n}) = \Delta U_k - \frac{(P_{l,k} + \Delta P_{\text{ИРМ } l,k})r_k + (Q_{l,k} - Q_{\text{ИРМ } l,k})x_k}{U_{\text{ном}}} = 0 \quad (k \in w_U), \quad (9)$$

где:  $\Delta U_k$  — допустимое отклонение напряжения;



$w_U$  — множество узлов, в которых наблюдается недопустимое напряжение.

В случае, если генерируемая реактивная мощность в узле  $k$   $Q_{\text{ИРМ } l,k}$  превышает располагаемую мощность ИРМ  $Q_{\text{ИРМ расп } k}$  в этом узле:  $Q_{\text{ИРМ } l,k} > Q_{\text{ИРМ расп } k}$ , рассматривают вопрос об установке дополнительных ИРМ в этом узле. Если установка дополнительных ИРМ не предполагается, то при решении задачи оптимизации генерируемая реактивная мощность принимается равной предельному значению  $Q_{\text{ИРМ } l,k} = Q_{\text{ИРМ расп } k}$ .

Величина располагаемой реактивной мощности УК, статических ИРМ соответствует номинальной мощности. Располагаемую реактивную мощность СД можно определить расчетным путем [8] или приближенно по формуле:

$$Q_{\text{СД расп}} = \alpha \sqrt{P_{\text{СД ном}}^2 + Q_{\text{СД ном}}^2}, \quad (10)$$

где:  $\alpha$  — коэффициент допустимой перегрузки по реактивной мощности, определяемый по номограмме располагаемой реактивной мощности [8].

Для решения задачи оптимизации (3) с ограничениями равенствами (4) и (9) составляется функция Лагранжа

$$L(Q_{\text{ИРМ } l,0\dots n}, \lambda_k) = \Delta P_{\text{КРМ } l}(Q_{\text{ИРМ } l,1\dots n}) + \sum_{k=0}^n \lambda_k W_{l,k}(Q_{\text{ИРМ } l,1\dots n}), \quad (11)$$

минимум которой определяется из решения системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial Q_{\text{ИРМ } l,k}} L(Q_{\text{ИРМ } l,0\dots n}, \lambda_k) &= 0, \\ \frac{\partial}{\partial \lambda_k} L(Q_{\text{ИРМ } l,0\dots n}, \lambda_k) &= 0, \end{aligned} \right\} k = 0 \dots n, \quad (12)$$

где:  $\lambda_k$  — неопределенные множители Лагранжа.

Ввиду ступенчатости регулирования УК предлагается двухэтапное решение задачи оптимизации. На первом этапе определяют оптимальные значения генерируемых мощностей ИРМ и для каждой УК определяют степень регулирования по значению генерируемой реактивной мощности ближайшей к расчетной — оптимальной. На втором этапе рассчитывают оптимальные значения генерируемых реактивных мощностей других ИРМ при заданных значениях реактивной мощности УК.

Задача КРМ в сетях 6—10 кВ при проектировании СЭС промышленных предприятий решается в следующей последовательности:

1. По результатам решения задачи оптимизации в режиме максимальных нагрузок  $P_M$  и  $Q_M$  выбирают ИРМ: место подключения, тип, номинальная или располагаемая мощность.

2. Решается задача оптимизации в режиме средних нагрузок  $P_{CP}$  и  $Q_{CP}$ . Находятся оптимальные значения генерируемых мощностей ИРМ  $Q_{ИРМ.СР}$  и потребляемая ими активная мощность  $P_{ИРМ.СР}$ .

3. Рассчитываются технико-экономические показатели:

3.1) потери мощности в сети без ИРМ и с ИРМ, потребление ИРМ:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{CP} &= \sum_{k=1}^n \frac{P_{CP}^2 + Q_{CP}^2}{U_{НОМ}^2} r_k, \\ \Delta P_{КРМ.СР} &= \sum_{k=1}^n \frac{(P_{CP} + P_{ИРМ.СР})^2 + (Q_{CP} - Q_{ИРМ.СР})^2}{U_{НОМ}^2} r_k, \\ P_{КРМ.СР} &= \sum_{k=1}^n P_{ИРМ.СР k} \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

3.2) потери электроэнергии методом средних нагрузок без ИРМ и с ИРМ [6]:

$$\left. \begin{aligned} \Delta W_{\Pi} &= \Delta P_{CP} T K_{\Phi}^2, \\ \Delta W_{КРМ} &= \Delta P_{КРМ.СР} T K_{\Phi}^2 + P_{КРМ.СР} T \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

где:  $T$  — расчетный период (обычно один год  $T = 8760$  ч.);

$K_{\Phi}$  — коэффициент формы нагрузочного графика [10];

3.3) прибыль, рентабельность и срок окупаемости (простые показатели [11]):

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{ч}} &= O - I_{\text{кр.об}} - H = (\Delta W_{\text{п}} - \Delta W_{\text{кpm}})c - I_{\text{кр.об}} - H, \\ R &= P / K \text{ и } T = K / (P + I_A), \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где:  $O$ ,  $H$  — балансовая прибыль (экономия электроэнергии) и налоги, определяемые по норме отчислений  $H\%$  от балансовой прибыли;

$K$  — капиталовложения в ИРМ,

$I_{\text{кр.об}}$ ,  $I_A$  — издержки на капитальный ремонт и обслуживание, амортизационные отчисления на реновацию, рассчитываемые по нормам ежегодных отчислений  $\alpha_{\text{кр.об}}\%$  и  $\alpha_A\%$  от капиталовложений  $K$ .

Решение задачи КРМ в сетях 6—10 кВ было доведено до программной реализации в среде MathCad 15. Результаты расчетов продемонстрируем для тестовой схемы сети 6 кВ, показанной на рисунке 2. Исходные данные приведены в таблицах 1—3.

**Таблица 1.**

**Максимальные и средние нагрузки в узлах электрической сети**

РУ	Максимальные нагрузки		Средние нагрузки	
	активная $P_M$ , кВт	реактивная $Q_M$ , квар	активная $P_{\text{ср}}$ , кВт	реактивная $Q_{\text{ср}}$ , квар
РУ-1	2059,5	1402,7	1872,3	1286,9
РУ-2*	11525,6	7632,2	10290,7	6875,8

\* Нагрузка с учетом синхронных двигателей работающих в режиме  $\cos \varphi = 0,9$

Таблица 2.

Параметры электрической сети

Параметр	Линия РУ-1	Линия РУ-2
Активное сопротивление $r$ , Ом	0,3465	0,0184
Реактивное сопротивление $x$ , Ом	0,0626	0,0119

Таблица 3.

Характеристика СДН-15-76-6У3

Параметр или характеристика	Значение
Номинальная мощность $P_{ном}$ , кВт	2500
Коэффициент полезного действия, %	90 %
Коэффициент мощности $\cos\varphi$	0,9
Перегрузка $\alpha$ по реактивной мощности $\alpha$ при загрузке 0,8	0,5
Коэффициенты потерь: $D_1 / D_2$	8,13/7,74

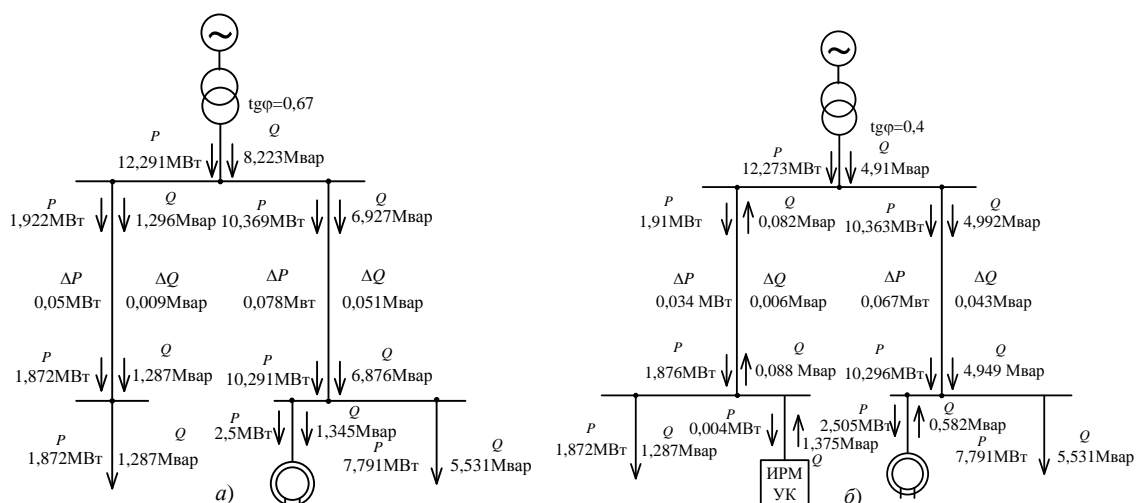


Рисунок 2. Потокораспределение в расчетной схеме СЭС:  
а) без ИРМ; б) с ИРМ

Величины, участвующие в расчете:  $c = 2,58$  руб./кВт-ч (средняя по России),  $H\% = 18\%$ ,  $\alpha_{кр.об\%} = 4\%$ ,  $\alpha_{А\%} = 6,4\%$ ;  $K_{\Phi} = 1,015$  (для предприятий нефтеперерабатывающей промышленности [10]).

В качестве ИРМ в распределительных устройствах (РУ) используются: в РУ-1 — УК; в РУ-2 — СД. По результатам оптимизации в режиме максимальных нагрузок в РУ-1 выбрана УКЛ57-6,3 кВ 1600 квар стоимостью  $K = 184,1$  тыс.руб. со ступенями регулирования 225 квар. Потокораспре-

деления в СЭС 6 кВ без ИРМ и при оптимальном выборе ИРМ в режиме средних нагрузок показаны на рисунке 2.

По расчетным данным ежегодная экономия электроэнергии составит 159,16 тыс. руб. при капиталовложениях 184,1 тыс. руб. КРМ в тестовой сети имеет высокую эффективность инвестиций: рентабельность 0,85 руб./руб. и простой срок 1,17 года.

