



СИБИРСКАЯ АССОЦИАЦИЯ КОНСУЛЬТАНТОВ

**IV СТУДЕНЧЕСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ЗАОЧНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО  
СТУДЕНТОВ XXI СТОЛЕТИЯ**



**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

г. НОВОСИБИРСК, 2012 г.

МАТЕРИАЛЫ IV СТУДЕНЧЕСКОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО СТУДЕНТОВ  
XXI СТОЛЕТИЯ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Новосибирск, 2012 г.

УДК 62  
ББК 30  
Н34

**Н34** «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»: материалы IV студенческой международной заочной научно-практической конференции. (20 сентября 2012 г.) — [под ред. Я.А. Полонского] — Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — 296 с.

ISBN 978-5-4379-0131-1

Сборник трудов IV студенческой международной заочной 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 студентам, магистратам, научным работникам и всем, интересующимся достижениями и тенденциями развития современной науки.

**Редактор сборника:**

канд. техн. наук Я.А. Полонский, эксперт высшей квалификации Единой Системы Оценки Соответствия, доцент ВФ ФГБОУ «Национальный исследовательский университет (МЭИ)», г. Волгоград

ISBN 978-5-4379-0131-1

ББК 30

## Оглавление

<b>Секция 1. Архитектура, Строительство</b>	<b>8</b>
ПЕНОСТЕКЛО	8
Бутырина Ярославна Сергеевна Чаткин Евгений Сергеевич	
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ	15
Горбунова Ирина Николаевна Пахомова Екатерина Геннадьевна	
ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ.	29
Иванова Екатерина Александровна Галимов Рустем Анасович Иванов Геннадий Павлович	
МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ДОМОВ МАССОВОЙ ЗАСТРОЙКИ СЕЙМСКОГО ОКРУГА ГОРОДА КУРСКА.	35
Ильющенко Артём Борисович Бобынцев Алексей Сергеевич Тилинин Дмитрий Владимирович Михайленко Татьяна Георгиевна	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ В ГОРОДЕ КАЗАНИ	43
Калашников Марк Владимирович Логинова Ольга Анатольевна	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ	51
Сидоров Артем Андреевич Терегулова Эльза Рустэмовна	
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ БЕТОНА И АРМАТУРЫ	61
Творогов Дмитрий Анатольевич Пахомова Екатерина Геннадьевна	

<b>Секция 2. Биотехнологии</b>	<b>72</b>
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЧАСТОТОЙ СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ ОТ 300 ДО 1000 ГЦ НА ПОДАВЛЕНИЕ ПАТОГЕННОЙ МИКОФЛОРЫ НА СЕМЕНАХ	72
Конторина Ирина Сергеевна Рубцова Елена Ивановна	
<b>Секция 3. Информационные технологии</b>	<b>78</b>
МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	78
Виканова Алёна Анатольевна Снижко Елена Александровна	
ТЕХНОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА	88
Ермаков Дмитрий Геннадьевич Родина Ульяна Анатольевна Хандыго Валентина Геннадьевна	
РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА	95
Егоров Денис Владимирович Михелев Владимир Михайлович	
ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»	100
Кузюк Ирина Геннадьевна Борисенко Ирина Геннадьевна	
СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ПРИМЕРЕ ТЕМЫ «ЭСКИЗИРОВАНИЕ»	107
Мачехина Дарья Викторовна Борисенко Ирина Геннадьевна	
<b>Секция 4. Космос, Авиация</b>	<b>116</b>
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ БОРТОВОГО НАВИГАЦИОННО-ПОСАДОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КУРС-МП-2 и КУРС-МП-70.	116
Таранов Андрей Игоревич Можин Юрий Николаевич Чурляева Наталья Петровна	

<b>Секция 5. Машиностроение</b>	<b>122</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛИФОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ ФОТОГРАФИЯМ Александров Алексей Александрович Носенко Владимир Андреевич	122
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ФОТОАНАЛИЗА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ БИЕНИЯ ОПОРНЫХ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА Потехин Дмитрий Витальевич Санинский Владимир Андреевич	127
<b>Секция 6. Моделирование</b>	<b>134</b>
СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ Жукова Марина Сергеевна Журова Лариса Борисовна	134
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОСТИ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО НАКЛОНОМЕРА ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ Маркин Денис Игоревич Володин Василий Анатольевич Ермолаев Николай Александрович Воронцов Александр Анатольевич	146
КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО НАКЛОНОМЕРА Илюхин Кирилл Николаевич Зюзина Елена Григорьевна Ермолаев Николай Александрович Воронцов Александр Анатольевич	152

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНТАКТНОГО НАЖАТИЯ	164
Маркин Денис Игоревич	
Мешкова Оксана Александровна	
Ермолаев Николай Александрович	
Карпухин Эдуард Владимирович	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖЭЛЕКТРОДНЫХ ЕМКОСТЕЙ ВВПК	181
Шувалова Ирина Владимировна	
Кожевникова Вероника Дмитриевна	
Ермолаев Николай Александрович	
Карпухин Эдуард Владимирович	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	193
Шувалова Ирина Владимировна	
Володин Василий Анатольевич	
Ермолаев Николай Александрович	
Карпухин Эдуард Владимирович	
<b>Секция 7. Пищевая промышленность</b>	<b>199</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ХМЕЛЯ ЛИСТЬЯМИ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВА	199
Махнева Екатерина Юрьевна	
Павлов Игорь Николаевич	
<b>Секция 8. Радиотехника, Электроника</b>	<b>209</b>
ДИММЕР ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ И СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ	209
Полищук Сергей Игоревич	
Позняк Александр Анатольевич	
<b>Секция 9. Технологии</b>	<b>226</b>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ СТУДЕНЕСКОГО ГОРОДКА ЮЗГУ	226
Воронцова Елена Сергеевна	
Капустин Владимир Корнелиевич	

<b>Секция 10. Транспортные коммуникации</b>	<b>230</b>
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	230
Дудник Ольга Владимировна Ушаков Виктор Михайлович	
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА ПУТЁМ ДЕКОНЦЕНТРАЦИИ	239
Кононова Арина Владимировна Приходченко Елена Александровна	
ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Г. БАРНАУЛА	254
Печатнова Елена Владимировна Яценко Михаил Владимирович	
<b>Секция 11. Энергетика</b>	<b>259</b>
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В БЫТУ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	259
Печатнов Алексей Вадимович Яценко Михаил Владимирович	
<b>Секция 12. Математика</b>	<b>267</b>
ПРОИЗВЕДЕНИЯ КОНЕЧНОГО ЧИСЛА ВЕКТОРОВ.	267
Бондаренко Раиса Александровна Магасумов Григорий Супизянович	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ КОНТРОЛЕ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА КОЛЬЦА ПОДШИПНИКОВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ШЛИФОВАНИЯ	274
Ларина Татьяна Вадимовна Ребро Ирина Викторовна Мустафина Джамия Алиевна	
СХЕМЫ КВАДРАТИЧНЫХ ФОРМ ЧИСЛОВЫХ ПОЛЕЙ	279
Онофрийчук Максим Васильевич Старикова Ольга Александровна	
ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА НАХОЖДЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКА, ПОТОКА МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ И ПОТОКА НАИСКОРЕЙШЕГО ПРИБЫТИЯ	287
Хабибулина Татьяна Васильевна Бабинер Елена Станиславовна	



# СЕКЦИЯ 1.

## АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО

### ПЕНОСТЕКЛО

***Бутырина Ярославна Сергеевна***

*студент 4 курса, кафедра «Производство строительных материалов изделий и конструкций», Кумертауский филиал ОГУ, г. Кумертау*

***Чаткин Евгений Сергеевич***

*студент 4 курса, кафедра «Производство строительных материалов изделий и конструкций», Кумертауский филиал ОГУ, г. Кумертау*

*E-mail: [jaroslavna2606@rambler.ru](mailto:jaroslavna2606@rambler.ru)*

**Цель.** Исследовать преимущества и недостатки пеностекла.

**Актуальность.** На сегодняшний день в России введены новые СНиП по энергосбережению, выполнение требований которых привело к использованию современных теплоизоляционных материалов как при строительстве нового жилья, так и при энергетической реконструкции существующего. Для этих целей используются полимерные утеплители такие, как пенополистирол и пенополиуретан, волокнистые неорганические плиты и маты, легкие бетоны. Последний является наиболее безопасным и долговечным. Первые же два имеют фактический срок службы, при котором сохраняют свои теплоизоляционные свойства 15—20 лет, это при том, что жилой дом рассчитан на семьдесят лет. Из выше сказанного ясно, что для применения в капитальном строительстве нужен теплоизоляционный материал, способный надежно работать в течение всего срока службы конструкции, без потери своих теплоизоляционных свойств. **Пеностекло** по праву считается уникальным материалом — оно практически не подвержено старению, изнашиваемости, а также способностью к сохранению своих физических свойств в течение достаточно длительного периода времени.

Этот материал известен во всем мире с середины 1950-х гг и широко используется в строительстве и различных областях промышленности.

В России он представлен такими производителями **блочного пеностекла**, как «Питсбург Корнинг» (США), «ГомельСтекло» (Беларусь), их продукция используется как теплоизоляция кровли, перегородок, стен, трубопроводов. **Гранулированное пеностекло** компании «Деннерт Поравер» используют в качестве заполнителей легких бетонов и теплых штукатурок, при теплоизоляции стен, полов, подвалов, чердачных перекрытий. Так же на рынке есть **пеностекло** и отечественного производства выпускаемое предприятиями Омска, Владимира, Перми и Рыбинска. Продукция этих предприятий не уступает по качеству зарубежным аналогам, но стоимость его гораздо ниже.

Принцип изготовления пеностекла достаточно прост, он базируется на уникальной способности к плавлению стандартного силикатного стекла под воздействием высокой температуры — до 1000 градусов по Цельсию. Стекло, которое сначала доводится до жидкого состояния, охлаждается, в результате чего приобретает высокий уровень прочности [1, с. 37].

Изготовление пеностекла началось в 30-х годах прошлого века, однако в те времена производство этого материала требовало существенных финансовых затрат, и потому не применялось так широко, как сегодня. Однако в течение нескольких десятилетий технологии изготовления пеностекла модернизировались и существенным образом упрощались, и сегодня производство этого материала, а также его использование является достаточно распространенным. Раньше пеностекло применялось, главным образом, для работ по теплоизоляции на промышленных предприятиях, например, на атомных электростанциях, а также в химической промышленности и в других подобных отраслях. Сегодня пеностекло активно используется практически во всех строительных работах, в частности, в области строительства жилья и жилищно-коммунального хозяйства.

Сегодня основной технологией изготовления пеностекла является порошковая, в основе которой лежит следующий принцип: стеклянный гранулят и стеклянный бой размалывают, используя шаровые мельницы в смеси с газообразователем (каменный уголь) в тонкий порошок загружают

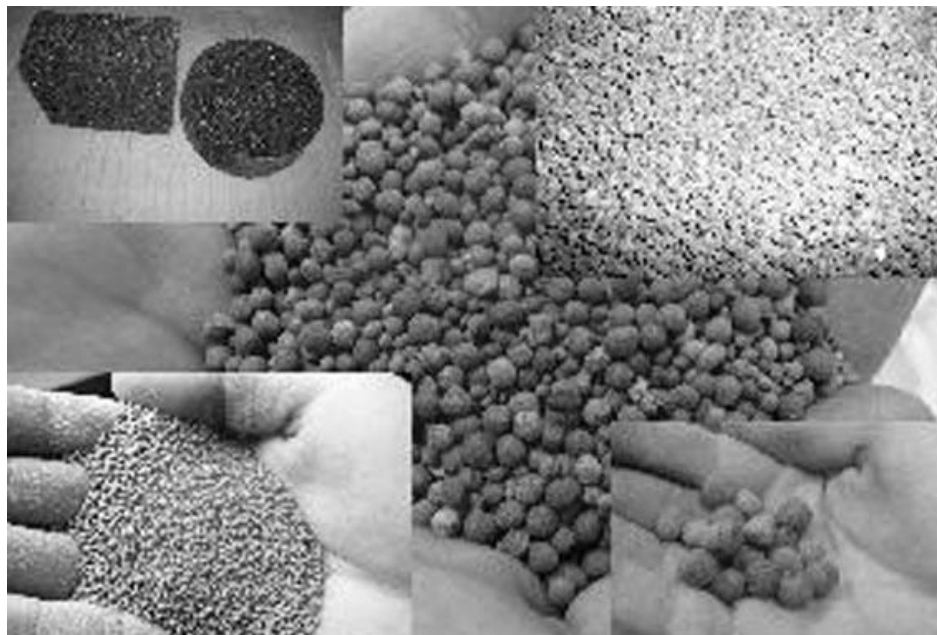
в формы из жароупорной стали с каолиновой обмазкой. Формы на вагонетках и по роликовому конвейеру подают в туннельную печь. Под действием высокой температуры происходит размягчение частиц стеклянного порошка и его спекание. Газы, выделяющиеся при сгорании и разложении газообразователя, вспучивают вязкую стекломассу. При охлаждении образуется материал с ячеистой структурой. Медленное охлаждение (отжиг) способствует равномерному остыванию изделий по объему, поэтому в них не возникают внутренние напряжения и не образуется трещин. Охлажденные изделия распиливают, оправляют на опилочном оборудовании и упаковывают.



*Рисунок 1. Пеностекло*

Пеностекло делится на два основных типа — гранулированное и блочное. Блочное стекло представляет собой ячеистый материал, состоящий из большого количества герметично закупоренных пузырьков, имеющих круглую или овальную форму. Размер пузырьков, как правило, не превышает пары миллиметров. Блочное пеностекло обладает достаточно высокой плотностью — до 170 килограмм на один кубический метр, а также отличается такими свойствами, как низкий уровень теплопроводности и способность выдерживать

перепады температуры различной интенсивности, от 200 градусов ниже нуля до 500 градусов по Цельсию. Наиболее активно блочное стекло используется для теплоизоляции фасадов различных зданий и строений.



*Рисунок 2. Виды пеностекла*

Гранулированное пеностекло является менее эффективным с точки зрения теплотехнических характеристик и свойств, но и стоимость его существенно ниже, чем стоимость блочного пеностекла. Чаще всего оно используется для изготовления легкого бетона, для проведения работ по звукоизоляции помещений. Также его активно используют в строительстве монолитных стен, для чего в него добавляется раствор цемента. Большинство строителей считают, что гранулированное стекло является идеальным материалом для изготовления основы под бетонные стяжки.

Сегодня производством пеностекла занимаются несколько предприятий России и стран СНГ, среди которых — Запорожский завод строительных теплоизоляционных материалов, завод «Пеноситал». Среди наиболее известных зарубежных производителей пеностекла можно выделить компанию Pittsburgh Corning, которая занимается изготовлением пеностекла под всемирно известной маркой FOAMGLASS.

Пеностекло обладает следующими свойствами:

- Устойчивость к атмосферному воздействию. Активный кислород, содержащийся в атмосфере, не оказывает ни малейшего воздействия на пеностекло по причине того, что этот материал состоит исключительно из высших оксидов кремния, кальция, натрия, магния, алюминия;
- Коррозионная устойчивость. Поскольку пеностекло не имеет растворимых компонентов в своей структуре, не происходит растворения и размыва материала водой;
- Стойкость к перепаду температур. Пеностекло имеет очень низкий коэффициент линейного температурного расширения, что позволяет без ущерба для структуры материала переносить суточные и годовые колебания температуры;
- При замерзании вода расширяется и может разрушать, затекая в трещины, даже такие прочные минералы, как базальт и гранит. Поверхность пеностекла состоит из полусфер, сам материал представляет собой замкнутые ячейки, вовсе исключая попадание воды внутрь, поэтому расширение воды при замерзании не разрушает пеностекло;
- Деформация. Пеностекло совершенно не деформируемый и очень прочный для своей плотности материал, что полностью исключает возможность его усадки, провисания, сжигивания и т. п. последствий длительного воздействия силы тяжести и механического воздействия;
- Органостойкость. Пеностекло не является питательной средой для грибка, плесени и микроорганизмов, не повреждается корнями деревьев, поэтому активность биологических форм не наносит вреда структуре материала в течение времени [2].

Научные сотрудники Забайкальского института железнодорожного транспорта разработали экономичный рецепт изготовления пеностекла. По новой методике этот востребованный теплоизоляционный материал станет дешевле на 30 %, утверждают ученые. Научной разработкой уже заинтересовались представители Российской венчурной компании.

Пеностекло — это современный теплоизоляционный декоративный облицовочный и акустический строительный материал. Он не гниет, пожароустойчив и не подвергается коррозии, поэтому широко применяется в строительстве. В России этот материал производят только на нескольких заводах. Традиционно его изготавливают порошковым методом из стеклобоя. Поставки сырья по стране налажены не достаточно хорошо. Забайкальские разработчики решили применить природный минерал цеолит, более 70 % запасов которого сосредоточены в Забайкальском крае. Соответственно, отойдя от порошкового метода, удалось сэкономить электроэнергию и снизить стоимость конечного продукта.

Проект ученых Забайкальского института выиграл грант Российского фонда фундаментальных исследований. Из краевого бюджета выделяют средства на завершение научных работ и подготовку отчетов. В ближайшие дни разработку рассмотрят в Москве в Российской венчурной компании. Если технологию одобряют, в Забайкальском крае может появиться предприятие по производству энергоэффективного пеностекла.

Николай Сигачев, директор Забайкальского института железнодорожного транспорта:

— Пока пеностекло есть только в образцах. Чтобы его использовать, нужно сделать печи, наладить производство. Это значительные затраты. Но, я думаю, венчурные и инвестиционные фонды и созданы для того, чтобы помогать тем, кто развивает технологии. Будем надеяться, что что-то получится из этой идеи.

**Вывод:** Стекломагниевого лист давно и успешно применяется в Китае, США, Японии, Англии, а теперь все сильнее завоевывает симпатии строителей и в России, вытесняя такой привычный нам материал, как гипсокартон. И как бы ни сопротивлялись производители гипсокартона, но, очевидно, настает время, когда гипсокартон сдает свои доминирующие позиции на рынке строительных и отделочных материалов. Опытным путем мы убедились, что СМЛ качественный, безопасный, экологический чистый, экономичный, легкообрабатываемый материал.

Таблица 1.

## Сравнительные характеристики утеплителей

Характеристика	Кирпич красный	Пенополи-уретан	Пенополи-стирол	Плиты из минеральной ваты	Газобетон и пенобетон	Пеностекло Пеноситал®
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200	40—80	20—150	50—125	300—1000	100—600
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м К)	0,52	0,029—0,041	0,04—0,06	0,06—0,07	0,13—0,47	0,043—0,14
Паропроницаемость, мг/(м ч Па)	0,11	0,05	0,05	0,38—0,60	0,23—0,25	Паронепроницаемое 0,00001 Паропроницаемое 0,01—0,3
Стабильность размеров	отличная	изменяет размеры	дает усадку	удовлетворительная	отличная	отличная
Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	50—150	-	0,05—1,0	-	8—50	5—75
Сопротивление непродолжительному воздействию тепла, °С	1300	180	100	250	450	750
Верхний температурный предел эксплуатации, °С	950	120	80	200	400	600
Стабильность при эксплуатации (разрушение от времени)	В сухом состоянии время эксплуатации неограничено	Через 10—15 лет наблюдается охрупчивание и разрушение материала		Через 5—10 лет наблюдается охрупчивание и разрушение материала	В сухом состоянии время эксплуатации неограничено	Время эксплуатации неограничено
Экологическая безопасность материала	Экологически безопасен	При эксплуатации (особенно при повышенной влажности и температуре) имеет место выделение токсичных компонентов		При эксплуатации имеет место выделение опасных пылевых и газовых компонентов	Экологически безопасен	Экологически безопасен
Технологичность применения	Сочетается с любыми цементными растворами, пилится, клеится полимерными и неорганическими мастиками	Крепится гвоздями или полимерными мастиками		Крепится гвоздями, требует жесткого каркаса	Пилится, клеится полимерными и неорганическими мастиками, плохо штукатурится	Сочетается с любыми цементными растворами, пилится, клеится полимерными и неорганическими мастиками, отлично штукатурится

**Таблица 2.**

**Сравнительная стоимость пеностекла:**

<b>Утеплители</b>	<b>Стоимость 1 куб. м, руб.</b>
Пеностекло в изделиях (плиты, блоки)	5200—7800
Пеностекло в гранулах	2000—3130
Пенополистирол	1540—2400
Минеральная вата, минеральная плита	1050—5600
Базальтовая плита, базальтовая вата	2100—7500
Керамзит насыпной М400	800—900
Пенобетонные блоки	1700—2600

**Список литературы:**

1. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск, «Наука и техника», 1975, 248 с.
2. <http://www.peno-steklo.ru/> (дата обращения 15.08.2012 г).

**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ПРИ СИНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

***Горбунова Ирина Николаевна***

*студент 5 курса, кафедра проектирования, строительства зданий и линейных сооружений ЮЗГУ, г. Курск  
E-mail: [Ira13m@yandex.ru](mailto:Ira13m@yandex.ru)*

***Пахомова Екатерина Геннадьевна***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ЮЗГУ, г. Курск*

Значительную часть конструктивных систем зданий и сооружений составляют железобетонные конструкции с длительными сроками эксплуатации. Современная тенденция в инвестиционной политике на техническое перевооружение и переориентацию действующих производств обусловила опережающие темпы роста объемов реконструкции объектов промышленного, сельскохозяйственного и жилищного назначения в сравнении с новым строительством. Эксплуатация железобетонных конструкций в условиях одновременного воздействия нескольких агрессивных сред



приводит к увеличению объемов работ по их восстановлению. В связи с этим возникла необходимость введения нового термина — синергетика, который изучает комбинированное воздействие факторов, объединенное действие которых существенно превосходит эффект каждого отдельно взятого компонента и их простой суммы.

Так при рассмотрении коррозии железобетона можно определить синергетические воздействия, как совместное действие внешней среды (повышенная влажность, температура и т. п.), агрессивных сред (различные жидкости, газы, твердые агрессивные образования) с учетом напряженно-деформированного состояния железобетонного элемента.

Синергетические воздействия сред приводят к существенным изменениям деформативно-прочностных свойств бетона пораженной зоны. Изменение свойств материала во времени носит необратимый характер и зависит от условий деформирования и взаимодействия со средой. Кроме того, по мере проникания агрессивной среды в тело конструкции снижаются защитные свойства бетона по отношению к арматуре, которая начинает корродировать. В результате коррозии уменьшается площадь поперечного сечения арматуры и нарушается ее сцепление с бетоном. Все это сказывается на несущей способности железобетонных конструкций.

Повреждения бетона отмечаются при действии на него водных растворов кислот или кислых газов, растворов солей и даже щелочей, некоторых органических соединений. Степень агрессивного воздействия зависит не только от состава агрессивной среды, но и от условий контакта, скорости движения и напора жидких сред, плотности прилегающего грунта при действии грунтовых вод, температуры среды, силовых нагрузок, напряженного состояния материала конструкций и других факторов.

Наибольшую опасность для бетона и железобетона представляют жидкие среды, постоянно или периодически действующие на конструкции, так как большинство коррозионных процессов является химическими реакциями, для прохождения которых при обычных температурах необходима жидкая среда.

Обычная воздушная среда не агрессивна по отношению к затвердевшему плотному бетону. Агрессивность газовой среды значительно повышается с содержанием в атмосфере углекислоты, солей морской воды, сероводорода, кислых газов.

В случае газовой коррозии агрессивные по отношению к цементному камню бетона газы, проникая в его толщу по открытым каналам, трещинам и другим неплотностям, поглощаются водой, частично заполняя капилляры, и ее адсорбционными пленками, образуя обыкновенную агрессивную жидкость. Раствор газов в жидкостях представляет собой истинный раствор. Концентрация растворенной фазы, как правило, невысока, так, что эти продукты газовой коррозии остаются на месте реакции, а не выносятся наружу, что может привести к уплотнению бетона.

При высокой влажности среды и возможности выноса образующихся солей из бетона, например при периодических обливах конструкции или образовании конденсата на поверхности бетона, газовую коррозию трудно отличить от коррозии 2-го или 3-го вида [3] в жидких средах, идущей до полного разложения основных минералов цементного камня с образованием кислых солей и послойным разрушением бетона.

Практически все воздействия, происходящие с участием агрессивных твердых веществ и газов, можно отнести к синергетическим, поскольку для протекания химической реакции в нормальных условиях необходимо присутствие воды.

Все кислые газы действуют на бетон конструкций совместно с  $\text{CO}_2$ . В большинстве случаев опережающим процессом является карбонизация бетона, которая начинается с момента изготовления конструкции, тогда как специфические кислые газы начинают действовать, как правило, лишь после начала эксплуатации здания. Воздействие газов на бетон вызывает его нейтрализацию, а образующиеся соли проникают вглубь со скоростью, зависящей от их растворимости, проницаемости и влажности бетона. Характер основных деструктивных процессов представлен в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Типичные случаи взаимодействия конструкции со средой**

Среда	Условия воздействия среды	Преобладающие процессы в бетоне
Воздушно-влажная	Безнапорное Напорное	Нейтрализация То же, ускоренная
Та же, с присутствием растворов солей, кислот и т. д. и с непосредственным периодическим увлажнением	Безнапорное Напорное	Увеличение количества внесенных агрессивных компонентов или продуктов из взаимодействия с цементным камнем, нейтрализация, диффузия агрессивных ионов Те же процессы, ускоренные + выщелачивание
Водная с присутствием растворов солей, кислот и т. д.	Безнапорное Напорное	Диффузия агрессивных ионов То же+выщелачивание

Коррозионное повреждение бетона в железобетонных конструкциях оценивают следующими показателями: глубиной поражения бетона и ресурсом эксплуатации.

В.М. Латыповым [2] на основании лабораторных исследований и натурных обследований эксплуатирующихся объектов в различных агрессивных средах предложена методика расчета глубины коррозионного повреждения бетона.

При проектировании железобетонных конструкций, эксплуатирующихся под воздействием углекислого газа (CO<sub>2</sub>) рекомендуется определять [4]:

$$\delta = m_1 m_2 m_3 \sqrt{Kt} \quad (1)$$

где:  $m_1, m_2, m_3$  — коэффициенты условий работы, учитывающие соответственно соотношение между глубиной проникновения CO<sub>2</sub> в бетон и глубиной коррозии, влияние плотности бетона, влияние температуры среды;

$K$  — константа скорости коррозии;

$t$  — расчетный срок эксплуатации.

$$m_2 = 4(B/C - a_2), \quad (2)$$

где  $a_2 = 0,25 \dots 0,35$  — эмпирический коэффициент

$$m_3 = \exp\left(\frac{E}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1}\right), \quad (3)$$

где:  $E=20$  кдж/моль;

$R$  — универсальная газовая постоянная;  $T_1=293^0$  К;

$T_2$  — температура эксплуатационной среды ( $^0$ К).

Значение коэффициентов  $m_1$  и  $K$  приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Значение коэффициентов  $m_1$  и  $K$**

№ п/п	Зона влажности по СНиП 2.03.11-85	Режим эксплуатации (при температуре 12...24 $^0$ С)	Коэффициент условия работы, $m_1$	Константа скорости коррозии, $K$
1	Сухая	Стационарный ( $W \leq 50$ %; $W = \text{const}$ )	0,01	0,20
2	Нормальная	Стационарный ( $50 \% \leq W \leq 60$ %; $W = \text{const}$ )	0,20	0,20
3	Влажная	Стационарный ( $W \leq 60$ %; $W = \text{const}$ )	0,40	0,11
4	То же, при периодическом образовании конденсата	Не стационарный ( $60 \% < W < 80$ %, $W \neq \text{const}$ )	0,80	0,01

Глубина поражения бетона под воздействием жидких агрессивных сред за период времени  $t$  [4]:

$$\delta = \sqrt{2a_i l t^2} - l \quad (4)$$

где:  $a_i$  — агрессивность внешней среды к данному виду бетона (см/год);

$l$  — глубина агрессивного фронта, на котором происходит растворение исходной фазы.

Очевидно, что конечной целью построения математической модели коррозии  $L=f(t)$  является получение простой формулы, по которой удобно выполнять инженерные расчеты. Однако, практически все исследователи при выводе зависимости  $L=f(t)$  с целью упрощения исходят из взаимодействия только двух веществ.

Таблица 3.

## Характеристика синергетического взаимодействия двух веществ

Вариант взаимодействия веществ А и В	Примеры взаимодействия бетона с диффундирующей внешней средой	Описание процесса	Дифференциальные уравнения, описывающие процесс [2]
2 и 3	Контакт цементного камня с растворами солей, кислот и т. д.	Наличие химического взаимодействия бетона с внешней средой, процесс контролируется диффузией и химической реакцией	$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_A}{\partial t} &= D_A \cdot \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + R(C_i)(5) \\ \frac{\partial C_B}{\partial t} &= D_B \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \frac{K_B S_B}{P_B} R(C_i) \end{aligned} \right\}$
1	Контакт цементного камня с хлоридами	Отсутствие химического взаимодействия бетона с внешней средой, процесс контролируется диффузией	$\frac{\partial C_A}{\partial t} = D_A \cdot \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} \quad (6)$

*Примечание.  $C_i$  — концентрация  $i$ -го вещества;  $R_i$  — функция, характеризующая скорость убыли компонента из единицы объема среды в результате реакции;  $D_i^*$  — эффективный коэффициент диффузии;  $K_B$  — константа скорости растворения твердой фазы;  $S_B$  — удельная внутренняя поверхность цементного камня;  $P_B$  — пористость бетона*

Уравнение (6) имеет аналитическое решение в виде общепринятого в области долговечности железобетона «закона корня квадратного от времени»:

$$L = A_2 \sqrt[2]{t}, \quad (7)$$

где:  $L$  — глубина нейтрализации бетона, мм;

$t$  — срок эксплуатации, г;

$A$  — коэффициент, зависящий от концентрации углекислого газа  $C$ , эффективного коэффициента диффузии  $D'$  и реакционной емкости бетона  $m_0$ .

Одним из неучтенных в модели (7) процессов является наличие химического взаимодействия внешней среды с растворимыми компонентами цементного камня, которое приводит к снижению скорости проникновения агрессивной среды в бетон. Учет этого процесса может существенно повлиять на вид получаемой расчетной зависимости  $L=f(t)$  [3].

При наличии выраженного химического взаимодействия внешней среды с растворимыми компонентами цементного камня математической моделью коррозии бетона является выражение

$$L = k \cdot A_3 \sqrt[3]{t}, \quad (8)$$

где:  $k$  — коэффициент условий работы, учитывающий скорость диффузии от совместного действия различных агрессивных сред.