### **Список литературы:**

1. Гамм А.З. Методы расчета нормальных режимов электроэнергетических систем на ЭВМ. Иркутск: изд-во ИПИ, 1972. — 184 с.
2. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах общего назначения: введен с 1.07.2014. М.: Стандартинформ, 2014. — 16 с.
3. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. М.: Энергоатомиздат, 1981. — 200 с.
4. Идельчик В.И. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем. М.: Энергоатомиздат, 1988. — 288 с.
5. Постановление Правительства России от 16 апреля 2012 г. № 308 «Об утверждении перечня объектов, имеющих высокую энергетическую эффективность, для которых не предусмотрено установление классов энергетической эффективности».
6. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В.Э. Вороничкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др. М.: Энергоатомиздат, 1983. — 368 с.
7. Приказ Минпромэнерго РФ от 22.02.2007 № 49 «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)».
8. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. М.: Энергоатомиздат, 1984. — 240 с.
9. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
10. Шидловский А.К., Вагин Г.Я., Куренный Э.Г. Расчеты электрических нагрузок систем электроснабжения. М.: Энергоатомиздат, 1992. — 224 с.
11. Экономика энергетики / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; под ред. Н.Д. Рогалева. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 320 с.

## **НОРМИРОВАНИЕ ИНТЕРГАРМОНИК КАК ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

***Черничко Кристина Игоревна***

*студент 3 курса, энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [kris.tochka@mail.ru](mailto:kris.tochka@mail.ru)*

***Веселова Алина Григорьевна***

*студент 3 курса, энергетического факультета,  
Омского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [alina-ve@mail.ru](mailto:alina-ve@mail.ru)*

***Осипов Дмитрий Сергеевич***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ЭНИ,  
Омский Государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

Нужно отметить, что в наши дни все еще находятся на стадии разработки нормирование интергармоник. В большинстве стран стандарты на качество электроэнергии не предусматриваются вовсе. Можно отметить, что в стандартах нормирование или совсем не предусматривается или носит лишь рекомендательный характер. Конечно же ясно, с чем может быть связано такое положение: теория интергармоник является новой, это малоизученная область, в сравнении с теориями высших гармоник. В настоящее время, в связи с условиями роста различных мощных нелинейных нагрузок, является не полным анализ качества электроэнергии, который не учитывает влияние интергармоник.

Европейским стандартом EN 50160 был введен в электротехническую практику, в 1994 появился абсолютно новый норматив качества электроэнергии — интергармоники. В соответствии со стандартом Международной электротехнической комиссии и документу Рабочей группы IEEE интергармоники — это гармонические колебания с частотами, которые не кратными частоте питающей сети [2, с. 4]

Во время анализа формы, синусоиды переменного тока гармоника и интергармоники формулируются как компоненты спектра в квазиустойчивом состоянии в каком-либо диапазоне частот. В таблице 1 представлены их математические определения.

**Таблица 1.**

**Спектральные составляющие волны (частоты  $f$ )**

Гармоника	$f = nf_1$ , где $n \in \mathbb{Z}$ , $n > 0$
Компонента постоянного тока	$f = nf_1$ где $n = 0$
Интергармоника	$f \neq nf_1$ , где $n \in \mathbb{Z}$ , $n > 0$
Субгармоника	$f > 0$ Гц и $f < f_1$
$f_1$ — основная частота напряжения	

В данном случае, слово «субгармонический» не содержит официального определения, и является всего лишь частным случаем интергармоники, когда частота интергармоники меньше частоты основной частоты. Тем не менее, этот термин часто встречается в текстах и употребляем в профессиональном обороте [2, с. 9].

Интергармоническая частота — это любая частота, которая не кратна основной частоте. Аналогично, с порядком кратности гармоник порядок интергармонической частоты основан на отношении к основной частоте. Если это отношение меньше единицы, то такую гармоническую частоту называют субгармонической. В соответствии с рекомендацией Международной электротехнической комиссии порядок интергармонических частот обозначается буквой «m» [2, с. 2].

В наши дни нормирование интергармоник находится на стадии разработки и не предусматривается стандартами на качество электроэнергии большинством различных стран. В ряде стандартов нормирование интергармоник носит характер рекомендаций. Например, стандартом МЭК предусматривается ограничение уровней интергармоник напряжения значением 0,2 % от номинального [1, с. 3]. Но несмотря на это, ограничение принято только с точки зрения фликера и влияния интергармоник на низкочастотные

линии питания управляющих сигналов. Нужно отметить, что в России нормирование интергармоник не производится.

Такое положение связано с тем, что теория интергармоник является относительно новой и, как следствие, малоизученной по сравнению с теорией высших гармоник. Однако, на сегодняшний день, в условиях роста различных мощных нелинейных нагрузок анализ КЭ без учета влияния интергармоник на уровне электромагнитной совместимости в промышленных электрических сетях является неполным. В связи с этим представляет интерес изучение причин возникновения ИГ, разработка методов их расчета, нормирования и снижения уровней [9, с. 36].

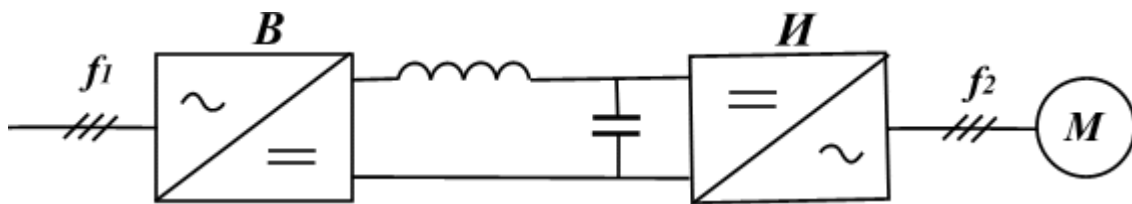
Публикация документов о вопросах качества электроэнергии говорит о повышенном внимании за рубежом к проблемам качества электрической энергии.

В качестве основного интервала времени при измерениях показателей качества электроэнергии, относящихся к напряжению, гармоникам, в системах электроснабжения частотой 50 Гц должен быть интервал длительностью 10 периодов (т. е. приблизительно 0,2 с (с учетом реального значения частоты)). Пропуски между интервалами измерения не допускаются. Отечественные приборы, установленные для измерений показателей качества электроэнергии, этим требованиям не соответствуют, так как для приборов по ГОСТ 13109–97 допускается применение интервалов измерения от 5 до 25 периодов с возможностью пропусков между ними. Неопределенность измерений показателей КЭ на основных интервалах времени 10 периодов включается в неопределенность измерения каждого показателя КЭ, указываемую в протоколе измерений [6, с. 14].

В настоящее время в Российской Федерации действует межгосударственный стандарт ГОСТ Р 54149-2010, который также не даёт каких-либо определенных указаний по нормированию ИГ, поясняя, что допустимые уровни интергармонических составляющих напряжения электропитания находятся на рассмотрении [5, с. 3].



Преобразователи частоты (ПЧ), в последние годы всё более широко применяемые в металлургии, машиностроении, на предприятиях лёгкой промышленности; также являются источниками интергармоник. На рис. 1 представлена структурная схема ПЧ со звеном постоянного тока. ПЧ состоит из выпрямителя В, инвертора И (как правило инвертора напряжения) и индуктивно-емкостного фильтра [9, с. 3].



**Рисунок 1. Преобразователь частоты со звеном постоянного тока**

Спектральный состав входного ( сетевого) тока может быть определён по формуле [13]:

$$f_{uz} = |(p_1 m \pm 1) f_1 \pm n p_2 f_2|, \quad (1)$$

где:  $f_{uz}$  — частоты интергармоник, Гц;

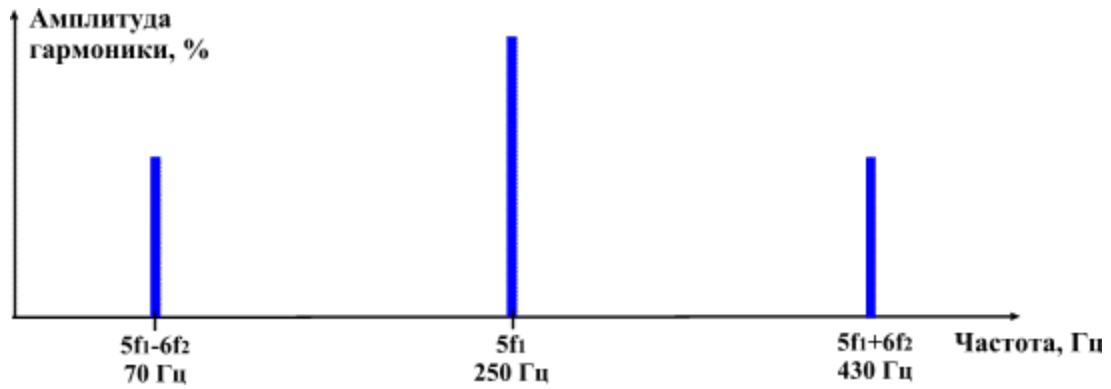
$p_1, p_2$  — пульсность выпрямителя и инвертора;

$m$  — целое положительное число, включая ноль (0, 1, 2...);

$n$  — целое положительное число (1, 2, 3...);

$f_1, f_2$  — частоты выпрямителя и инвертора, Гц.

Рассмотрим приведённый спектр частот вокруг канонической 5-й гармоники (рис. 2). Как правило,  $f_1 \neq f_2$ , поэтому вокруг каждой частоты канонической ВГ появляется ряд боковых частот интергармоник.