Полученные данные подтверждают *применимость* зависимости вида  $L = A_2 \sqrt[2]{t}$  для бетонов *высокой проницаемости* с относительно *небольшим* проектным либо фактическим сроком эксплуатации. При проектировании долговечных конструкций из бетонов марок *W6 и выше* на длительные сроки эксплуатации целесообразно использовать зависимость  $L = k \cdot A_3 \sqrt[3]{t}$ .

**Таблица 4.**

**Значения коэффициента  $A_3$  (см·год) в зависимости от плотности бетона (В/Ц) и режима эксплуатации конструкции**

Водоцементное соотношение В/Ц	Марка по водонепроницаемости W	Значение $A_3$	
		Нормальный режим эксплуатации	Влажный и мокрый режим эксплуатации
0,65	W2	1,0260	0,51
0,55	W4	0,6820	0,25
0,50	W6	0,5100	0,12
0,43	W8	0,2692	-
0,40	W10	0,1660	
0,38	W12	0,0972	
0,35	W14	-	

Оценку ресурса эксплуатирующихся конструкций предложено выполнять по формуле [4]:

$$t_{пр} = t_{об} \delta^2 / (m_1 x_{об})^2 - t_{об}, \quad (9)$$

где:  $t_{об}$ ;  $t_{пр}$  — соответственно срок эксплуатации конструкции к моменту обследования и прогнозируемый срок эксплуатации (ресурс);

$x_{об}$  — глубина карбонизации бетона к моменту обследования.

Таким образом, в настоящее время существуют различные подходы к оценке коррозионной поврежденности бетона. Применительно к определению работоспособности железобетонных конструкций, подверженных коррозии, целесообразно применить следующие критерии оценки состояния бетона: глубину коррозионного повреждения бетона; снижение прочности бетона.

Как только глубина нейтрализации бетона, а вместе с ней и агрессивные ионы достигнут стальной арматуры, на поверхности арматурного стержня под влиянием агрессивных ионов начинается развитие коррозионного процесса, в результате которого, во-первых, уменьшается рабочее сечение стержня, во-вторых, за счет появления продуктов коррозии стали, занимающих больший объем, чем прокорродированный металл, возникает напряжение в бетоне, вызывающие нарушение сцепления арматуры с бетоном.

Сухие газы и кислород воздуха при высоких температурах химически взаимодействуют с металлами, вызывая газовую коррозию. Большое влияние оказывает наличие примесей и состав газовой среды. При наличии паров воды увеличивается газовая коррозия всех металлов и усиливается действие примесей других газов, например, сернистых.

Дымовые газы, содержащие двуокись углерода, сернистые и другие газы вызывают и усиливают коррозию сталей, однако при содержании в дымовых газах окиси углерода более 8 % интенсивность окисления углеродистых сталей в продуктах горения резко снижается.

Наличие в электролите ионов хлора (сильных депассиваторов) очень опасно для металлов, т. к. они вызывают локальные, местные нарушения пассивной пленки, что приводит к очень сильному виду коррозионных разрушений — точечной (питтинговой) коррозии. Интенсивно развиваясь, питтинг достигает заметной глубины и нередко переходит в сквозное разрушение.

В железобетоне электролитом служит вода, диссоциированная на ионы  $H^+$  и  $OH^-$  благодаря растворенным в ней веществам, в частности  $Ca(OH)_2$ .

За исключением подводных частей сооружений, в которых трещины заполнены водой, образующей электролит, влага может поступать в трещины

железобетонных конструкций, расположенных выше уровня водоема или грунтовых вод, двумя путями: сверху (атмосферные осадки, роса и технологические увлажнения) и снизу (путем капиллярного подсоса).

Если в защитном слое бетона нет трещин, электролит может образоваться в результате сорбции влаги из воздуха и ее конденсации в микрокапиллярах цементного камня, примыкающих к поверхности арматуры. В таком случае с повышением относительной влажности воздуха увеличивается поверхность арматуры под электролитом и повышается возможность функционирования коррозионных микропар. При постоянной относительной влажности воздуха менее 66 % и без увлажнения бетона сорбция влаги из воздуха микрокапиллярами столь незначительна, что слой электролита на поверхности арматуры не образуется, и коррозия становится невозможной [5].

Агрессивное влияние среды значительно усиливается в присутствии таких газов, как  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др. Если в атмосфере промышленного цеха присутствуют хлористый водород и молекулярный хлор, процесс коррозии арматуры начинается в трещинах любой ширины. Увеличивается также распространение коррозии по поверхности стержней, что повышает опасность коррозии арматуры и препятствует совместной ее работе с бетоном [5].

Пары соляной кислоты взаимодействуют с составляющими бетона в полости трещин, образуя сильно-гигроскопичный хлористый кальций, который, заполняя трещины, затрудняет поступление агрессивных газов из окружающей атмосферы к поверхности арматуры. Этим можно в основном объяснить сравнительно небольшую величину коррозии арматуры в зоне трещин при воздействии сильноагрессивной окружающей среды, а также значительную коррозию в отдельных местах вне трещин, где бетон защитного слоя был недостаточно плотным [5].



Таблица 5.

**Степени агрессивности среды в зависимости от условий эксплуатации зданий**

Степень агрессивного воздействия газовой среды	Характеристика газов	Относительная влажность воздуха в отапливаемых помещениях в %	Зона влажности для неотапливаемых зданий и открытых конструкций	Категория расчета или раскрытие трещин в мм при стержневой горячекатанной арматуре	
				ненапрягаемой	напрягаемой
Слабая	Без агрессивных газов	>75	Влажная	$\frac{-}{0,2}$	$\frac{3}{0,2}$
	Агрессивные группы А	61-75	Нормальная	$\frac{-}{0,2}$	$\frac{3}{0,2}$
	То же, Б	≤60	Сухая	$\frac{-}{0,2}$	$\frac{3}{0,2}$
Средняя	Агрессивные группы А	>75	Влажная	$\frac{-}{0,2}$	$\frac{3}{0,1}$
	То же, Б	61-75	Нормальная	$\frac{-}{0,2}$	$\frac{3}{0,1}$
	То же, В	≤60	Сухая	$\frac{-}{0,2}$	$\frac{3}{0,1}$
Сильная	Агрессивные группы Б	>75	Влажная	$\frac{-}{0,1}$	$\frac{2}{-}$
	То же, В	61-75	Влажная	$\frac{-}{0,1}$	$\frac{2}{-}$
	То же	>75	Влажная	$\frac{-}{0,1}$	$\frac{2}{-}$

Примечание: над чертой — категория расчета, под чертой — допускаемое раскрытие трещин.

Таблица 6.

**Классификация агрессивности различных газов в зависимости от их концентрации**

Газ	А	Б	В	Г
Углекислый газ	До 2000	Св. 2000	-	-
Аммиак	<0,2	Св. 0,2 до 20	Св. 20	-
Сернистый ангидрид	<0,5	Св. 0,5 до 10	Св. 10 до 200	Св. 200 до 1000
Фтористый водород	<0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100
Сероводород	<0,01	Св. 0,01 до 5	Св. 5 до 100	Св. 100
Оксиды азота	<0,1	Св. 0,1 до 5	Св. 5 до 25	Св. 25 до 100
Хлор	<0,1	Св. 0,1 до 1	Св. 1 до 5	Св. 5 до 10
Хлористый водород	<0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100

Изучение коррозии арматуры железобетонных конструкций и диагностирование коррозионных повреждений осложняется изоляцией арматуры бетоном, который защищает арматуру от воздействий агрессивной среды. Эффективность защитных свойств бетона зависит от плотности его структуры, толщины защитного слоя, химического состава цементного камня. О состоянии и степени коррозионного повреждения арматуры железобетонных эксплуатируемых конструкций можно по косвенным признакам — по наличию и ширине раскрытия трещин, развивающихся вдоль арматурных стержней, возникающих от распада продуктов коррозии.

Начало коррозионного растрескивания защитного слоя бетона железобетонных конструкций начинается с определенного момента накопления «критического» объема продукта коррозии. Так в [4] приводятся данные, что растрескивание бетона толщиной 20 мм класса В35 начинается с коррозии стержней арматуры на глубину 2,7 мкм.

В.П. Чирков [8] предложил оценку накапливаемых повреждений арматуры железобетонных конструкций:

$$D = \frac{\Delta R_s}{\Delta R_{sg}} = \frac{R_{s0} - R_{s0} \cdot a_{cor}(t)}{R_{s0} - R_{sg}}, \quad (10)$$

где:  $R_{s0}$  — несущая способность арматуры в стадии завершения стадии пассивного состояния;

$a_{cor}(t)$  — функция снижения несущей способности арматуры вследствие коррозии;

$R_{sg}$  — напряжения в арматуре от эксплуатационных нагрузок.

Величина  $\Delta R_s$  определяет снижение несущей способности арматуры при растяжении с течением времени, начиная после окончания процесса карбонизации защитного слоя бетона и потери им защитных свойств. Величина  $\Delta R_s$  оценивает резерв несущей способности конструкции по отношению к эксплуатационным нагрузкам.

Для величин, зависящих от времени  $t$ , исходя, из физической модели процесса коррозии арматуры соблюдаются условия:

$$t=t_1 \quad a_{\text{cor}}(0)=1, \Delta R_s=0, D=0;$$

$$t=t_2 \quad R_{s0} \cdot a(t)=F_{\text{sg}}, \Delta R_s=R_{\text{sg}}, D=1.$$

При  $D=1$  наступает отказ конструкции вследствие коррозии арматуры.

Глубина коррозионного повреждения бетона, увеличивающаяся во времени, может превысить глубину заложения арматуры. Как только арматура железобетонного элемента попадает в зону коррозионного повреждения, начинается ее собственная коррозия.

Совместность работы бетона и арматуры в железобетонном элементе обеспечивается околоарматурной зоной бетона, непосредственно прилегающей к боковой поверхности арматурного стержня.

Для исследования напряженно-деформированного состояния околоарматурной зоны при коррозионном повреждении арматурных стержней применим принцип суперпозиции силовых и коррозионных факторов.

Коррозионные повреждения арматурных стержней вызывает разрушение бетона защитного слоя и, как следствие, нарушение сцепления стержней с бетоном. Причиной этого является то, что продукты коррозии имеют объем в 1,5 раза больше объема прокорродированного металла. По мере увеличения объема продукта коррозии давление на бетон возрастает, растягивающие напряжения в бетоне защитного слоя превышают предельные значения, в бетоне появляются трещины, ориентированные вдоль корродирующего стержня. С увеличением толщины слоя коррозии арматурного стержня в окружающем бетоне развиваются напряжения, достигающие по данным исследований Ю.А. Эванса —  $160 \text{ кгс/см}^2$ , А.М. Подвального —  $30 \text{ кгс/см}^2$  [6,9].

Для оценки напряжений и деформаций в сжатом железобетонном элементе, применима следующая расчетная схема (рисунок 1). В [4] при исследовании напряженно-деформированного состояния вокруг корродирующего стержня

принята, расчетная схема в виде полого цилиндра с внутренним диаметром  $d/2$  и внешним диаметром  $a$  ( $a$  — защитный слой бетона) (рисунок 1).

Цилиндр испытывает неравномерное внутреннее давление продуктов коррозии, изменяющееся по закону:

$$P = P_0(t) \cdot \frac{1}{\sin^2 \varphi + 1} \quad (12)$$

под действием, которого в рассматриваемом объеме бетона возникают радиальные  $\sigma_r$  и тангенсальные  $\sigma_\theta$  напряжения, при этом стенки цилиндра деформируются в радиальном направлении на  $\Delta U$ .

$$\sigma_r = \frac{E_e}{1 - \mu^2} \left( C_1(1 + \mu) + C_2(1 - \mu) \frac{1}{r^2} \right) \quad (13)$$

$$\sigma_\theta = \frac{E_e}{1 - \mu^2} \left( C_1(1 + \mu) - C_2(1 - \mu) \frac{1}{r^2} \right) \quad (14)$$

где:  $C_1$  и  $C_2$  — постоянные интегрирования.

$$C_1 = \frac{P_0(t) \cdot \frac{1}{\sin^2 \varphi + 1} \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad (15)$$

$$C_2 = \frac{P_0(t) \cdot \frac{1}{\sin^2 \varphi + 1} \cdot r_1^2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \quad (16)$$

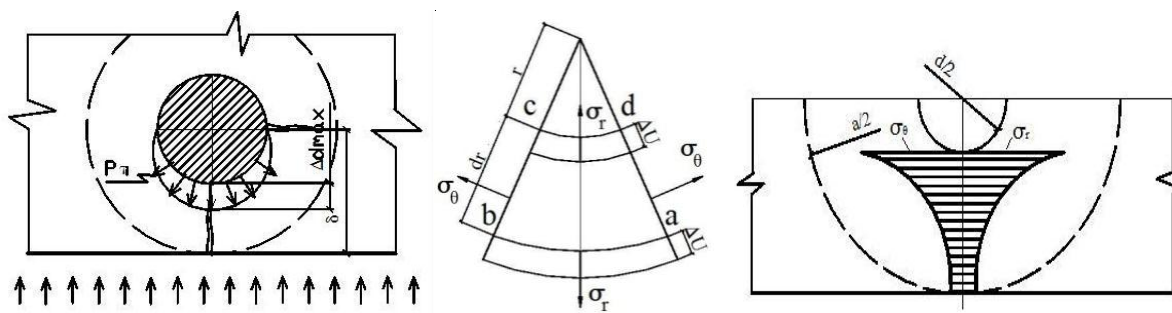
Оценка возможного образования коррозионных трещин выполняется из условия:

$$p_\tau = R_{bt} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (17)$$

где:  $K_1$  — коэффициент, учитывающий геометрические параметры армирования сечения;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий влияние напряженного состояния на процесс коррозии бетона;

$K_3$  — коэффициент, учитывающий снижение прочности коррозионно поврежденного бетона.



**Рисунок 1. Напряженное состояние околоарматурной зоны**

Таким образом, в настоящее время существуют различные подходы к оценке коррозионной поврежденности бетона и арматуры. Применительно к определению работоспособности железобетонных конструкций, подверженных синергетическим воздействиям сред, рекомендуется применить следующие критерии оценки состояния железобетонного элемента: глубину коррозионного повреждения бетона; снижение прочности бетона; оценку накапливаемых повреждений арматуры железобетонных конструкций.

### **Список литературы:**

1. Алексеев С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах. [Текст] / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шисль. М.: Стройиздат, 1990. — 320 с.
2. Латыпов В.М., Анваров А.Р., Латыпова Т.В. Обеспечение долговечности монолитного железобетона при строительстве зданий повышенной этажности.//Предотвращение аварий зданий и сооружений: электронный журнал. — 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pamag.ru/pressa/mrc>.
3. Москвин В.М. Коррозия бетона [Текст] / В.М. Москвин. М.: Госстройиздат, 1952. — 344 с.
4. Подвальный А.М., Васильев А.И. Комплексное влияние агрессивных факторов среды на коррозию арматуры в защитном слое железобетонных конструкций [Текст] / А.М. Подвальный, А.И. Васильев // Бетон и железобетон. — 2010. — № 2. — С. 26—29.
5. Полак А.Ф. Моделирование коррозии железобетона и прогнозирование его долговечности / А.Ф. Полак // Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии. Т. XI. М.: ВИНТИ, 1986. С. 136—180.
6. СНиП 2.03.11 85. Защита строительных конструкций от коррозии. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. — 46 с.

7. Чирков В.П. Метод расчета сроков службы железобетонных конструкций при коррозии арматуры [Текст] / В.П. Чирков, М.В. Шавыкина. М.: МИИТ, 1998. — 72 с.
8. Эванс Ю.Р. Коррозия и окисление металлов [Текст] / Ю.Р. Эванс. М.: Гос. научно-техн. изд-во машиностроительной литературы, 1962. — 853 с.

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ**

***Иванова Екатерина Александровна***

*студент 4 курса, кафедра Мосты и транспортные тоннели КГАСУ, г. Казань  
E-mail: [Ivanovakatyuha90@mail.ru](mailto:Ivanovakatyuha90@mail.ru)*

***Галимов Рустем Анасович***

*студент 5 курса, кафедра Мосты и транспортные тоннели КГАСУ, г. Казань*

***Иванов Геннадий Павлович***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент КГАСУ, г. Казань*

В работе рассматриваются конструкции монолитных неразрезных железобетонных плитных пролетных строений (ПС) малых и средних мостов минимальной материалоемкости и трудоемкости их возведения. В качестве аналогов конструктивных решений рассматриваются неразрезные железобетонные плитные ПС постоянной и переменной толщины плиты сплошного сечения по длине пролетов [1, с. 23, 41]. Снижение материалоемкости основано на уменьшении расхода бетона в растянутой зонах сечений плит ПС. Снижение трудоемкости основано на применении облегченной, быстро возводимой конструкции опалубки, когда несущие телескопические стойки устанавливаются с расчетным шагом только по осям главных балок, а съемные щиты опалубки, извлекаемые вниз, с очертанием днища опалубки по круговой кривой с радиусами  $250 \div 400$  мм и более в зависимости от толщины плиты ПС, монтируются на Т-образные прогоны, установленные и зафиксированные на телескопических стойках. В качестве съемных «щитов» опалубки рекомендуется применять модульные блоки — объемные элементы с криволинейной палубой из тонколистовой

ламинированной фанеры, армированных сплошных или сотовых листов из поликарбоната. Изготовление съемных щитов возможно также из отрезков тонкостенных стальных труб, разделенных на две половины по плоскости их диаметра. На примере конструкций плит толщиной 400 мм показана техническая возможность снижения веса плиты в расчетных сечениях по длине пролета до 30,66 %.

В настоящее время при строительстве малых и средних мостов наибольшее распространение получили конструкции неразрезных плитных ПС из обычного ненапряженного железобетона двух конструктивных схем:

- монолитная железобетонная плита сплошного сечения постоянной толщины по длине пролетов длиной до  $9 \div 12$  м (рис. 1-а) и
- монолитная железобетонная плита сплошного сечения переменной толщины по длине пролетов до 24 м и более (рис. 1-в).

В первом случае мы имеем минимальные затраты по трудоемкости монтажа опалубки и максимальный расход материалов: бетона и арматуры на 1 куб. м. железобетона, что связано с расходом бетона в растянутой зоне сечения и постоянством толщины плиты по длине пролета. Во втором случае мы снижаем расход материалов за счет переменной толщины плиты по длине пролета с максимальным ее значением на опорах и минимальным значением в середине пролета. При этом несколько усложняются конструкция и монтаж опалубки.

Общеизвестны [1, с. 123—124] также конструкции разрезных монолитно-ребристых пролетных строений с системой главных и поперечных балок (диафрагм жесткости), монолитно связанных между собой и плитой проезжей части. Такие конструкции в данной работе не рассматриваются, однако некоторая аналогия просматривается при рассмотрении предлагаемых конструкций неразрезных ПС, где также имеются главные балки и скрытые в пределах толщины плиты поперечные балки — диафрагмы жесткости, которые являются также узловыми элементами для соединения главных балок смежных пролетов на опорах и в пролетах, где происходит соединение

отличающихся между собой главных балок консольной и плитной частей пролетного строения.

На рис. 1 приведены варианты конструкций ПС и их сечения, которые рассматриваются в настоящей работе. Поперечные сечения предлагаемых конструкций неразрезных монолитных плит и принципы их конструирования в работе предлагается рассматривать исходя из критерия минимизации трудоемкости работ по их армированию, рассматривая применение максимально допустимых значений расстояний в осях между стержнями рабочей арматуры плиты сплошного сечения. В этом случае, в зависимости от длины перекрываемого пролета, предварительно назначается толщина плиты, например, 400, 500 или 600 мм и расчетный шаг арматуры 150 или 200 мм. Назначение толщины плиты возможно и кратными модулю 50мм. Тогда толщина плиты может быть назначена следующей: 400, 450, 500 мм и т. д.

В случае применения ПС постоянной толщины по всей длине моста, то снижение веса плиты рекомендуется выполнять в средней части пролета на длине

$$L_1 = L - 4H,$$

где:  $L$  — расстояние в осях между опорами,

$H$  — толщина плиты сплошного сечения (рис. 1-б). В опорных сечениях предусматривается устройство сплошных участков с целью обеспечения жесткости ПС и прочности плиты по наклонному сечению:

$$2H \geq C = 2 h_0 ,$$

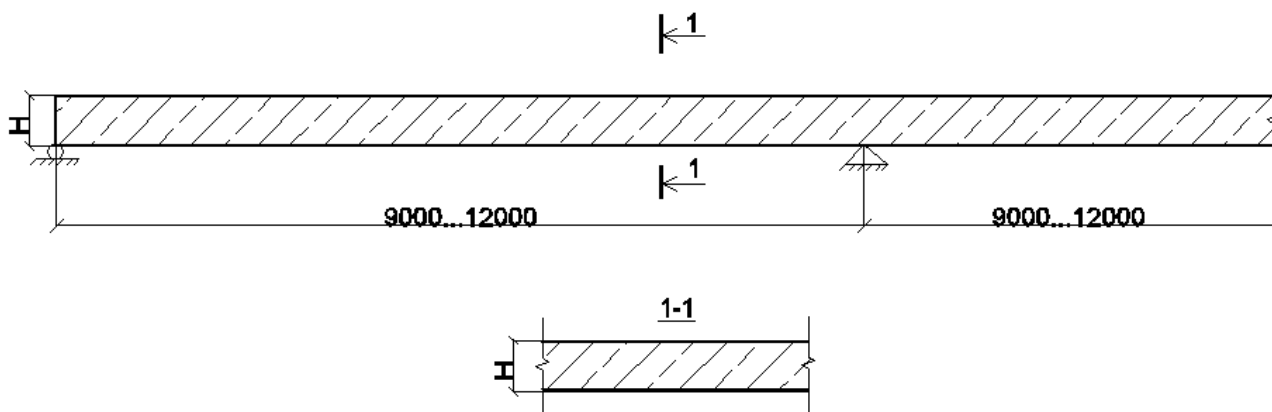
где:  $C$  — максимальное расчетное значение проекции наклонной трещины на продольную ось элемента,

$h_0$  — рабочая высота сечения плиты на приопорном участке.

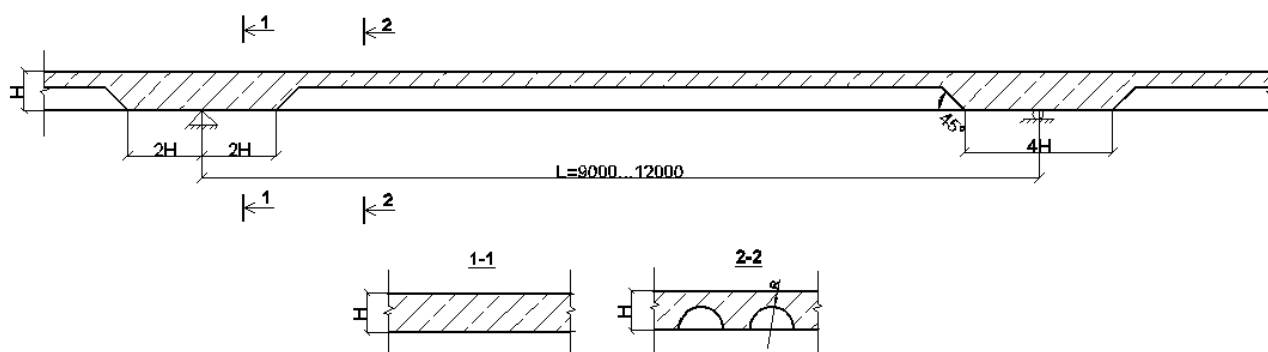
С увеличением длины перекрываемых пролетов моста конструкцию монолитной плиты ПС рекомендуется принимать согласно схемы, приведенной на рис. 1-г. В этом случае ПС выполняется переменной жесткости как по длине пролета, так и по ширине моста. При этом в каждом пролете устраиваются не менее 4-х поперечных диафрагм жесткости в виде участков плиты сплошного сечения и где армирование выполняется по типу скрытого



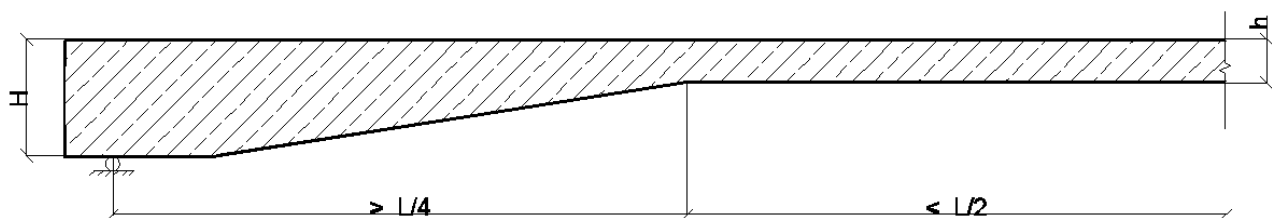
балочного армирования. Средняя часть пролета в виде «подвески» длиной не более  $0.5L$  жестко опирается на консоли плиты приопорных участков длиной не менее  $L/4$  в узлах расположения поперечных балок-диафрагм жесткости. По длине консолей и «подвесок» поперечные сечения ПС выполняются также согласно рис. 1-б (сечение 2—2).



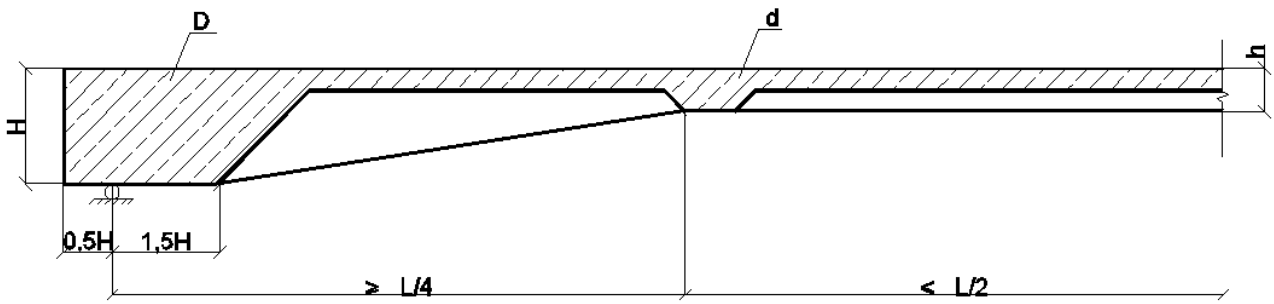
а) Аналог пролетного строения



б) Предлагаемая конструкция пролетного строения ( $H=400, 500, 600$  мм;  $R=250, 300, 400$  мм)

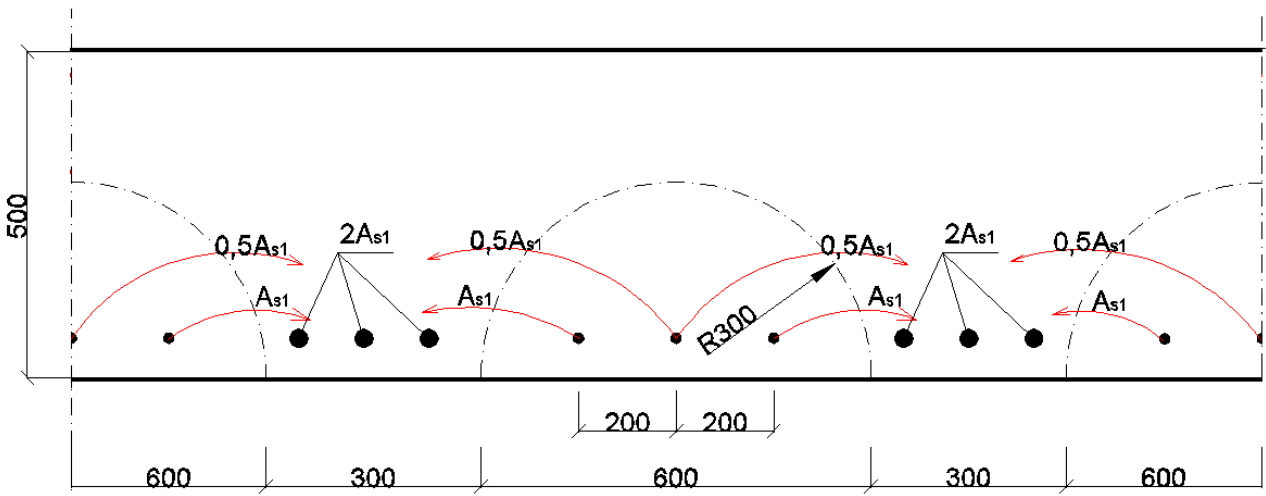


в) Аналог пролетного строения

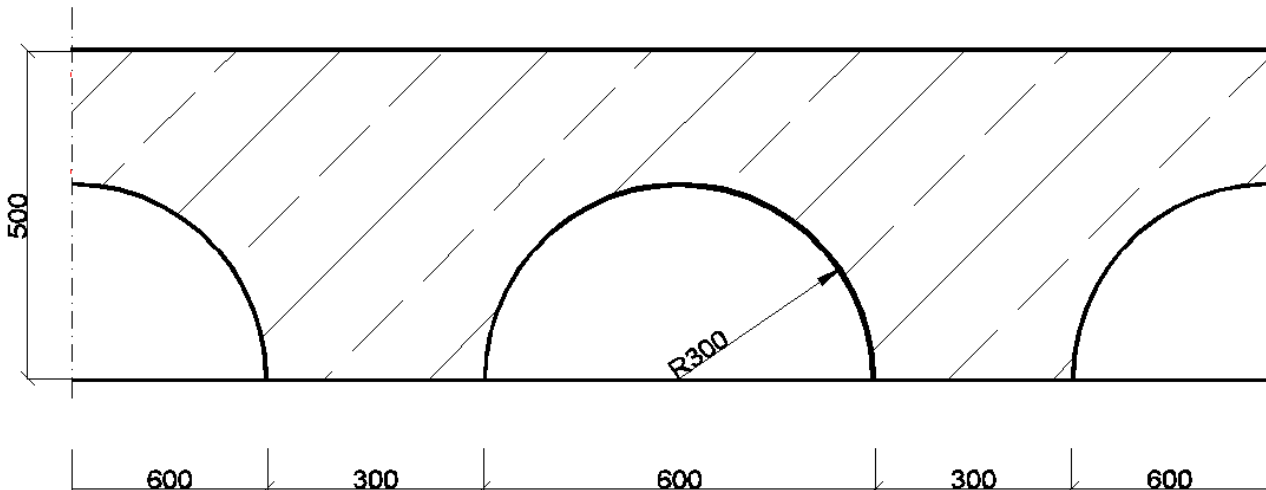


г) Предлагаемая конструкция пролетного строения

**Рисунок 1. Варианты конструктивных схем пролетных строений.**



а) Принципы армирования плиты растянутой зоны сечения



б) Фрагмент поперечного сечения плиты (опалубочный чертеж)