**Рисунок 2. Спектр частот интергармоник вокруг канонической 5-й гармоники**

Функция входного тока, содержащего пару интергармоник может быть представлена в следующем виде [13]:

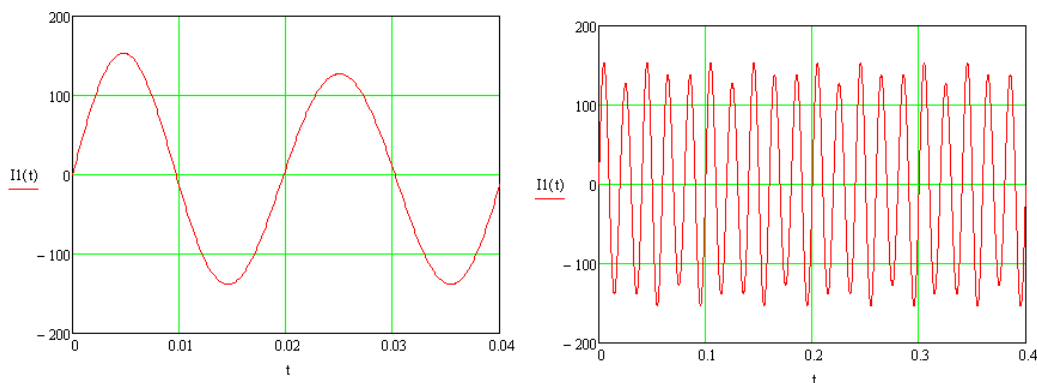
$$i(t) = \sqrt{2}I_m [\sin(2\pi f_1 t) + m_1 \sin(2\pi f_{uz1} t + \varphi_1) + m_2 \sin(2\pi f_{uz2} t + \varphi_2)] \quad (2)$$

где:  $I_m$  — амплитудное значение тока, А;

$m_1, m_2$  — относительные значения амплитуд пары интергармоник;

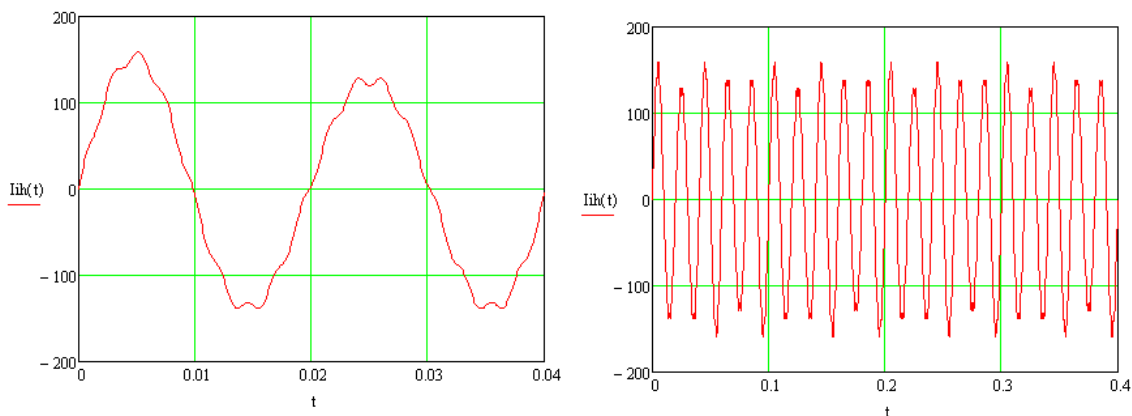
$f_{uz1}, f_{uz2}$  — частоты интергармоник, полученные по формуле (1).

Чтобы проанализировать влияние пары интергармоник на характер формы кривой сетевого тока построим функцию тока в программе MathCad. На рисунке 3 представлено влияние частоты 70 Гц при относительном значении амплитуды интергармоники  $m_1 = 0,1$ . Видим, что данная интергармоника вызывает характерные «биения» — колебания амплитудного значения.



**Рисунок 3. Вид кривой сетевого тока при сложении частот 70 Гц и 50 Гц**

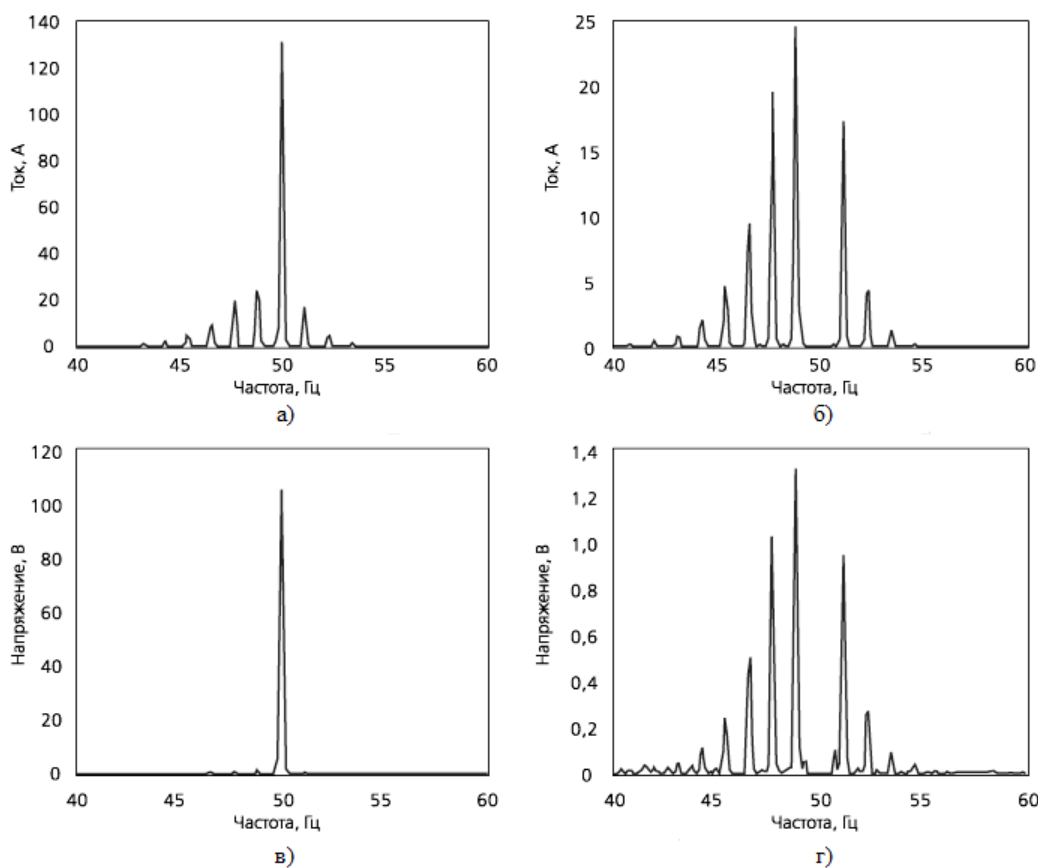
При наложении интергармоники частотой 430 Гц, кроме отмеченных выше колебаний амплитудного значения тока, происходит также и искажение синусоидальности формы кривой (рис. 4).



**Рисунок 4. Вид кривой сетевого тока при сложении частот 70, 50 и 430 Гц**

Дуговые печи создают значительные интергармоники тогда, когда в результате резонанса происходит их усиление. Переходные процессы (источник интергармоник) практически всегда возникают в начале режима плавления. Сварочные аппараты свершают непрерывные по спектру частот составляющие, для каждого режима свои. Длительность каждого процесса колеблется от одной до нескольких секунд в зависимости от типа сварочного аппарата [2, с. 3].

Источником интергармоник могут являться электродвигатели из-за щелей между металлом в роторе и статоре, в наибольшей степени при насыщении магнитного контура. При постоянной скорости вращения частоты возмущающих компонентов обычно находятся в пределах 500—2000 Гц, но в период пуска и разгона двигателя этот диапазон может быть шире. Естественные элементы асимметрии конструкции электропривода (отклонения от детальныx чертежных геометрических размеров, несоосность и т. п.) могут также являться причиной возникновения интергармоник (рис. 5) [1, с. 7].



**Рисунок 5. Результаты спектроизмерения фаз тока и напряжения электродвигателя на его разъемах; а) и в) — полные частотные спектры тока и напряжения соответственно, б) и г) — спектры тока и напряжения с исключенными основными частотами**

Влияние ИГ на системы электроснабжения:

- возникновение помех в усилителях звуковой частоты;
- нарушение работы устройств, основанных на измерении моментов перехода напряжения через нуль, например регуляторов силы источников света;
- возникновение помех в катушках индуктивности (явление магнитострикции);
- блокирование или нарушение работы приемников сигналов, передаваемых в электрических сетях, использующих контроль пульсаций.

Интергармоники вызывают дополнительный нагрев оборудования и, как следствие, сокращение срока службы изоляции, кроме того являются причиной дополнительных потерь активной электроэнергии, ошибочного функционирования устройств связи, измерения, управления и регулирования.

В промышленных сетях низкочастотные гармоники тоже вызывают колебания и искажения синусоидальной формы питающего напряжения, а токи интергармоник могут возникнуть причиной перегрузки резонансных и полосовых фильтров высших гармоник [10, с. 3].

Принимая во внимание негативное влияние интергармоник на элементы систем электроснабжения, постоянное увеличение электроприёмников, являющихся источниками интергармоник, в будущем необходимо уделять внимание задачам исследования явления появления интергармоник, а также приведения действующей нормативной базы к международным стандартам.

### **Список литературы:**

1. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. 5-е изд., перераб. и доп. / Жежеленко И.В., М.: Энергоатомиздат, 2005 — 358 с.
2. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. Значение новых стандартов ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008) и ГОСТ Р 51317.4.7–2008 (МЭК 61000-4-7:2002) для работ по оценке и мониторингу качества электрической энергии/ Балаков Ю.Н., Энергобезопасность и энергосбережение. М., — 2009. — № 4, — С. 10—14.
4. Интергармоники тягового тока и напряжения на токоприемнике электрического транспорта. / Саблин О. И., Электрика, 2012. № 10.
5. МЭК 61000-4-30:2008. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4—30. Методы испытаний и измерений. Методы измерений качества электрической энергии.
6. Причины появления интергармоник, генерируемых непосредственными преобразователями частоты, и подход к их нормированию/ Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л., Бараненко Т.К., Вісник ПДТУ. Маріуполь, 2004. № 14.
7. Электромагнитная совместимость / Жежеленко И.В., Электрика, — 2008. — № 10. — С. 3—11.
8. Characterizing voltage fluctuations caused by a pair of interharmonics/ Yong J., Tayjasant T., Xu W., Sun C. , IEEE Transactions of power delivery. Vol. 23. № 1. January 2008. — P. 319—327.
9. IEC 61000-2-2: Electromagnetic Compatibility (EMC); Part 2-2: Environment Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems. 2000. — 29 с.
10. Interharmonics in power systems / IEEE Interharmonic Task Force, Cigré 36.05/CIRED 2 CC02 Voltage Quality Working Group. 1997. — P. 1—9.

## СЕКЦИЯ 13.

### МАТЕМАТИКА

#### ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

**Егоров Нестер Александрович**

*студент 4 курса, кафедра алгебры и геометрии ИМИ СВФУ,*

*РФ, г. Якутск*

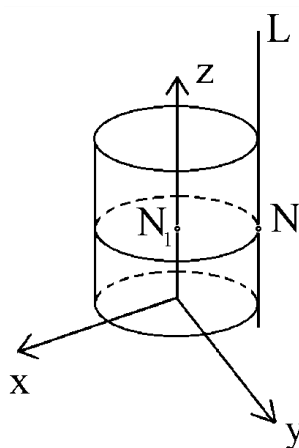
*E-mail: [egrvnester@mail.ru](mailto:egrvnester@mail.ru)*

**Попов Олег Николаевич**

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ИМИ СВФУ,*

*РФ, г. Якутск*

Как известно, в трёхмерном пространстве круговой цилиндр можно получить вращением прямой  $L$  параллельной некоторой оси вокруг этой оси (рис. 1). Уравнение цилиндра задается в виде  $x^2 + y^2 = R^2$  для любого значения  $z$ . Заметим, что в направляющей кругового цилиндра является окружность (одномерная сфера).



**Рисунок 1. Вращение прямой  $L$  вокруг оси  $z$**

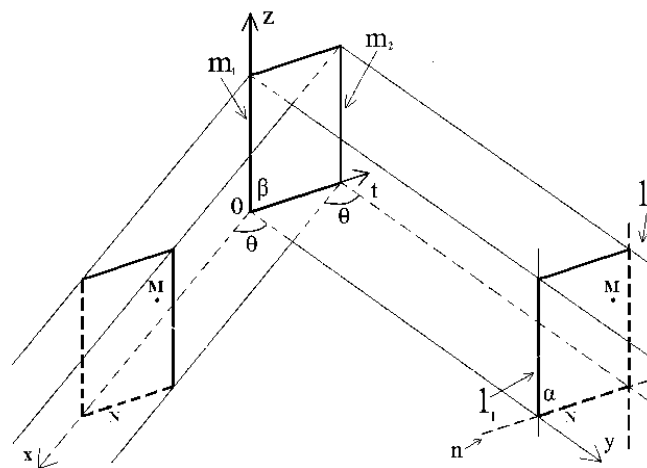
«При этом вращении прямой  $L$ , каждая её точка  $N$  вращается вокруг соответствующей точки  $N_1$  оси  $z$ , образуя окружность. Семейство полученных

таким образом окружностей зависит от параметра  $z$  и является искомым цилиндром» [1, с. 122].

«Проведём аналогичное вращение, поднявшись на размерность выше, вращая плоскость  $\alpha$ , расположенную в пространстве  $Oxyz$ ,  $x=0$  (аналог прямой  $L$ ) вокруг координатной плоскости  $\beta$   $Otz$ ,  $y=0$ ,  $x=0$  (аналог оси  $z$ ) в четырёхмерном пространстве (рис. 1, рис. 2). Из рисунка 2 видно, что прямые  $l_1$  и  $l_2$ , лежащие на плоскости  $\alpha$  перпендикулярно координатной плоскости  $Oxy$ ,  $x=0$ ,  $z=0$  вращаются соответственно вокруг прямых  $m_1$  и  $m_2$ , расположенных на плоскости  $Otz$ ,  $y=0$ ,  $x=0$ » [2, с. 33].

При этом прямая  $l_1$  своим вращением образует цилиндр в пространстве  $Oxyz$ ,  $t=0$ , уравнение которого имеет вид  $x^2 + y^2 = R^2$ .

Очевидно, любая прямая плоскости  $\alpha$ , параллельная  $l_1$ , вращаясь вокруг своей оси, также порождает двумерную поверхность — цилиндр в трёхмерном пространстве.



**Рисунок 2. Вращение плоскости  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$**

Совокупность всех прямых данной плоскости, параллельных  $l_1$ , будут порождать семейство двумерных цилиндров с параметром  $t$ , образующее трёхмерную поверхность в четырёхмерном пространстве  $Oxyz$ . Уравнением цилиндра данного семейства при фиксированном значении  $t=t_0$  является  $x^2 + y^2 = R^2, t = t_0$ .

Отпуская параметр  $t$  с фиксированного значения  $t_0$ , получим уравнение  $x^2 + y^2 = R^2$  (1).

Данное уравнение описывает геометрический образ трёхмерной поверхности, полученной вращением плоскости  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$ , в четырёхмерном пространстве.

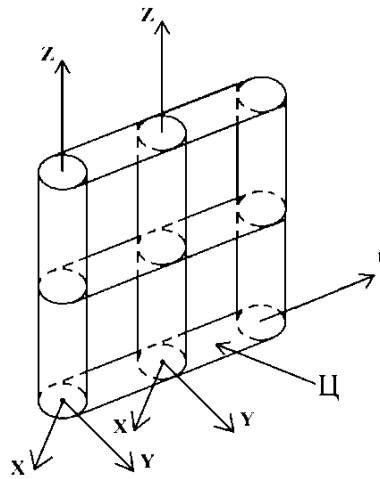
Рассмотрим прямую  $n$ , которая является пересечением  $\alpha$  с плоскостью  $Oyt$ ,  $x=0, z=0$ .

Проанализируем, как вращается произвольно взятая точка  $N$  на рассматриваемой прямой при вращении плоскости  $\alpha$  вокруг координатной плоскости  $\beta$ . Из рисунка 2 видно, что точка  $N$  описывает окружность вокруг оси  $Oz$ , располагаясь в плоскости  $Oxy$ ,  $z=0, t=0$ .

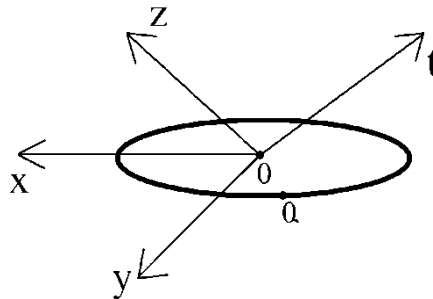
Однако точка  $N$  также вращается и вокруг оси  $Ot$ , так как данная ось также перпендикулярна плоскости окружности и пересекает эту плоскость в той же точке, что и ось  $Oz$  (рис. 4). Это означает, что прямая  $n$  вращается вокруг оси  $Ot$  (так как вокруг оси  $Ot$  вращается каждая её точка). При этом в пространстве  $Oxyt$ ,  $z=0$  образуется двумерный круговой цилиндр  $\Pi$  (рис. 3), который является направляющей поверхностью цилиндра (1), полученного вращением плоскости  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$  (рис. 3, рис. 5). Уравнение этого цилиндра имеет вид  $x^2 + y^2 = R^2, z = 0$ .

Заметим, что при вращении отрезка вокруг оси получается цилиндр, в основании которого находится окружность, т. е. одномерная сфера. «В случае вращения прямоугольника с двумя бесконечными противоположными сторонами вокруг плоскости образуется трёхмерный цилиндр, в основании которого находится двумерный цилиндр» [3, с. 235].



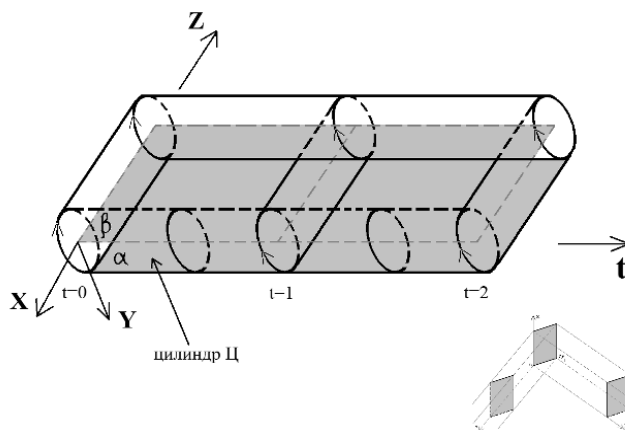


**Рисунок 3. Круговой цилиндр Ц, полученный вращением плоскости  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$**



**Рисунок 4. Точка Q одновременно вращается вокруг оси Oz и Ot**

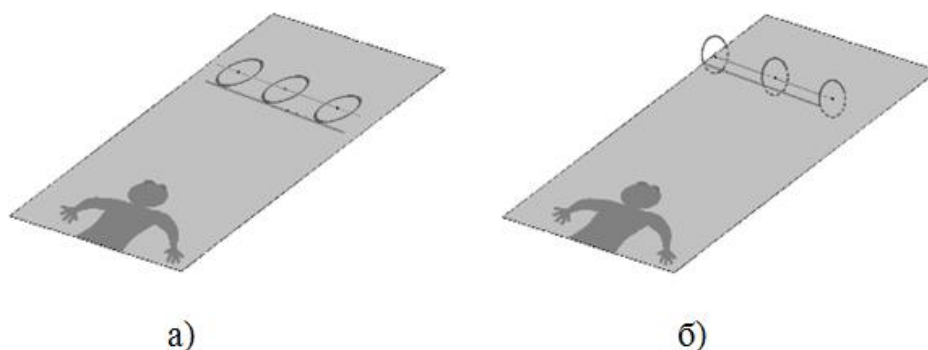
Рассмотрим на рис. 5 как вращается плоскость  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$ . На рисунке видно, что каждая прямая плоскости  $\alpha$ , параллельная оси Oz описывает цилиндр. Совокупность вращений всех этих прямых создаёт вращение плоскости  $\alpha$  вокруг  $\beta$  и при этом создаётся иллюзия прохождения  $\alpha$  сквозь плоскость  $\beta$  (хотя во время вращения плоскостине должны пересекаться).