## **МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ДОМОВ МАССОВОЙ ЗАСТРОЙКИ СЕЙМСКОГО ОКРУГА ГОРОДА КУРСКА**

***Ильющенко Артём Борисович***

*студент 4 курса, кафедра ПЗСиЛС ЮЗГУ, г. Курск,  
E-mail: [art-160991@yandex.ru](mailto:art-160991@yandex.ru)*

***Бобынцев Алексей Сергеевич***

*студент 4 курса, кафедра ПЗСиЛС ЮЗГУ, г. Курск,  
E-mail: [bobintsev2607@gmail.com](mailto:bobintsev2607@gmail.com)*

***Тилинин Дмитрий Владимирович***

*студент 4 курса, кафедра ПЗСиЛС ЮЗГУ, г. Курск,  
E-mail: [Maverick1991@bk.ru](mailto:Maverick1991@bk.ru)*

***Михайленко Татьяна Георгиевна***

*научный руководитель, канд. ист. наук, доцент ЮЗГУ, г. Курск*

Традиции, бытующие в той исторической эпохе, когда построено жилище, и уровень развития техники во многом определяют планировочные особенности зданий. От этого зависит и степень их пригодности к эксплуатации сегодня и в дальнейшем. Чем раньше возведен дом, тем меньше его соответствие современным комфортным требованиям, больше износ, если он не претерпел реновации или не был подвергнут капитальному ремонту [1, 2]. Поэтому способы реконструкции находятся в определенной зависимости от времени возведения здания. Исходя из этого, методы модернизации и трансформации обычно привязывают к классификации по видам-представителям, что и было предпринято в данной статье применительно к застройке Сеймского округа г. Курска, которая сформировалась позднее, чем застройка других округов (Центрального и Железнодорожного). Перед войной 1941—45 гг, в 1937 г. вблизи города Курска, на территории деревень Рыжково, Ламоново, Богданово, Гуторово был образован Сталинский район. В 1956 г. произошло его объединение с Дзержинским районом Курска. Образовался Промышленный район, который в 1994 г. был переименован в Сеймский округ.

Первый проект детальной планировки нового жилого массива в Промышленном районе был разработан в 1961 г. [3, с. 162—164].

По проекту жилой район состоял из трёх крупных жилых микрорайонов № 2, 3 и 4 и одного отдельного квартала для больничного комплекса. Между микрорайонами № 3 и № 4 предусматривался бульвар, связывающий центр посёлка РТИ с будущим общественно-культурным центром нового жилого района «Ламоново», примыкающим к парку культуры и отдыха со спортивной зоной. Второй бульвар связывал центр района и промплощадку будущего трикотажного комбината.

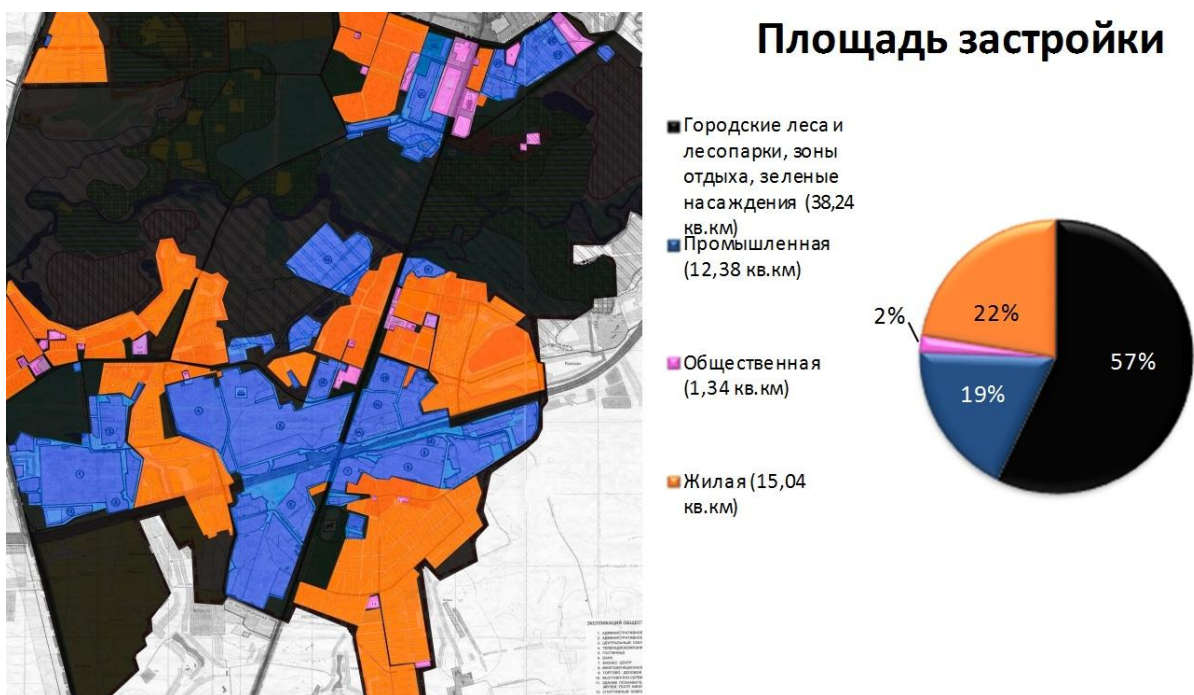
Застройка главной магистрали города — улицы Рышковской (ныне проспект Кулакова) формировалась 5-этажными домами, с устройством отдельных жилых групп, в центре которых размещались 9-этажные односекционные дома. Вдоль бульвара располагались три 9-этажных дома с блоками торговли и обслуживания. В этой планировке уже тогда закладывались прогрессивные приёмы застройки. В каждом микрорайоне размещались школы, детские учреждения, магазины и другие предприятия обслуживания.

В 1967 г., в связи со строительством Курского трикотажного комбината (ныне АО «Сейм») и размещением жилой застройки для его работников, проект детальной планировки «Ламоново» пришлось корректировать уже на базе серий крупнопанельных жилых домов, выпускаемых на ДСК. Эти керамзитобетонные панели стали основным материалом для массового строительства жилья в районе «Ламоново». Учитывался и новый масштаб застройки главной магистрали города с переходом с 5-этажной застройки на 9-этажную и выше.

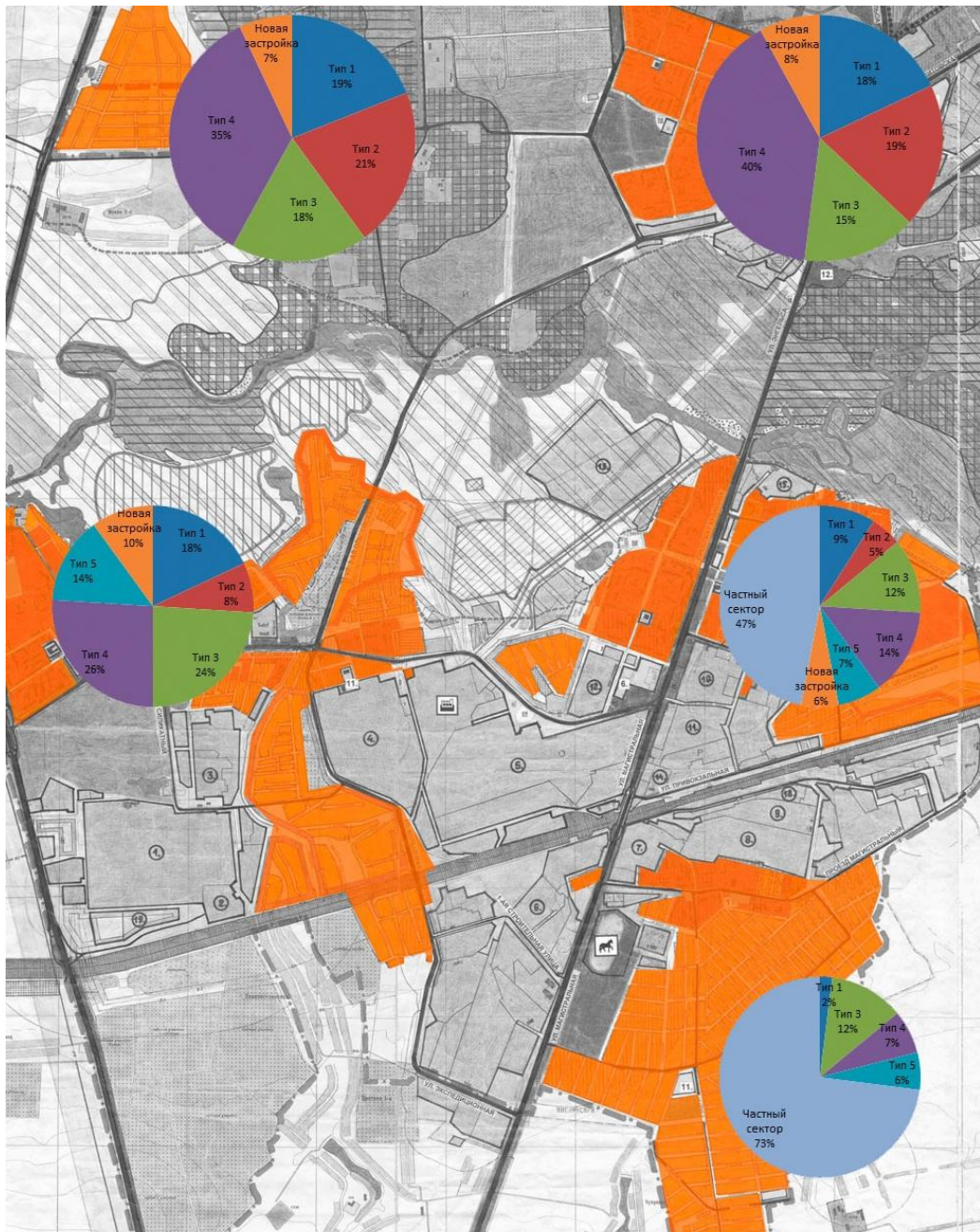
Одновременно с новым проектом детальной планировки района разрабатывался проект застройки микрорайона № 3 для трикотажного комбината с применением улучшенной серии крупнопанельных жилых домов серии 1-464А. Принципы планировки и структура района сохранялись, при этом в проект вносились новые приёмы размещения групп домов и зданий культурно-бытового обслуживания.

При разработке проекта жилого района «Ламоново» учитывались две особенности местоположения массива. Первое — он располагается вдоль напряжённой по интенсивности движения автомагистрали Москва — Симферополь, прорезающей весь центр Курска с севера на юг. Для уменьшения влияние шума часть застройки удалена от транспортной магистрали, и буфером между ними служит широкая зелёная аллея. Второе: вблизи массива протекает река Сейм — самая крупная в области водная артерия, по берегам которой тянется лентой на несколько километров лесопарк Солянка.

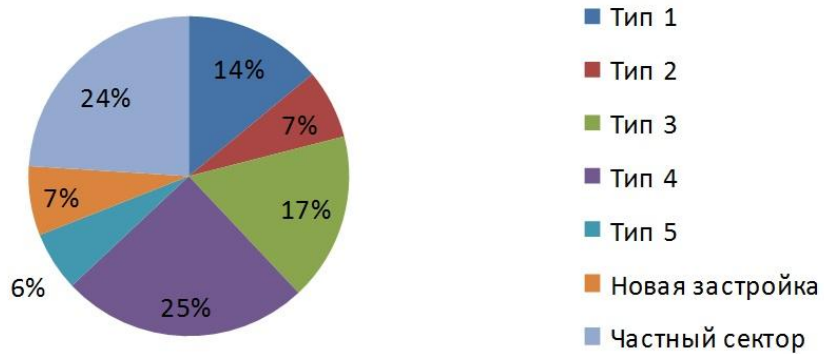
Территория Сеймского округа представлена всеми видами застройки: жилой, общественной и промышленной; остальная часть района — городские леса, зеленые насаждения, зоны отдыха и т. д. На рисунке 1 представлены вышеперечисленные виды застройки с их процентным содержанием.



**Рисунок 1. Виды застройки Сеймского округа г. Курска и их процентное содержание**



## Итого



*Рисунок 2. Типы зданий жилой застройки и их процентное содержание*

Среди рассматриваемых видов застройки наибольший интерес для реконструкции представляет жилая застройка. В данном округе она представлена 6 типами зданий: 2-х этажные шлакоблочные и кирпичные, 3—4-х этажные здания из красного кирпича, 5 этажные панельные, 5 и 9 этажные здания из силикатного кирпича, 9 этажные панельные и здания, относящиеся к новой застройке (преимущественно точечной), реконструкция которых ещё не требуется. Схематичное размещение этих типов зданий и их процентное содержание представлены на рисунке 2.

Можно предложить некоторые методы реконструкции большинства из вышеперечисленных зданий [4, с. 228—240].

**2-х этажные дома**, так называемые «сталинки» (рис. 3). В основном их использовали под коммунальное заселение, но есть и квартиры, в которых по 3-4 комнаты. В послевоенных постройках использовалась коридорная система, которая предназначалась под общежитие. Основной строительный материал — это кирпич, также применялись шлакоблоки. Предполагаемые методы реконструкций следующие:

1. дома, выполненные из кирпича, можно при необходимости переоборудовать под здание бытового обслуживания, коммерческой деятельности и т. д.

2. можно произвести перепланировку квартир, со сносом ненесущих перегородок и сооружением новых, для наименее обеспеченных представителей среднего класса.

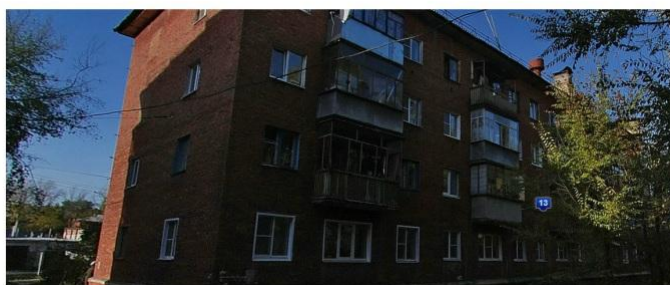
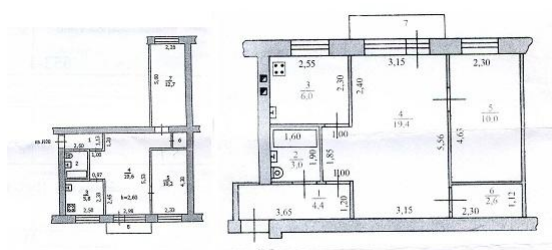
3. дома из шлакоблоков целесообразней всего снести.