**Рисунок 5. Вращение плоскости  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$**

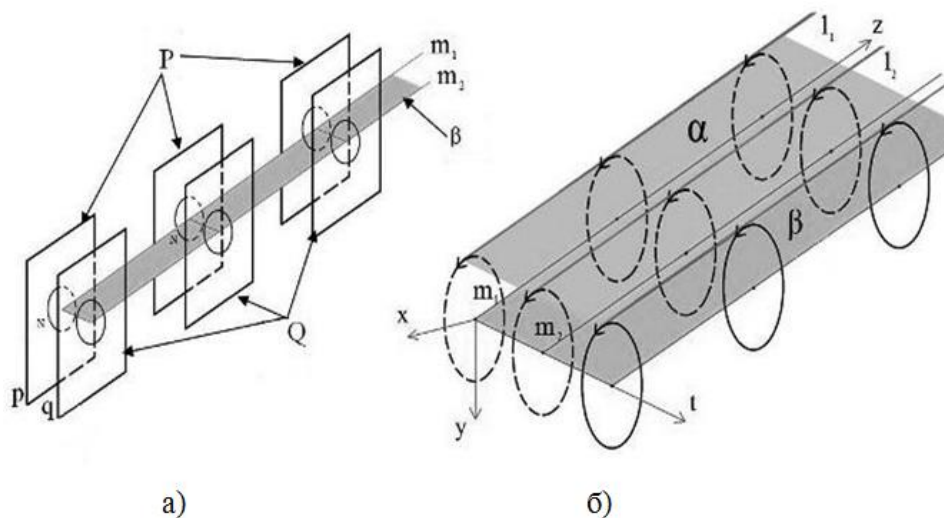
Зададимся вопросом. Возникнет ли у двумерного человека подобная иллюзия при его попытке наглядно представить вращение прямой относительно другой прямой в трёхмерном пространстве?

Пусть плоскость  $\alpha$  является пространством двумерного человека и параллельные прямые  $\sigma$  и  $\sigma_1$  расположены в этой плоскости. При вращении прямой  $\sigma$  вокруг  $\sigma_1$  каждая точка  $N$  прямой  $\sigma$  движется по окружности, расположенной в трёхмерном пространстве (рис. 6, б)). Жизненное пространство двумерного человека ограничено плоскостью  $\alpha$ . Поэтому пытаясь представить окружности, получаемые движением точек  $\sigma$ , он вынужден расположить их в своей плоскости (рис. 6, а)). В результате у него прямая  $\sigma$  как совокупность вращающихся точек будет двигаться в плоскости  $\alpha$ . При этом неизбежно возникнет иллюзия того, что вращаемая прямая при своём движении проходит через ось  $\sigma_1$ . В действительности же прямая  $\sigma$ , движется вне плоскости по третьему измерению, образуя круговой цилиндр. Также и в четырёхмерном пространстве мы вынуждены представлять движение плоскости в том же пространстве, где находимся сами. В реальности при вращении плоскость, выйдя из нашего пространства, движется по четвертому измерению.



**Рисунок 6. а) Двумерный человек, пытаясь представить окружности, получаемые движением точек  $\sigma$ , он вынужден расположить их в плоскости; б) При вращении прямой  $\sigma$  вокруг  $\sigma_1$  каждая точка  $N$  прямой  $\sigma$  движется по окружности, расположенной в трёхмерном пространстве**

Приведём рассуждения логически объясняющие, почему плоскости  $\alpha$  и  $\beta$  не пересекаются при рассматриваемом вращении на рисунке 5. Пусть параллельные пространства  $P$  и  $Q$  получены движением плоскостей  $p$  и  $q$  (рис 7, а)). Далее рассмотрим на рисунке 7, б) трёхмерный цилиндр, получаемый вращением плоскости  $\alpha$  ( $\alpha$  проходит через прямые  $l_1, l_2$ ) вокруг плоскости  $\beta$  ( $\beta$  проходит через прямые  $m_1, m_2$ ). При данном вращении каждая точка прямой  $l_1$  вращается вокруг оси  $m_1$  в пространстве  $P=Oxyz$ . Плоскость  $\beta$  пересекается с пространством  $P$  только по прямой  $m_1$  (рис. 7, б)). Поэтому прямая  $l_1$  при своём вращении не пересекает плоскость  $\beta$ . Точно также прямая  $l_2$ , вращаясь вокруг прямой  $m_2$  в пространстве  $Q$ , не будет пересекать плоскость  $\beta$ . Прделанные рассуждения можно распространить и на остальные прямые, лежащие на плоскости  $\alpha$  параллельно прямым  $l_1, l_2$ . Следовательно, плоскость  $\alpha$  не пересекает плоскость  $\beta$ .

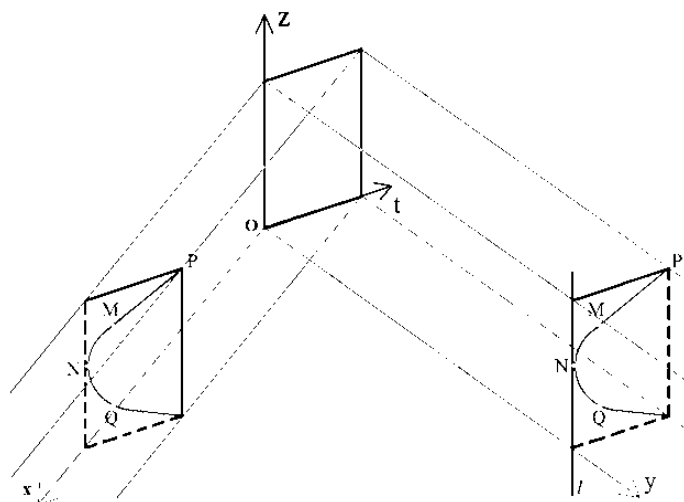


**Рисунок 7. а) Параллельные пространства  $P$  и  $Q$  получены движением плоскостей  $p$  и  $q$ ; б) Трёхмерный цилиндр, получаемый вращением плоскости  $\alpha$  вокруг плоскости  $\beta$**

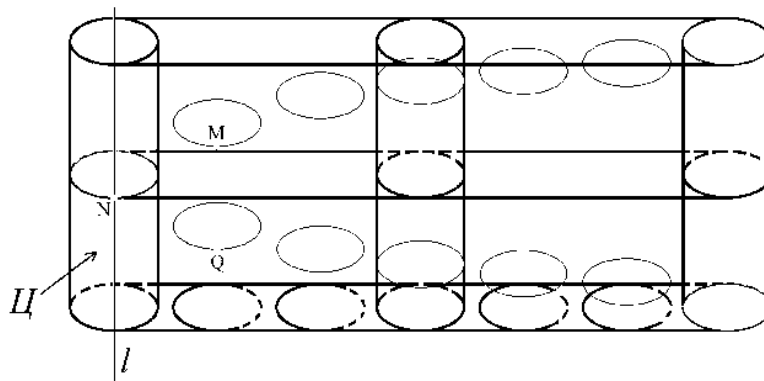
Далее мы будем рассматривать геометрические объекты, получаемые вращением одномерных кривых вокруг плоскости в четырёхмерном пространстве. Рассмотрим вращение кривой  $p$  (рис. 8). Сразу понять, что представляет собой поверхность вращения данной кривой достаточно

сложно. Однако оказывается, что знание строения цилиндра (рис. 5), получаемого вращением одной плоскости вокруг другой в четырёхмерном пространстве, позволяет достаточно просто представить геометрические образы вращения кривых вокруг некоторой плоскости.

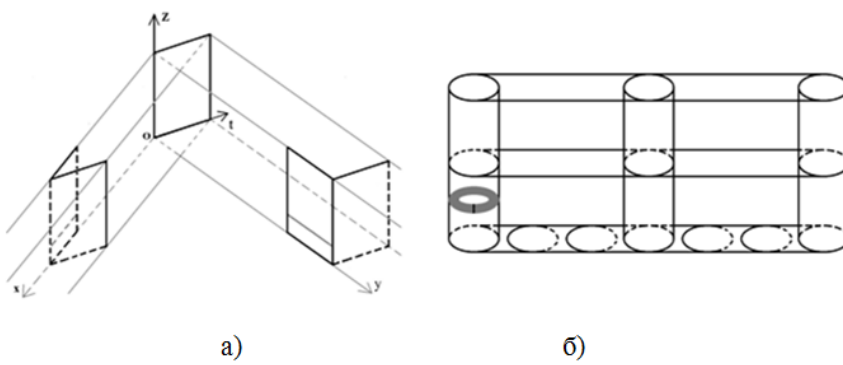
Точка  $N$ , лежащая на кривой  $p$  (рис. 8, рис. 9) будет описывать окружность, которая является направляющей цилиндра  $\Pi$ , расположенного в пространстве  $Oxyz$ ,  $t=0$  ввиду того, что точка  $N$  лежит на прямой  $l$ , вращение которой образует цилиндр  $\Pi$ . Нетрудно понять, что остальные точки кривой также будут описывать окружности в пространствах  $Oxyz$  при различных значениях  $t$ . Совокупность этих окружностей определяет трубчатую двумерную поверхность в четырёхмерном пространстве с образующей кривой  $p$ . Сечениями этой поверхности пространствами  $Oxyz$ ,  $t = t_0, t_0 \neq 0$  будут пары рассмотренных окружностей. Проекция данной поверхности на координатное пространство  $Oxyz$ ,  $t=0$  представляет собой двумерный цилиндр  $\Pi$  (рис. 9). На рисунках 10, 11 и 12 представлены одномерные геометрические объекты и их поверхности вращения. Рис. 10 и рис. 11: а) отрезки; б) поверхности вращения — «шайба» и усечённый конус. Рис. 12: а) два взаимно перпендикулярных пересекающихся отрезка — «крест»; б) поверхность вращения — два пересекающихся цилиндра, лежащие в двух взаимно перпендикулярных пространствах.