*Рисунок 3. 2-х этажные жилые дома*

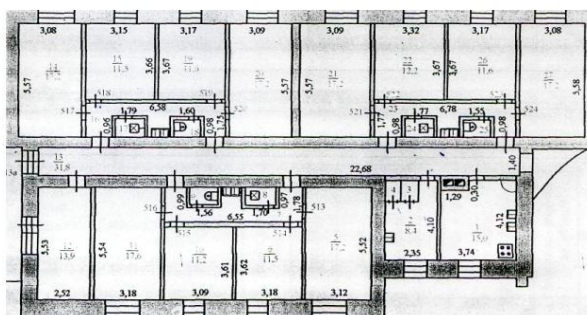


**3—4-х этажные дома из красного кирпича** (60-е годы строительства) (рис. 4). Потолки в этих домах невысокие (2,7 м). Планировка близка к планировке зданий панельного типа. По сравнению с домами «сталинского» типа площади квартир и высота потолков меньше. Так как материал их изготовления (красный кирпич) лучше, чем шлакоблоки, имеет смысл сделать перепланировку квартир со сносом и возведением новых перегородок, для получения новых типов квартир. Так же можно произвести надстройку этажей, сделав 2-х уровневые квартиры на верхних этажах. Некоторые из этих домов находятся вблизи поликлиник, что ещё создаёт возможность в реконструкции, т. е. в создании после перепланировки больничных учреждений, стационаров и поликлиник.



*Рисунок 4. 3—4-х этажные дома из красного кирпича*

**5 и 9-ти этажные дома из силикатного кирпича** (1980—85 гг. строительства) (рис. 5).



*Рисунок 5. 5 и 9-ти этажные дома из силикатного кирпича*

Такие дома характеризуются небольшой высотой помещений, примерно 2,6 м. При достаточно продуманной планировке нет излишеств площади, что предоставляет минимальные возможности при реконструкции. Данные дома в принципе можно не реконструировать в связи с хорошей сохранностью.

**5-ти этажные панельные дома** (1965—75 гг. строительства) (рис. 6). Существуют два подхода к проблеме модернизации планировочных решений 5-этажных домов массовой застройки:

1. Метод основан на сохранении большинства конструкций, но с их усилением в местах, где это нужно, а также с утеплением ограждений. Ликвидации планировочных недостатков препятствуют конструктивные особенности зданий, поскольку они выполнены в прочном и долговечном материале — бетоне. В таких домах перегородки часто являются связями и элементами жесткости стенового остова. Их ослаблять и тем более переставлять нельзя.

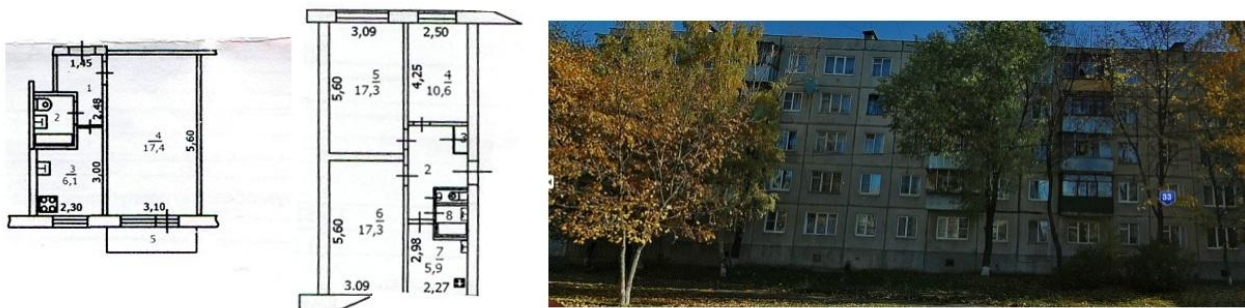
Значительная часть специалистов склонна проводить реконструкцию локального характера. К зданиям пристраивать объемы кухонь-эркеров.

Эркеры устраивают совместно с лоджиями. Они не только увеличивают площадь квартиры, но и разнообразят оформление фасадов.

Для этого потребуется в существующие перекрытия заложить предварительно напряженные тяжи, стягивающие объемы, пристраиваемые по двум противоположным фасадам.

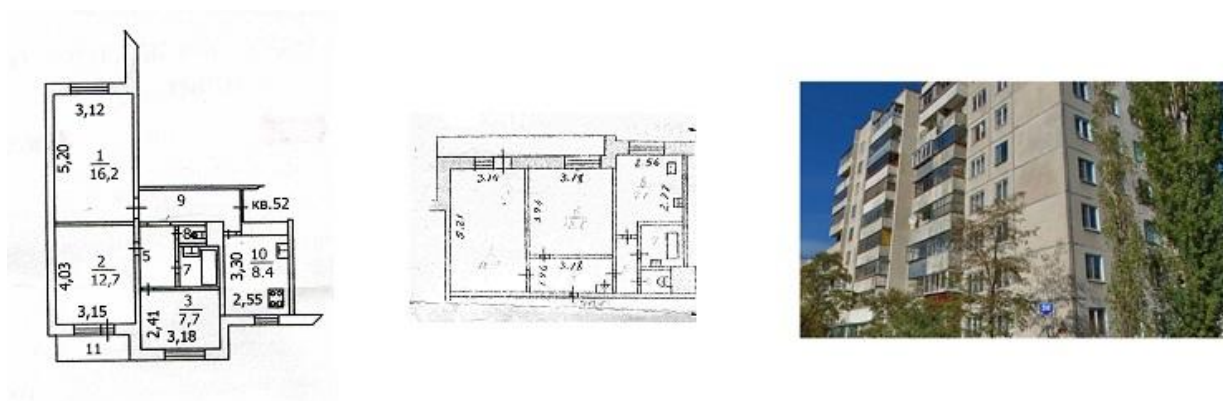
2. Метод основан на модернизации квартир с кардинальной перепланировкой, т. е. использовании части жилых комнат для размещения подсобных служб квартиры. Это приводит к сокращению числа комнат в квартире и потерям жилой площади, но комфортность повышается в значительной степени.

Санитарные узлы освещаются естественным светом, увеличивается площадь кухонь, что очень важно. В русских традициях превращать ее в полноценную комнату для членов семьи и даже приема гостей. При таком решении конструкции не нарушаются. Вся реконструкция заключается в санитарно-технических работах по переносу стояков и подключению приборов.



*Рисунок 6. 5-ти этажные панельные дома*

9-ти этажные панельные дома (1980 гг. строительства — настоящее время) (рис. 7).



*Рисунок 7. 9-ти этажные панельные дома*

Реконструкция этих домов ещё не требуется. В будущем к ним можно применить принципы реконструкции для 5-ти этажных панельных домов (1965—75 гг. строительства), рассмотренных выше.

В целом принципы реконструкции зданий должны отвечать следующим требованиям:

- расширение возможностей планировочных решений квартир при широком диапазоне площадей и количества комнат в квартире, способных удовлетворить спрос различного уровня платежеспособности;
- конструктивные построения не должны препятствовать архитектурным решениям фасадов;
- повышение качества комфорта проживания;
- повышение уровня энергосбережения за счет снижения теплопотерь;

- снижение энергоемкости конструкций здания в целом.

Принципы, заложенные в основу реконструкции, должны осуществляться для планировочных и конструктивных схем всех рассмотренных зданий.

### **Список литературы:**

1. Михайленко Т.Г. Уроки градостроительного развития Курска [Текст]/ С.И. Меркулов, Н.Л. Авилова, Т.Г. Михайленко // Архитектура и строительство России. — 2007. — № 5. — С. 24—32.
2. Михайленко Т.Г. Типовая застройка Курска конца XVIII века [Текст] / Т.Г. Михайленко // Промышленное и гражданское строительство. — 2009. — № 5. — С. 40—41.
3. Теплицкий М.Л. Автографы в камне. Архитектурная летопись Курска [Текст] / М.Л. Теплицкий. Курск: Городская типография, 2001 — 473 с.
4. Шепелев Н.П. Реконструкция городской застройки [Текст] / Н.П. Шепелев, М.С. Шумилов. М.: Высшая школа, 2000. — 271 с.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ РАЗВЯЗКИ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ В ГОРОДЕ КАЗАНИ**

*Калашников Марк Владимирович*

*студент 5 курса, кафедра «Изыскания и проектирование автомобильных  
дорог» КГАСУ, г. Казань  
E-mail: [loginova@ksaba.ru](mailto:loginova@ksaba.ru)*

*Логинова Ольга Анатольевна*

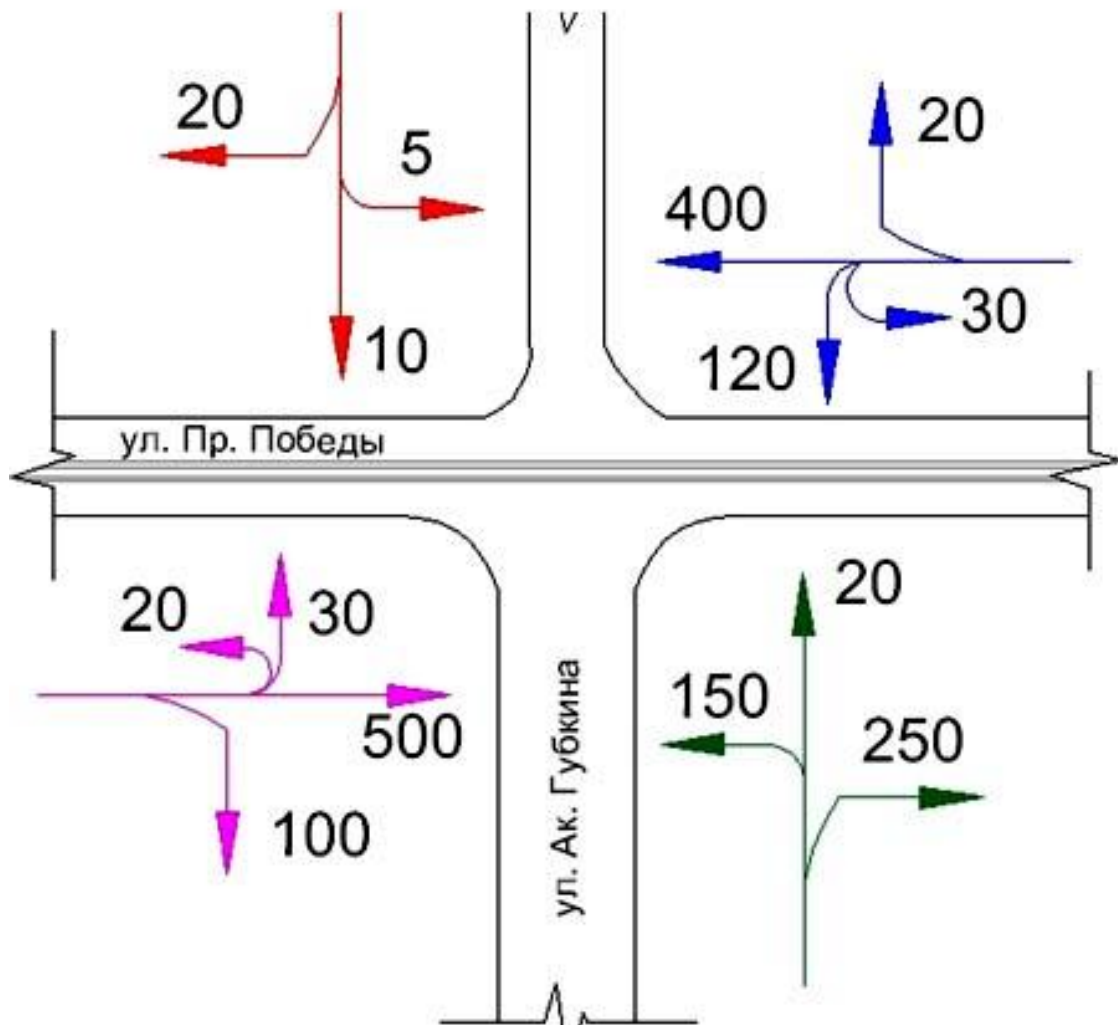
*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент КГАСУ, г. Казань*

В современных условиях развития улично-дорожной сети г. Казани, невозможно представить её без наличия условий для безопасного и комфортного передвижения, как для водителей, так и для пешеходов. Уширение проезжей части в городских условиях справиться с современным транспортным потоком не в состоянии. Проблему могут решить транспортные развязки, располагать их надо не на отдельных перекрестках, а устраивать несколько развязок в одном направлении.

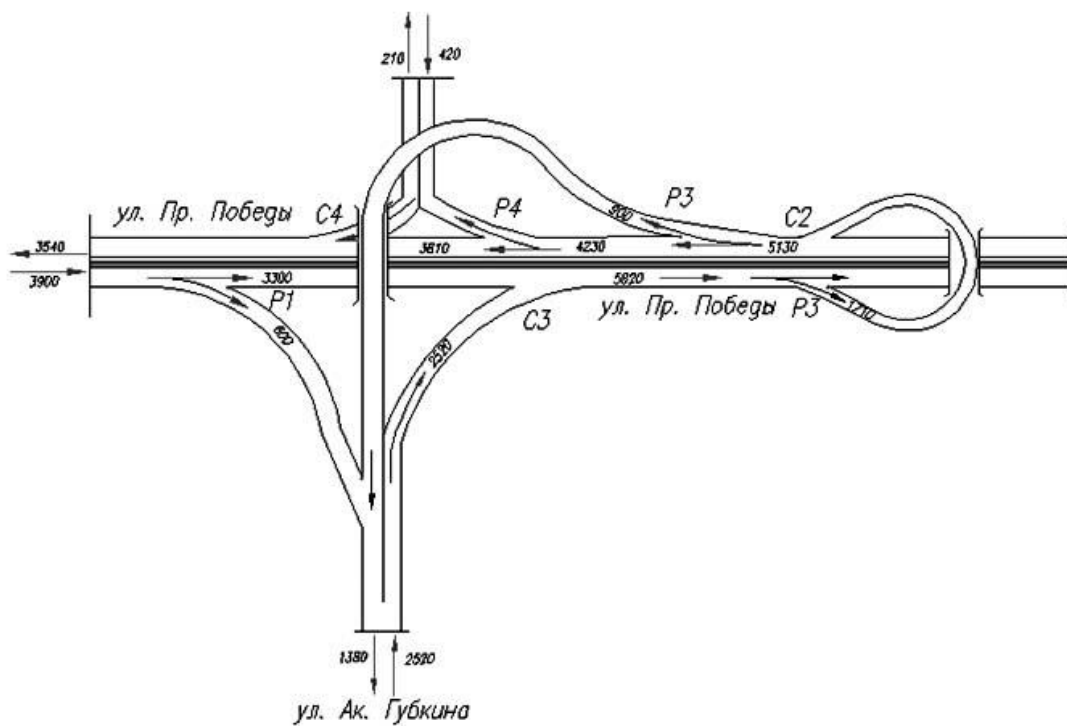
В связи с большой интенсивностью движения транспорта на пересечении улиц Академика Губкина и Проспект Победы (рис. 1) происходит задержка

движения из-за работы светофора, что приводит к уменьшению длины перегона и уменьшению скорости транспортного потока. Наличие транспортной развязки позволило бы увеличить скорость транспортного потока, избежать задержек, связанных со светофорным регулированием и трамвайным движением по улице Проспект Победы.

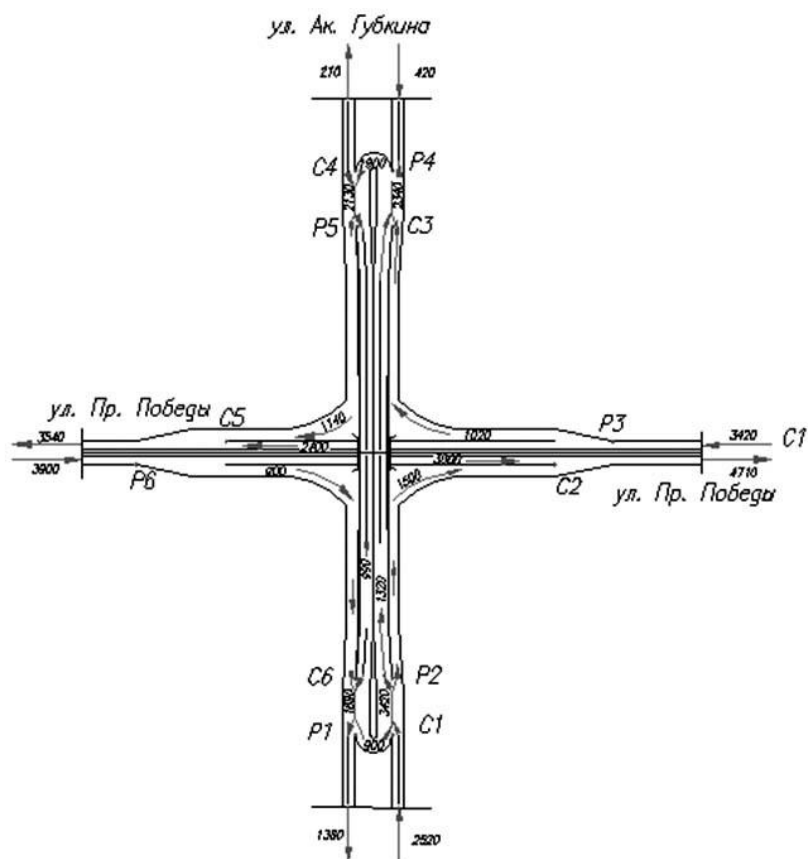
Поэтому в целях увеличения пропускной способности и улучшения условий движения транспортных средств, было предложено три варианта транспортных развязок: по типу трубы (рис. 2), индивидуального проектирования (рис. 3) и по типу кольца с двумя путепроводами (рис. 4).



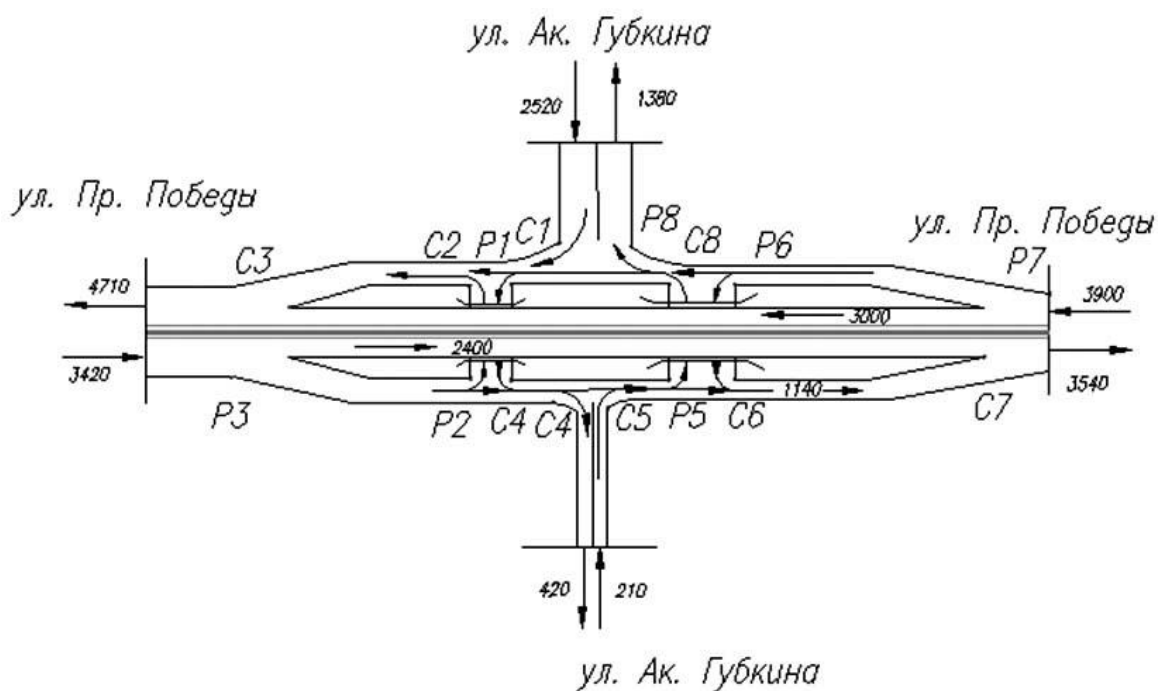
**Рисунок 1. Распределение интенсивности движения (авт/час)**



**Рисунок 2. Пересечение по типу трубы**



**Рисунок 3. Развязка индивидуального проектирования**



**Рисунок 4. Пересечение по типу кольца с двумя путепроводами**

Предлагаемые транспортные развязки сравнили по условиям движения [1] (табл. 1) и в результате сравнения предпочтительнее оказался кольцевой тип пересечения с двумя путепроводами и развязка индивидуального проектирования.

Оценка пропускной способности выбранных вариантов была определена на основе сопоставления часовой пиковой интенсивности движения на наиболее загруженных участках развязки с пропускной способностью этих участков. Интенсивность движения по основной полосе магистрали, где происходит слияние или разделение потоков автомобилей, зависит от общей интенсивности движения и принимается по ОДМ «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [2]. Результаты сравнения приведены в таблице 2.

Таблица 1.

## Условия движения на развязках

№ п/п	Наименование	«Первый тип»	«Второй тип»	«Третий тип»
1	Нормативное движение транспортных потоков <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные</li> <li>• левосторонние</li> <li>• правосторонние</li> </ul>	прямо влево, вправо вправо	прямо влево вправо	прямо вправо вправо
2	Наличие смешивания сворачивающих потоков <ul style="list-style-type: none"> <li>• между собой</li> <li>• с основным потоком</li> </ul>	есть нет	нет нет	нет есть
3	Наличие присоединенных съездов с левой стороны	есть	есть	есть
4	Наличие обратных кривых малых радиусов	нет	нет	нет
5	Сложность конструкции транспортной развязки	простая	простая	простая
6	Сложность конфигурации транспортной развязки	простая	сложная	простая
7	Количество путепроводов	2	3(3)	1
8	Количество опасных точек <ul style="list-style-type: none"> <li>• пересечения</li> <li>• слияния</li> <li>• разветвления</li> <li>• всего</li> </ul>	- 4 4 8	- 3 3 6	- 3 3 6

На основании сравнения вариантов по пропускной способности, все три имеющиеся варианта транспортных развязок являются приемлемыми при выборе.



Таблица 2.

## Оценка пропускной способности

Наиболее загруженный участок	Расчетная инт-ть авт/сут	Часовая инт-ть авт/сут	Пропускная способность	Уровень загрузки	
				факт.	допуст.
<b>1 вариант</b>					
Подходы к развязке с гл.д.	2700	450	1350	0,33	0,6
Правоповоротный съезд	720	120	1300	0,09	0,6
Подход со второстепен д.	4500	750	2200	0,34	0,6
Участок перепл. для гл.д.	3540	590	1350	0,44	0,6
Участок перепл. для вт.д.	4710	785	2200	0,36	0,6
<b>2 вариант</b>					
Подходы к развязке с гл.д.	2700	450	1350	0,33	0,6
Правоповоротный съезд	720	120	1300	0,09	0,6
Подход со второстепен д.	4500	750	2200	0,34	0,6
Участок перепл. для гл.д.	3540	590	1350	0,44	0,6
Участок перепл. для вт.д.	4710	785	2200	0,36	0,6
<b>3 вариант</b>					
Подходы к развязке с гл.д.	2700	450	1350	0,33	0,6
Правоповоротный съезд	720	120	1300	0,09	0,6
Подход со второстепен д.	4500	750	2200	0,34	0,6
Участок перепл. для гл.д.	3540	590	1350	0,44	0,6
Участок перепл. для вт.д.	4710	785	2200	0,36	0,6

Удобство движения и безопасность на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог [1] зависит от числа и вида конфликтных точек, их взаимного расположения, угла пересечения потоков движения и интенсивности движения на пересекающихся, сливающихся и разветвляющихся направлениях движения. Степень обеспеченности безопасности движения оценивается показателем аварийности. Чем он меньше, тем удачнее схема пересечения. Показатель аварийности транспортной развязки определяется по формуле:

$$K_a = G \cdot K_r \cdot 10^7 / [\sum (M_i + N_i) * 25] \quad (1)$$

где: G — возможное количество ДТП на транспортной развязке;

$K_r$  — коэффициент годовой неравномерности движения;

$M_i$  — интенсивность движения по правой полосе дороги, авт/сут;

$N_i$  — интенсивность движения по съезду, авт/сут.

$$G = \sum q_i \quad (2)$$

где:  $q_i$  — степень опасности данной точки.

$$q_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 10^{-7} \cdot 25 / K_r \quad (3)$$

где:  $K_i$  — относительная аварийность;

$M_i, N_i$  — интенсивности движения в данной точке;

$K_r$  — коэффициент годовой неравномерности движения по месяцам года.

Расчет по показателю аварийности для предлагаемых транспортных развязок приведен в таблице 3.

**Таблица 3.**

**Определение показателя аварийности на развязках**

№	Конфл. точки	Инт. дв-я на осн. дор, $M_i$	Инт. на съезде, $N_i$	Отн. авар-ть, $K_i$	Степень опас-ти $q_i$	ДТП, G	M+N	Кэф.о вар. Ко
1	P1	3300	600	0,02	0,0022	0,0702	19500	0,0729
	C1	900	600	0,0012	0,0017			
	P2	6420	1710	0,025	0,0228			
	C2	3420	1710	0,02	0,035			
	P3	5130	900	0,02	0,0022			
	C3	3900	2520	0,02	0,00285			
	P4	4230	420	0,035	0,0022			
	C4	3810	210	0,0012	0,0001			
2	P1	1890	900	0,02	0,0002	0,0509	19500	0,0588
	C1	2520	900	0,025	0,0001			
	P2	3420	1500	0,025	0,015			
	C2	3000	1500	0,02	0,00285			
	P3	3420	1020	0,025	0,008			
	C3	1320	1020	0,02	0,0028			
	P4	2340	1920	0,0025	0,015			
	C4	1920	210	0,0012	0,0001			
	P5	2130	1140	0,02	0,002			
	C5	2400	1140	0,02	0,0022			
	P6	3000	900	0,0012	0,0025			
	C6	990	900	0,02	0,0001			
3	P1	3420	1710	0,035	0,008	0,0811	19500	0,0798
	C1	5130	900	0,0012	0,0028			
	P2	3900	2520	0,02	0,015			
	C2	4230	420	0,025	0,0001			
	P3	3810	210	0,025	0,002			
	C3	1890	900	0,02	0,008			
	P4	2520	900	0,025	0,0028			
	C4	3420	1500	0,02	0,015			
	P5	3000	1500	0,0025	0,0001			
	C5	3420	1020	0,0012	0,002			
	P6	1320	1020	0,02	0,008			
	C6	2340	1920	0,02	0,0028			
P7	1920	210	0,0012	0,015				
C8	3420	1140	0,02	0,0001				

При сравнении вариантов по показателю аварийности выбранные типы примыкания являются неопасными, но пересечение по типу трубы предпочтительнее, так как коэффициент аварийности имеет самое наименьшее значение.

Так как в результате сравнения вариантов трудно определить наиболее предпочтительный вариант, было принято решение проектировать развязку индивидуального проектирования. Это связано с тем, что на данном перекрестке уже имеется сложившаяся жилая застройка и проектировать приходится в сложных стесненных условиях, а у выбранного варианта левоповоротные съезды предполагается размесить на эстакадах, над существующей проезжей частью улицы Губкина.

#### **Список литературы:**

1. Гохман В.А., Визганов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1989. — 319 с.
2. ОДМ 218.4.005—2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. — Введ. 12.01.2011. М.: Росавтодор, 2011.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ**

*Сидоров Артем Андреевич*

*студент 5-го курса, кафедра изыскания и проектирование автомобильных  
дорог КГАСУ, Казань  
E-mail: [mawer.07@mail.ru](mailto:mawer.07@mail.ru)*

*Терегулова Эльза Рустэмовна*

*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель КГАСУ,  
Казань  
E-mail: [teregul@yandex.ru](mailto:teregul@yandex.ru)*

В условиях стремительного увеличения грузонапряженности автомобильного транспорта, стремительного развития воздушного транспорта (появление тяжелых и сверхтяжелых воздушных судов), увеличиваются нагрузки на покрытия автомобильных дорог и аэродромов. Современные дорожные аэродромные покрытия должны обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в то же время быть довольно экономичными. В свете вышесказанного совершенствование методов конструирования и расчёта жестких дорожных одежд (наряду с другими аспектами — учет достижений материаловедения, использование прогрессивных технологий строительства и реконструкции и др.) является одним из актуальных вопросов современного строительства.

Увеличение грузонапряженности движения автомобильного транспорта (нагрузка на ось, интенсивность движения, шипованная резина) сводит на нет все усилия и затраты на строительство и ремонт дорог на автомагистралях с покрытием из асфальтобетона. «За рубежом давно уже поняли, что на грузонапряженных автомагистралях с учетом длительных сроков эксплуатации даже непрерывно армированные цементобетонные покрытия строить выгоднее, чем асфальтобетонные, несмотря на то, что асфальтобетонные покрытия имеют преимущество перед цементобетонными покрытиями якобы в части ремонтпригодности. Хорошим подтверждением преимуществ цементобетонных покрытий можно считать тот факт, что есть все

покрытия на аэродромах высокой категории строят из цементобетона [4]. На автомагистралях нашей страны преобладают нежесткие дорожные одежды с асфальтобетонными покрытиями (97 %). Кроме того, по данным ГП РосдорНИИ [5, 6] сроки службы дорожных одежд даже на федеральных дорогах значительно ниже нормативных (5—7 лет). Удельный вес дорожных одежд с жесткими покрытиями в развитых странах (Германия, США, Бельгия) составляет 35—40 %. Средний фактический срок службы этих покрытий составляет 26 лет.

На сегодняшний день, с появлением современных технологий, обеспечивающих высокие эксплуатационно-технические характеристики и высокие темпы производства работ, цементобетонные покрытия становятся наиболее распространенными во всем мире. Основные преимущества дорожных одежд с цементобетонными покрытиями и основаниями заключаются в том, что при примерно одинаковой строительной стоимости они обеспечивают значительно более долгий срок службы по сравнению с нежесткими дорожными одеждами (в среднем в 2—3 раза и более) и, следовательно, требуют значительно меньших затрат на ремонт, а также обеспечивают более высокий уровень транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и аэродромов и условий движения по ним в течение срока службы жестких дорожных одежд

Большинство аэродромов России имеют покрытия жесткого типа. Кроме того, жесткие покрытия получили широкое распространение и на автомобильных дорогах I—III категорий. Их преимуществами являются: высокая прочность и долговечность; устойчивость при воздействии эксплуатационных и климатических факторов; быспыльность и водонепроницаемость; малое сопротивление качению колес (0,0012—0,0015) и большое трение скольжение, как для сухого, так и для влажного состояния поверхности покрытия

В России, до 80-х годов прошлого века при строительстве цементобетонных покрытий дорог и аэродромов обязательно использовалась

металлическая арматура в монолитных и сборных цементобетонных покрытиях с целью уменьшения и даже полного устранения температурных и усталостных трещин. После 80-х годов прошлого века и до наших дней в России полностью отказались от армирования из-за экономии металла. Также не применяется и преднапряжение цементобетонов (как эффективный способ полного исключения трещин). Между тем в Германии успешно используют преднапряжение бетонов, в Канаде и сегодня при строительстве автомагистралей укладывают стальную арматуру в цементобетонное покрытие.