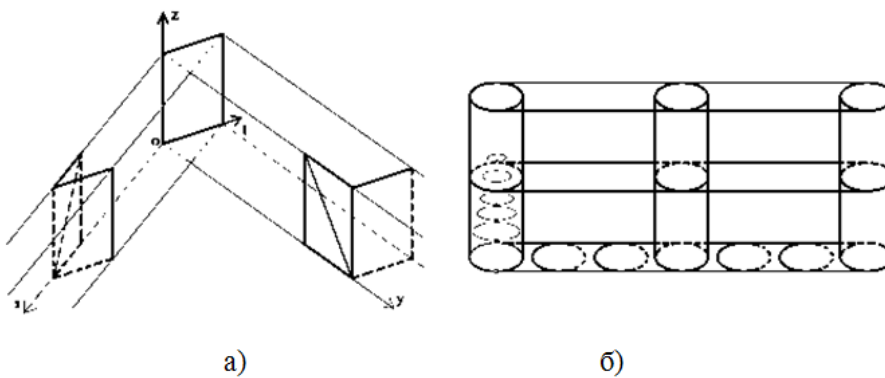
**Рисунок 8. Вращение кривой  $p$**



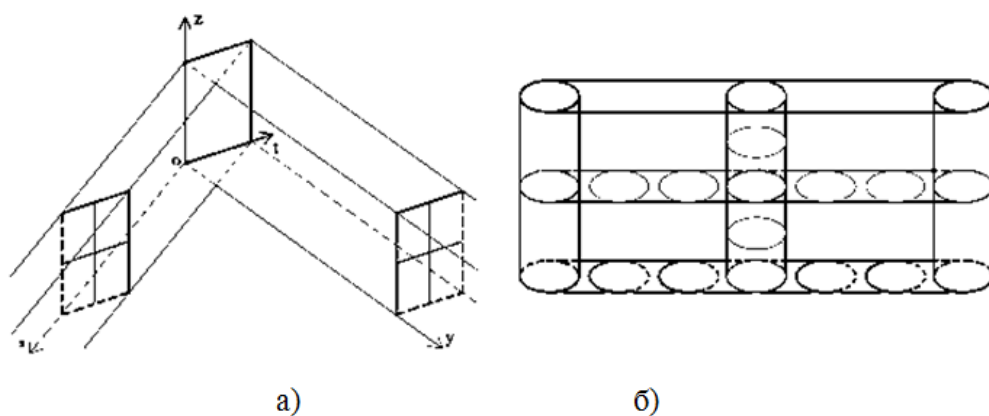
**Рисунок 9. Проекция поверхности на координатное пространство представляет двумерный цилиндр  $\mathcal{C}$**



**Рисунок 10. а) Одномерный геометрический объект — отрезок;  
б) Поверхность вращения — «шайба»**



**Рисунок 11. а) Одномерный геометрический объект — отрезок;  
б) Поверхность вращения — усечённый конус**



**Рисунок 12. а) Одномерный геометрический объект — два взаимно перпендикулярных пересекающихся отрезка — «крест»; б) Поверхность вращения — два пересекающихся цилиндра, лежащие в двух взаимно перпендикулярных пространствах**

Заключение: разработан метод, на интуитивном уровне формирующий представление о геометрических образах поверхностей вращения в четырехмерном пространстве.

### Список литературы:

1. Александров А.Д., Нецветаев Н.Ю. Геометрия: учеб. пособие. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. — 672 с.
2. Баишева М.И., Кутукова Л.Т. Тезисы XI Республиканской научно-методической конференции, посвященной 90-летию В.В. Алексева и 80-летию Т.Н. Селляховой. Якутск: ИД СВФУ, 2014. — 56 с.
3. Гриб Е.Н., Гриб Н.Н., Павлов С.С. Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов в г. Нерюнгри, с международным участием. Том 2. Нерюнгри: Печатный Двор, 2013 — 436 с.

# РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

*Зенг Валерия Андреевна*

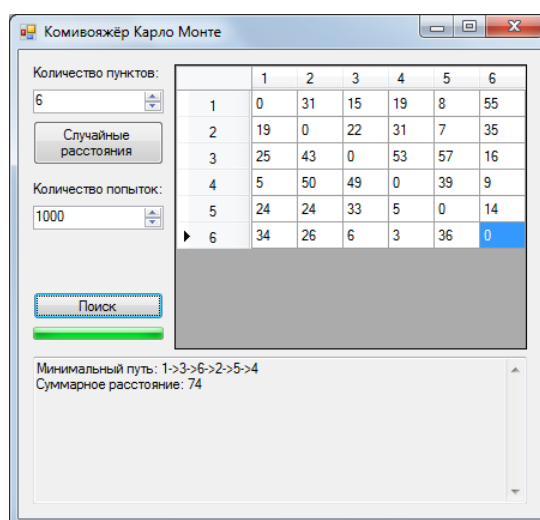
*студент 3 курса, кафедра «Дизайн и технологии медиа индустрии» ОмГТУ,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [valeriyazeng@mail.ru](mailto:valeriyazeng@mail.ru)*

*Степанов Владимир Николаевич*

*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук,  
доцент каф. «Высшая математика» ОмГТУ,  
РФ, г. Омск*

Задача коммивояжёра является классической задачей дискретной оптимизации и имеет многочисленные приложения: транспортные задачи, задачи соединения пунктов линией электропередач и т. д. Задача коммивояжера состоит в следующем: он должен объехать ряд населенных пунктов, пробыв в каждом пункте только один раз и вернуться в исходный пункт. Какой маршрут должен выбрать коммивояжёр, чтобы пройденный путь был наименьшей длины? [1, с. 59].

Решение задачи коммивояжера методом Монте-Карло строится на случайном выборе каждого следующего города, через который будет проходить путь. При использовании программы ответ носит вероятностный характер и может сильно отличаться от правильного решения задачи коммивояжера. Но при увеличении числа испытаний погрешность ответа уменьшается [2, с. 395].



**Рисунок 1 Внешний вид программы**

Пусть имеется полный граф с  $n$  вершинами, заданный матрицей расстояний  $C = \|c_{ij}\|$ . Вершину  $v_1$  примем за начальную и случайным образом выберем остальные вершины [1, с. 80]. В программе это выглядит так:

```
public partial class Form1 : Form
{
    int N;
    public Form1()
    {
        InitializeComponent();
    }
    private void numericUpDown1_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
    {
        N = (int)numericUpDown1.Value;
        dataGridView1.RowCount = N;
        dataGridView1.ColumnCount = N;
        for (int i = 0; i < N; i++)
        {
            dataGridView1.Rows[i].HeaderCell.Value = "" + (i + 1);
            dataGridView1.Columns[i].HeaderText = "" + (i + 1);
        }
    }
    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        Random r = new Random();
        for (int i = 0; i < N; i++)
            for (int j = 0; j < N; j++)
                dataGridView1[i, j].Value = r.Next(0, 10);
    }
    private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
```



```

double[,] A = new double[N, N];
for (int i = 0; i < N; i++)
for (int j = 0; j < N; j++)
A[i,j] = Convert.ToDouble(dataGridView1[j, i].Value);

```

```

textBox1.Text = "";
Random r = new Random();
int M = (int)numericUpDown2.Value;
progressBar1.Maximum = M-1;
double sumbest = double.PositiveInfinity;
int[] pbest = new int[N];
for (int m = 0; m < M; m++)
{
int[] p = new int[N];
for (int i = 0; i < N; i++)
p[i] = i;
for (int i = 1; i < N; i++)
{
int j = r.Next(1, N);
int t = p[i];
p[i] = p[j];
p[j] = t;
}
}

```

Предположим, что остальные вершины появились в порядке  $i_1 i_2 i_3 i_n$  где  $i_k$  — номер вершины при  $k$ -ом выборе. Получим гамильтонов контур:

$$\mu = [1, i_2^{(1)}, i_3^{(1)}, \dots, i_n^{(1)}, 1]$$

Посчитаем длину этого контура и запомним ее. Повторим эту процедуру еще раз и сравним полученные результаты, выбрав наименьший, и запомним только его [1, с. 80]. В нашей программе это выглядит так:

```
if (sum < sumbest)
{
    sumbest = sum;
    pbest = p;
}
progressBar1.Value = m;
}
textBox1.Text = textBox1.Text + "Минимальный путь: 1";
for (int i = 1; i < N; i++)
    textBox1.Text = textBox1.Text + "->" + (pbest[i] + 1);
    textBox1.Text = textBox1.Text + "\r\nСуммарное расстояние: " + sumbest +
"\r\n";
}
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    numericUpDown1_ValueChanged(sender, e);
    button1_Click(sender, e);
}
}
double sum = 0;
for (int i = 0; i < N - 1; i++)
    if (A[p[i], p[i + 1]] == 0 || sum > sumbest)
    {
        sum = double.PositiveInfinity;
        break;
    }
else
```

```

sum = sum + A[p[i], p[i + 1]];
if (A[p[N - 1], p[0]] == 0)
sum = double.PositiveInfinity;
else
sum = sum + A[p[N - 1], p[0]];
if (sum < sumbest)
{
sumbest = sum;
pbest = p;
}

```

В заключение, хотелось бы добавить, что вышеприведенный алгоритм был протестирован по следующим параметрам: количество городов, количество попыток и количество верных ответов при прохождении программы 100 раз.

Данные занесены в таблицу:

*Таблица 1.*

**Результаты тестирования алгоритма**

Номер варианта	Количество городов	Количество попыток	Количество правильных ответов, %
1	6	10	9
		100	48
		1000	100
2		10	8
		100	65
		1000	100
3		10	11
		100	63
		1000	100

Основываясь на результатах, представленных в таблице, можно сделать вывод о том, что применение метода Монте-Карло дает оптимальное решение в большинстве случаев, если количество попыток превосходит 1000.

**Список литературы:**

1. Акимов О.Е. Дискретная математика. Логика, группы, графы. М.: Лаборатория базовых знаний, 2003. — 376 с.
2. Степанов В.Н. Дискретная математика: графы и алгоритмы на графах. Омск: Издательство ОмГТУ, 2010. — 116 с.

# **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТАВЩИКОВ ТОРГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЮВЕЛИРНОГО МАГАЗИНА «АДАМАС» МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

***Фролова Яна Викторовна***

*студент 5 курса, кафедра УИТЭС ВлГУ,*

*РФ, г. Владимир*

*E-mail: [yanochka.44@mail.ru](mailto:yanochka.44@mail.ru)*

***Чернов Владимир Георгиевич***

*научный руководитель, д-р экон. наук, профессор кафедры УИТЭС ВлГУ,*

*РФ, г. Владимир*

Компания АДАМАС была основана в 1993 году и на сегодняшний день является крупнейшим производителем ювелирных изделий в России.

Завершающим этапом бизнес-цикла данного предприятия является реализация произведенной продукции. При этом торговое оборудование на данном этапе имеет немаловажное значение, ведь товар должен быть представлен максимально привлекательным образом, чтобы он был виден в любом ракурсе и во всех деталях.

Розничная сеть АДАМАС развивается с 1994 года и в настоящий момент представлена более чем 250 собственными и работающими по франшизе магазинами по всей России.

В г. Владимир расположено 2 магазина. Планируется открывать третий.

В связи с этим перед компанией АДАМАС встала задача выбора поставщика торгового оборудования для данного магазина.

К ювелирному торговому оборудованию относятся мебель (витрины, прилавки и т. п.) и демонстрационно-выставочное оборудование (объёмные подставки, планшеты, подиумы, бюсты, ювелирная упаковка, зеркала, лупы, пальцемеры, кольцемеры, ювелирные таблички, ценники).

В логистике для оценки и выбора поставщиков используются преимущественно два метода: балльный метод и метод попарных сравнений.

Минусом балльного метода является высокая степень субъективности оценки, особенно в определении весомости фактора. Этот недостаток можно

в значительной степени исправить, используя метод попарных сравнений [6]. У него существует множество модификаций. Остановимся на одной из них, которая называется методом анализа иерархий (МАИ).

Это более рациональная методика выбора поставщиков. При его использовании принятие решения основано на оценке обширной, далеко не всегда однозначной информации. Метод предполагает постоянное сравнение двух факторов на основе некоторой шкалы предпочтений (таблица 1).

**Таблица 1.**

### Шкала предпочтений МАИ

Оценка	Определение	Пояснение
1	Факторы равнозначны	Факторы вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Незначительное предпочтение	Опыт и суждения дают незначительное предпочтение одному фактору перед другим
5	Существенное предпочтение	Опыт и суждения дают существенное предпочтение одному фактору перед другим
7	Очевидное предпочтение	Предпочтение одного фактора другому выражено очень ярко
9	Абсолютное предпочтение	Свидетельство в пользу предпочтения одного фактора другому в высшей степени убедительно
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение

Выбор факторов (критериев) для сравнения – один из важнейших этапов проведения анализа, так как именно по самым значимым критериям целесообразно выбирать поставщика. Поставщики будут анализироваться на основании следующих основных критериев:

1. цена продукции (стоимость единицы);
2. географическое расположение поставщика (удаленность от Владимира);
3. соблюдение сроков поставки (сроки);
4. качество услуг (материалы и обслуживание);
5. надежность компании (лет на рынке);
6. имидж компании (отзывы потребителей).

Существует множество производителей и дистрибьюторов торгового оборудования для ювелирной отрасли.

Для анализа поставщиков необходимо наличие информации о компаниях по каждому из выбранных критериев. Так как потенциальные поставщики не знакомы, будем руководствоваться информацией, представленной на официальных сайтах компаний. Но не у всех из них существует полная информация по интересующим нас аспектам (факторам), поэтому необходимо подвергать анализу лишь те компании, у которых такая информация представлена. Таким образом, для анализа были отобраны следующие компании, поставляющие оборудование для ювелирных салонов:

1. ООО «МНК Торговое оборудование» (Москва) [2];
2. ООО Фабрика торговой мебели «Вика» (Москва) [5];
3. ООО «Торговый проект» (Владимир) [4];
4. ООО «СТТ» (Москва) [3];
5. ЗАО «Гарант» (Санкт-Петербург) [1].

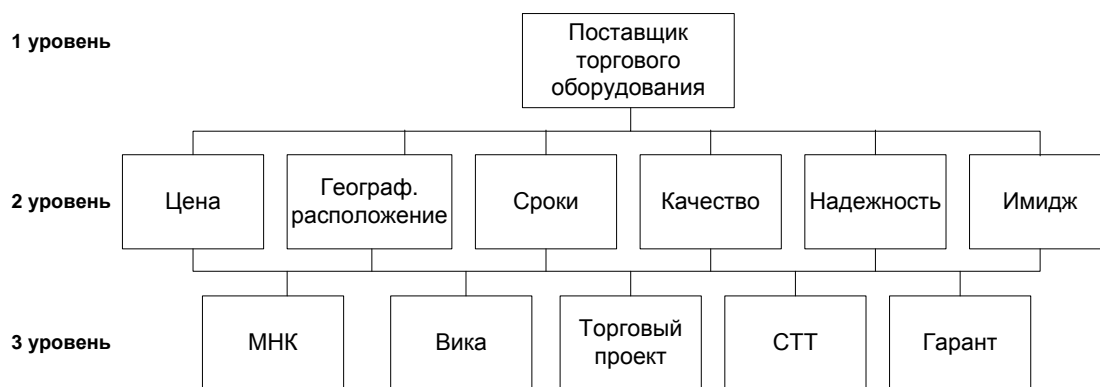
Метод анализа иерархии является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Метод состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и в дальнейшей обработке последовательности суждений лица, принимающего решения (ЛПР), по парным сравнениям. В результате может быть выражена относительная степень взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно. Метод анализа иерархий включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений.

В наиболее элементарном виде иерархия строится с вершины (целей — с точки зрения управления), через промежуточные уровни (критерии, от которых зависят последующие уровни) к самому низкому уровню (который обычно является перечнем альтернатив).

Исходя из условий задачи на первом (высшем) уровне находится общая цель – «Поставщик торгового оборудования». На втором уровне находятся

6 факторов или критериев, уточняющих цель, и на третьем (нижнем) уровне находятся 5 поставщиков торгового оборудования, которые должны быть оценены по отношению к критериям второго уровня.

Графическое представление иерархии изображено на рисунке 1.



*Рисунок 1. Графическое представление иерархии*

Когда проблема представлена иерархически, составляется матрица для сравнения относительной важности критериев на втором уровне по отношению к общей цели на первом уровне.

Подобные матрицы должны быть построены для парных сравнений каждой альтернативы на третьем уровне по отношению к критериям второго уровня.

Для решения нашей задачи потребуется семь таких матриц, одна для второго уровня иерархии и шесть — для третьего уровня.

В матрице сравнивается относительная важность левых элементов матрицы с элементами наверху. Если элемент слева важнее, чем элемент наверху, то в клетку заносится положительное целое (от 1 до 9) из таблицы 1; в противном случае — обратное число (дробь). Относительная важность любого элемента, сравниваемого с самим собой, равна 1; поэтому диагональ матрицы содержит только единицы. Симметричные клетки заполняются обратными величинами.

Далее, нужно вычислить множество собственных векторов для каждой матрицы, а затем нормализовать результат к единице, получая тем самым вектор приоритетов.

Одним из наилучших способов вычисления собственных векторов является геометрическое среднее. Необходимо перемножить элементы в каждой строке и извлечь корень n-й степени, где n — число элементов. Полученный таким образом столбец чисел нормализуется делением каждого числа на сумму всех чисел.

На рисунке 2 представлен пример вычисления вектора приоритетов.

	матрица $A_1 A_2 A_3 A_4$	Вычислите оценки компонент собственного вектора по строкам	Нормализуйте результат для получения оценки вектора приоритетов
$A_1$	$\frac{w_1}{w_1} \frac{w_1}{w_2} \frac{w_1}{w_3} \frac{w_1}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_1 * w_1 * w_1 * w_1}{w_2 * w_3 * w_4}} = a$	$\frac{a}{\text{сумма}} = X_1$
		+	
$A_2$	$\frac{w_2}{w_1} \frac{w_2}{w_2} \frac{w_2}{w_3} \frac{w_2}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_2 * w_2 * w_2 * w_2}{w_1 * w_3 * w_4}} = b$	$\frac{b}{\text{сумма}} = X_2$
		+	
$A_3$	$\frac{w_3}{w_1} \frac{w_3}{w_2} \frac{w_3}{w_3} \frac{w_3}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_3 * w_3 * w_3 * w_3}{w_1 * w_2 * w_4}} = c$	$\frac{c}{\text{сумма}} = X_3$
		+	
$A_4$	$\frac{w_4}{w_1} \frac{w_4}{w_2} \frac{w_4}{w_3} \frac{w_4}{w_4}$	$\sqrt[4]{\frac{w_4 * w_4 * w_4 * w_4}{w_1 * w_2 * w_3}} = d$	$\frac{d}{\text{сумма}} = X_4$
		_____	
		сумма	

**Рисунок 2. Пример вычисления вектора приоритетов**

Следующим этапом является расчет индекса согласованности (ИС), который дает информацию о степени нарушения согласованности. Если отклонения от согласованности превышают допустимые пределы, тому, кто проводит суждения, следует перепроверить их в матрице. Для улучшения согласованности можно рекомендовать поиск дополнительной информации и пересмотр данных, использованных при построении шкалы.

Для вычисления индекса согласованности сначала суммируется каждый столбец суждений, затем сумма первого столбца умножается на величину



первой компоненты нормализованного вектора приоритетов, сумма второго столбца - на вторую компоненту и т. д. Затем полученные числа суммируются. Таким образом, можно получить величину, обозначаемую  $\lambda_{\max}$ .

Для индекса согласованности имеем формулу:

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \quad (1)$$

где: ИС — индекс согласованности;

$n$  — число сравниваемых элементов;

$\lambda_{\max}$  — максимальное собственное число матрицы.

Для обратносимметричной матрицы всегда  $\lambda_{\max} \geq n$ .

В таблице 2 даны средние согласованности для случайных матриц разного порядка.

**Таблица 2.**

**Средние согласованности для случайных матриц разного порядка**

Размер матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность (СС)	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Если разделить ИС на число, соответствующее случайной согласованности матрицы того же порядка, получим отношение согласованности:

$$ОС = ИС / СС, \quad (2)$$

где: ОС — отношение согласованности;

ИС — индекс согласованности;

СС — случайная согласованность матрицы того же порядка.

Величина ОС должна быть порядка 10 % или менее, чтобы быть приемлемой. В некоторых случаях можно допустить 20 %, но не более. Если ОС выходит из этих пределов, то участникам нужно исследовать задачу и проверить свои суждения.

Последним этапом является применение принципа синтеза. Для выявления составных, или глобальных, приоритетов в матрице локальные приоритеты располагаются по отношению к каждому критерию, каждый столбец векторов умножается на приоритет соответствующего критерия и результат складывается вдоль каждой строки.

### Решение задачи.

Построим матрицу попарных сравнений критериев на основе шкалы предпочтений. Производим расчет согласно формулам МАИ. Нормированные значения критериев (крайний справа столбец таблицы 3) отражают вес каждого критерия при выборе. Так же рассчитаем индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС) для проверки правильности суждений. Если ОС не превышает 10% , то суждения согласованы (таблица 3).

*Таблица 3.*

**Матрица попарных сравнений критериев (уровень 2)**

Общее удовлетворение поставщиком	Цена	Геогр. расп.	Сроки	Качество	Надежность	Имидж	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
Цена	1.00	9.00	5.00	3.00	4.00	7.00	3.947	0.429
Геогр. расп.	0.11	1.00	0.25	0.14	0.20	0.33	0.253	0.028
Сроки	0.20	4.00	1.00	0.20	0.33	3.00	0.737	0.080
Качество	0.33	7.00	5.00	1.00	3.00	7.00	2.501	0.272
Надежность	0.25	5.00	3.00	0.33	1.00	5.00	1.357	0.148
Имидж	0.14	3.00	0.33	0.14	0.20	1.00	0.400	0.043
Сумма	2.037	29.000	14.583	4.819	8.733	23.333	9.195	1.000
Сумма*норм.зн.	0.874	0.799	1.169	1.311	1.289	1.014	6.456	
$\lambda_{\max} =$		6.456	n=6					
ИС = $(\lambda_{\max}-n)/(n-1) =$		0.091						
ОС = $ИС/1.24*100\% =$		7.361	< 10%, значит пересматривать суждения нет необходимости					

Далее построим 6 матриц попарных сравнений для уровня 3. На данном этапе проводится попарное сравнение поставщиков по каждому критерию. В результате получаем нормированные оценки поставщиков по каждому критерию. Необходимо так же проверить согласованность суждений (таблицы 4—9).

Таблица 4.

## Матрица попарных сравнений поставщиков по цене

Цена	МНК	Вика	Торговый проект	СТТ	Гарант	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
МНК	1.00	0.11	0.14	0.13	0.14	0.195	0.026
Вика	9.00	1.00	5.00	4.00	5.00	3.898	0.513
Торговый проект	7.00	0.20	1.00	0.33	1.00	0.859	0.113
СТТ	8.00	0.25	3.00	1.00	3.00	1.783	0.235
Гарант	7.00	0.20	1.00	0.33	1.00	0.859	0.113
Сумма	32.000	1.761	10.143	5.792	10.143	7.593	1.000
Сумма*норм.зн.	0.823	0.904	1.147	1.360	1.147	5.380	

$$\lambda_{\max} = 5.380 \quad n=5$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = 0.095$$

$$ОС = ИС / 1.12 * 100\% = 8.490 < 10\%, \text{ значит пересматривать суждения нет необходимости}$$

Таблица 5.

## Матрица попарных сравнений поставщиков по геогр. расположению

Геогр. расположение	МНК	Вика	Торговый проект	СТТ	Гарант	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
МНК	1.00	1.00	0.20	1.00	3.00	0.903	0.127
Вика	1.00	1.00	0.20	1.00	3.00	0.903	0.127
Торговый проект	5.00	5.00	1.00	5.00	9.00	4.076	0.573
СТТ	1.00	1.00	0.20	1.00	3.00	0.903	0.127
Гарант	0.33	0.33	0.11	0.33	1.00	0.333	0.047
Сумма	8.333	8.333	1.711	8.333	19.000	7.118	1.000
Сумма*норм.зн.	1.057	1.057	0.980	1.057	0.890	5.041	

$$\lambda_{\max} = 5.041 \quad n=5$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = 0.010$$

$$ОС = ИС / 1.12 * 100\% = 0.910 < 10\%, \text{ значит пересматривать суждения нет необходимости}$$

Таблица 6.

## Матрица попарных сравнений поставщиков по срокам доставки

Сроки доставки	МНК	Вика	Торговый проект	СТТ	Гарант	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
МНК	1.00	1.00	0.14	0.33	0.20	0.394	0.054
Вика	1.00	1.00	0.14	0.33	0.20	0.394	0.054
Торговый проект	7.00	7.00	1.00	5.00	3.00	3.743	0.510
СТТ	3.00	3.00	0.20	1.00	0.33	0.903	0.123
Гарант	5.00	5.00	0.33	3.00	1.00	1.904	0.259
Сумма	17.000	17.000	1.819	9.667	4.733	7.338	1.000

Сумма*норм.зн.	0.913	0.913	0.928	1.189	1.228	5.172	
----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

$$\lambda_{\max} = 5.172 \quad n=5$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) = 0.043$$

$$ОС = ИС/1.12 * 100\% = 3.833$$

< 10%, значит пересматривать суждения нет необходимости

**Таблица 7.**

**Матрица попарных сравнений поставщиков по качеству**

Качество	МНК	Вика	Торговый проект	СТТ	Гарант	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
МНК	1.00	1.00	3.00	3.00	0.33	1.246	0.195
Вика	1.00	1.00	3.00	3.00	0.33	1.246	0.195
Торговый проект	0.33	0.33	1.00	1.00	0.20	0.467	0.073
СТТ	0.33	0.33	1.00	1.00	0.20	0.467	0.073
Гарант	3.00	3.00	5.00	5.00	1.00	2.954	0.463
Сумма	5.667	5.667	13.000	13.000	2.067	6.380	1.000
Сумма*норм.зн.	1.106	1.106	0.952	0.952	0.957	5.073	

$$\lambda_{\max} = 5.073 \quad n=5$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) = 0.018$$

$$ОС = ИС/1.12 * 100\% = 1.638$$

< 10%, значит пересматривать суждения нет необходимости

**Таблица 8.**

**Матрица попарных сравнений поставщиков по надежности**

Надежность	МНК	Вика	Торговый проект	СТТ	Гарант	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
МНК	1.00	3.00	7.00	9.00	5.00	3.936	0.510
Вика	0.33	1.00	5.00	7.00	3.00	2.036	0.264
Торговый проект	0.14	0.20	1.00	3.00	0.33	0.491	0.064
СТТ	0.11	0.14	0.33	1.00	0.20	0.254	0.033
Гарант	0.20	0.33	3.00	5.00	1.00	1.000	0.130
Сумма	1.787	4.676	16.333	25.000	9.533	7.718	1.000
Сумма*норм.зн.	0.912	1.234	1.039	0.823	1.235	5.243	

$$\lambda_{\max} = 5.243 \quad n=5$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) = 0.061$$

$$ОС = ИС/1.12 * 100\% = 5.423$$

< 10%, значит пересматривать суждения нет необходимости

Таблица 9.

## Матрица попарных сравнений поставщиков по имиджу

Имидж	МНК	Вика	Торговый проект	СТТ	Гарант	Соб. знач.	Норм.знач. (вектор приоритетов)
МНК	1.00	3.00	5.00	7.00	0.33	2.036	0.264
Вика	0.33	1.00	3.00	5.00	0.20	1.000	0.130
Торговый проект	0.20	0.33	1.00	3.00	0.14	0.491	0.064
СТТ	0.14	0.20	0.33	1.00	0.11	0.254	0.033
Гарант	3.00	5.00	7.00	9.00	1.00	3.936	0.510
Сумма	4.676	9.533	16.333	25.000	1.787	7.718	1.000
Сумма*норм.зн.	1.234	1.235	1.039	0.823	0.912	5.243	

$$\lambda_{\max} = \frac{5.243}{n} = \frac{5.243}{5}$$

$$ИС = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) = \frac{0.243}{4} = 0.061$$

$$ОС = ИС / 1.12 * 100\% = \frac{0.061}{1.12} * 100\% = 5.423 < 10\%, \text{ значит пересматривать суждения нет необходимости}$$

В заключении рассчитаем итоговый приоритет поставщиков с учетом весовых коэффициентов критериев. Для этого нормированные оценки поставщиков по каждому критерию заносятся в общую таблицу (таблица 10).

Таблица 10.

## Глобальные приоритеты поставщиков

	Цена	Геогр. расп.	Сроки	Качество	Надежность	Имидж	Итоговый (глобальный) приоритет
Вес фактора Поставщик	0.429	0.028	0.080	0.272	0.148	0.043	
МНК	0.026	0.127	0.054	0.195	0.510	0.264	0.159
Вика	0.513	0.127	0.054	0.195	0.264	0.130	<b>0.326</b>
Торговый проект	0.113	0.573	0.510	0.073	0.064	0.064	0.137
СТТ	0.235	0.127	0.123	0.073	0.033	0.033	0.140
Гарант	0.113	0.047	0.259	0.463	0.130	0.510	0.238

Чем выше итоговый приоритет, тем выгоднее отношения с данным поставщиком для нашей компании. Согласно полученным данным, наиболее приоритетным поставщиком ювелирного торгового оборудования является фабрика торговой мебели «Вика».

Необходимо отметить, что проведенный анализ не отражает целостную картину рынка поставщиков. Это связано с отсутствием данных о других поставщиках. Метод является универсальным. С его помощью при наличии необходимой для анализа информации можно исследовать любую

совокупность объектов с целью выбора наиболее значимого. Полученные результаты будут релевантными для принятия решений только в условиях полноты и достоверности исходной информации.

### **Список литературы:**

1. Официальный сайт компании ЗАО «Гарант». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.garant-to.ru/>
2. Официальный сайт компании ООО «МНК Торговое оборудование». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.mnkmebel.ru/>
3. Официальный сайт компании ООО «СТТ». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.standes.ru/>
4. Официальный сайт компании ООО «Торговый проект». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://torgpro33.ru/>
5. Официальный сайт компании ООО Фабрика торговой мебели «Вика». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.vica.ru/>
6. Справочник «Логистика России». [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://zakonrus.ru/vlad\\_st/choice.htm](http://zakonrus.ru/vlad_st/choice.htm)

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

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

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

№ 12 (26)  
Декабрь 2014 г.

В авторской редакции

Издательство «СибАК»  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 15  
E-mail: mail@sibac.info





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