К началу нового тысячелетия сложилась ситуация, при которой покрытия на многих аэродромах России отслужив 20—40 лет, исчерпали свой прочностной ресурс и стали интенсивно разрушаться. Разрушались не только покрытия, построенные из предварительно напряженных плит типа ПАГ, срок эксплуатации которых ограничивался 25 годами, но и монолитные железобетонные. Основными причинами, приведшими к разрушению аэродромных покрытий, явились: возросшие (нерасчетные) нагрузки из-за постоянного увеличения взлетных масс воздушных судов; интенсивность полетов; нарушение водно-теплового режима грунтов и нарушений в работе дренажных и водоотводных систем; а в ряде случаев низкое качество строительных работ.

Анализ отечественного и зарубежного опыта эксплуатации цементобетонных покрытий и длительные наблюдения СоюздорНИИ за цементобетонными покрытиями [4] позволяет объективно оценить недостатки покрытий данного типа, основными из которых являются: разрушение деформационных швов; разрушение и отслаивание поверхностного слоя бетона («шелушение»), образование большого количества трещин. Эти факторы сдерживают широкое применение бетонных покрытий. Шелушение в значительной мере определяется также наличием температурных швов, вокруг которых наиболее быстро и интенсивно разрушается поверхностный слой. В зоне поперечных швов, как правило, возрастает динамическое воздействие колеса автомобиля: кромки плит и прилегающая к ним

поверхность покрытия воспринимают дополнительные нагрузки. В силу этих и других факторов поперечные швы вызывают снижение прочности поверхностного слоя бетона.

Конечно, на долговечность цементобетонных покрытий значительное влияние оказывает недостаточно высокий уровень технологической культуры строительного производства. Также такие аспекты, как выбор применяемых материалов и их качество; адекватность конструктивных решений; соблюдение проектных решений, технологии укладки и ухода за твердеющим цементобетонном; нарушения режима эксплуатации.

В плане повышения долговечности, несущей способности цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов а также в плане расширения использования жестких дорожных одежд сегодня существует ряд перспективных направлений.

Здесь приведены некоторые из них:

1. Применение непрерывно армированных цементобетонных покрытий. В неармированных покрытиях длина плит независимо от первоначального шага поперечных швов через несколько лет эксплуатации фактически составляет, как правило, 4—6 м, поскольку образуются сквозные поперечные трещины. Армирование покрытий позволяет значительно увеличить длину бетонных плит, а следовательно, сократить число поперечных швов и уменьшить дефектность покрытия. Длина плит при этом тесно связана с содержанием арматуры и при расходе последней в количестве 3—5 кг/м<sup>2</sup> может быть увеличена, соответственно, до 10—24 м. Дальнейшее повышение содержания арматуры (до 8—12 кг/м<sup>2</sup>) позволяет увеличивать длину плиты до 200—400 м и более и переходить к устройству бесшовных, так называемых непрерывно армированных конструкций, применение которых кардинально решает вопрос повышения эксплуатационных качеств и долговечности цементобетонных покрытий [7]. Непрерывно армированные цементобетонные покрытия (НАЦП) имеют большой срок службы, более высокие показатели безопасности движения и пониженный уровень шума на дорогах. Эти покрытия не имеют

поперечных швов и имеют сравнительно небольшое содержание арматуры. СоюздорНИИ ведутся научно-исследовательские и экспериментальные работы в области технологии строительства таких покрытий в нашей стране [4].

2. Использование высокопрочных бетонов. Анализ опыта проектирования и строительства показывает, что в настоящее время используют цементобетоны прочностью 5,0 МПа и 5,5 МПа. Однако СНиП 32.03—96 рекомендует для строительства аэродромных покрытий применять более прочные цементобетоны с пределом прочности 6,0; 6,5; 7,0; и 7,5 МПа. Исследования, проведенные [1] показывают, что при увеличении класса бетона толщина однослойного цементобетонного покрытия снижается на 30...40 % по сравнению с толщиной покрытий из цементобетона класса  $B_{tb}$  4,0. Поэтому строительство однослойных покрытий из высокопрочного бетона выгодно как с технологической так и с экономической точки зрения. Однако при проектировании однослойных покрытий следует учитывать, что с уменьшением толщины покрытия, увеличивается прогиб плиты и возрастают осадки грунтового основания. Поэтому в расчете необходимо учитывать второе предельное состояние по допустимому давлению на грунт.

3. Использование крупнопористого бетона для строительства покрытий и оснований повышает безопасность движения на дороге, благодаря быстрому отводу воды с поверхности покрытия (в дождь), повышенной шероховатости. Кроме того, эти покрытия отличаются пониженным уровнем шума от движущегося транспорта.

4. Использование новых геосинтетических материалов при строительстве и ремонте цементобетонных покрытий очень функционально и перспективно. Эти материалы позволяют производить качественный ремонт цементобетонных оснований и покрытий.. Например, использовать геокомпозит, PGM-G фирмы Tenkate представляющий собой высокопрочный геокомпозит, армированный стекловолокном, в качестве трещинопрерывающей прослойки при устройстве асфальтобетонного покрытия на цементобетонном основании с трещинами. В этом случае подложка из нетканого полипропилена поглощает горизонтальные



напряжения, не допуская образования отраженных трещин в новом слое асфальтобетона, а волокна из стекловолокна выполняют армируют асфальтобетон, значительно улучшая его эксплуатационные свойства.

Как показывает практика эксплуатации аэродромных покрытий, срок их службы меньше нормативного, они начинают разрушаться через 2—3 года после ввода в эксплуатацию [2]. Причинами снижения долговечности покрытий являются: неверный учет природно-климатических факторов, грунтово-геологических и мерзлотных условий строительства; ошибки при разработке аэродромной конструкции и ее расчете; нарушение технологии строительства аэродромных покрытий; неправильная эксплуатация покрытий и т. д. Все эти и другие причины в конечном итоге приводят к увеличению объема работ по ремонту и содержанию покрытий и, как следствие, увеличению стоимости соответствующих мероприятий. Поэтому любые достижения в области конструирования, расчета на прочность, ремонта и содержания покрытий, обеспечивающие снижение стоимости или увеличение срока их службы, представляют несомненный интерес.

В России и за рубежом продолжают проводиться многочисленные исследования работы покрытий как жесткого, так и нежесткого типа, направленные на совершенствование методов их проектирования и расчета.

В 2008 г. было опубликовано «Руководство по механико-эмпирическому проектированию дорожных одежд. Руководство по практическому применению» [13]. Подробный перевод этого документа представлен в [9]. Особенностью предложенного метода проектирования жестких дорожных одежд является использование проектировщиком итеративного подхода, т. е. повторно исследовать выбранный вариант проекта. Если пробный вариант не удовлетворяет критериям по эксплуатационным характеристикам при данном уровне надежности, он должен быть модифицирован и вновь проанализирован, пока не будет соответствовать этим критериям. Анализ надежности производится на основании вычислений приращений разрушений в конце расчетного периода (модели разрушений покрытий: колеи, вертикальные перемещения швов,

международный показатель ровности- IRI; трещинообразования от нагрузки; трещинообразование, не связанное с нагрузкой).

Методы конструирования и расчета дорожных принятые в Канаде, США и европейских странах во многом совпадают с методами, используемыми в нашей стране и основаны на всемирно признанном методе, предложенном проф. Н.Н. Ивановым и развитым в исследованиях учеников его научной школы: В.Ф. Бабковым, Г.И. Глушковым, А.С. Смирновым, А.П. Сенициным, М.Н. Герсевановым, Н.И. Горбуновым-Посадовым, Б.Г. Кореневым, О.Я. Шехтер, Б.А. Жемочкиным, В.Е. Тригоном, В.И. Травушем, А.П. Степушиным, В.Д. Садовым и др.

К искусственным покрытиям аэродромов предъявляют повышенные требования по прочности, износостойкости, водонепроницаемости, морозостойкости, долговечности, ровности, шероховатости, обеспеченный водоотвод, сопротивляемость климатическим факторам, стойкость к воздействию газоздушных струй двигателей, технологичность строительства. Все эти требования должны учитываться при проектировании и расчете покрытий аэродромов. Покрытия аэродромов, включая слои искусственных оснований, надлежит рассчитывать по методу предельных состояний на многократное воздействие вертикальных нагрузок от воздушных судов как многослойные конструкции, лежащие на упругом основании.

Определение внутренних усилий в плитах сводится к расчету прямоугольных плит, лежащих на грунтовых основаниях, при действии колесной нагрузки, приложенной к любому участку плиты. Плиты рассчитывают на воздействие статичной колесной нагрузки. Расчетными предельными состояниями жестких покрытий являются: бетонных и армобетонных — предельное состояние по прочности; железобетонных с ненапрягаемой арматурой — предельные состояния по прочности, раскрытию трещин и давлению на грунтовое основание; железобетонных с напрягаемой арматурой — предельное состояние по образованию трещин и давлению на грунтовое основание [2, 6].

Расчет аэродромных покрытий производят по схеме работы тонких пластин на упругом основании. Определение внутренних усилий сводится к нахождению функции эпюр реактивного отпора (реакции) основания от заданной нагрузки. При решении данной задачи исходят из уравнения изгиба тонких пластин на упругом основании:

$$D\left(\frac{d^4 w}{dx^4} + 2\frac{d^4 w}{dx^2 dy^2} + \frac{d^4 w}{dy^4}\right) + r(x, y) = q(x, y), \quad (1)$$

где:  $w$  — прогиб срединной поверхности плиты;

$D$  — цилиндрическая жесткость плиты.

Точность решения уравнения (1) в значительной степени зависит от выбора модели естественного грунтового основания. При расчетах аэродромных покрытий обычно используется или модель коэффициента постели, или гипотеза упругого полупространства. Первая модель построена на допущении о том, что основание является упругим и линейно-деформируемым, касательными напряжениями по подошве плиты пренебрегают, отпор основания пропорционален прогибу плиты в данной точке:

$$r(x, y) = cw(x, y) \quad (2)$$

где:  $c$  — коэффициент постели, зависящий от физических свойств основания.

Во второй модели сплошного упругого полупространства вертикальные перемещения его поверхности  $w_0(x, y)$  определяются по теории упругости, а именно по формуле Буссинеска. Во второй модели учтены деформации поверхности основания не только в месте приложения нагрузки, но и вне её. Исходя из исследований, проведенных в [2] можно считать достаточно обоснованным применение, как первой, так и второй модели в практике проектирования покрытий аэродромов и автомобильных дорог.

Расчет цементобетонных покрытий производится на статическую центрально приложенную нагрузку. Воздействие нагрузки в угловых и краевых зонах плиты учитывается с помощью поправочных коэффициентов. При расчете аэродромных покрытий по существующей методике [8, 11] краевое

загружение учитывается увеличением центрального изгибающего момента на соответствующий переходной коэффициент  $K$ . Для бетонных и армобетонных покрытий при наличии стыковых соединительных швов покрытий  $K = 1,2$ ; при сквозных швах  $K = 1,5$ . Принятые значения переходных коэффициентов не учитывают схему шасси самолетных нагрузок (количество полос, давление в шинах). Для устранения отмеченных недостатков было получено новое решение на основе метода конечных элементов и метода компенсирующих нагрузок [1]. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что величины изгибающих моментов для краевого нагружения на 5—12 % ниже по сравнению с расчетными значениями, определенными по СНиП П—47—85 «Аэродромы». Применение изложенной методики позволяет снизить требуемую толщину покрытий аэродромов и обеспечить экономический эффект.

Динамическое воздействие нагрузки от движущегося транспорта учитывают введением коэффициентов динамичности. Как показывают исследования многих авторов, вопрос о величине коэффициента динамичности несколько противоречивый и дискуссионный. На основе обобщенного экспериментального и теоретического материала установлено [3], что «движущиеся автомобили оказывают на дорожную одежду кратковременное воздействие, величина которого, в зависимости от скорости движения, больше статического в 1,55—1,8 раза даже при неровностях, остающихся на вновь устроенных покрытиях». Развитию динамических расчетов жестких дорожных одежд при воздействии подвижных автомобильных нагрузок, не используемых в [3], посвящены работы А.К. Бируля, А.Г. Булавко, Г.И. Глушкова, А.Н. Защепина, М.С. Коганзона, А.В. Смирнова, Б.Б. Самойленко, В.Е. Ярового и др. авторов. Второй способ расчета жестких дорожных одежд выполняется с использованием динамических значений модуля упругости дорожно-строительных материалов, что приближает работу дорожных одежд к реальным условиям при кратковременном воздействии движущегося транспорта.

Повторность приложения нагрузок, температурные напряжения, нарастание прочности бетона во времени учитывают введением в расчет коэффициента условий работ.

Таким образом, при проектировании проектировщик зависит от уровня обоснованности расчетных методик, заложенных в расчеты моделей, рекомендаций и допущений, принятых в них. Кроме того, существует целый ряд причин, снижающих долговечность покрытий. Наиболее характерными из них являются: недоучет природно-климатических, грунтово-геологических, условий, соответственно из-за этого следуют ошибки конструирования и расчета; нарушение технологии строительства покрытий и несоблюдение правил их эксплуатационного содержания также ведут к снижению долговечности. Исходя из этого можно отметить, что вопросы расчета и проектирования жестких покрытий автомобильных дорог и аэродромов решены не в полной мере и требуют дальнейшего совершенствования.

## Список литературы

1. Ванли Халед Мустафа. Расчет и конструирование жестких покрытий для тяжелых самолетов// Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 1999. — 20 с.
2. Глушков Г.И., В.Ф. Бабков, Тригони В.Е. и др.; под ред. Глушкова Г.И. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1994. — 349 с.
3. Глушков Г.И. Повышение научно-технического уровня проектирования аэродромов. // Труды «Проектирование и расчет прочности конструкций и сооружений аэропортов. Сборник научных трудов», М., 1999.
4. Костенюк И.А., Добарский В.А. Где российские автомобильные дороги с цементобетонным покрытием? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gomaco.ru/press/?news=7> (дата обращения: 19.09.12) [proektstroy.ru](http://proektstroy.ru).
5. Коганзон М.С. Автомобилизация требует жестких дорожных одежд. Современные возможности применения цементобетона при строительстве дорожных одежд в России. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://proektstroy.ru/Статьи/view/7689> (дата обращения: 19.09.12).
6. Кульчитский В.А., Макагонов В.А., Васильев Н.Б., Чеков А.Н., Романков Н.И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд / М.: Физико-математическая литература, 2002. — 528 с.

7. Майдель В.Г., Городецкий Л.В. Связи между плитами сборных покрытий автомобильных дорог. — Сб. науч. тр. / НИИМосстрой. Исследования в области дорожного строительства г. Москвы. М., 1967, с. 40—59
8. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91). М.: Росавтодор, 2004.
9. Новости в дорожном деле: Научно-технический информационный сборник / ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР». М., 2010. — Вып. 2. — 68 с.
10. Руководство по проектированию аэродромных покрытий / Министерство гражданской авиации. М., 1999.
11. СНиП 2.05.08—85. Аэродромы / Госстрой СССР, 1985. — 195 с.
12. Ушаков В.В. Ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Обзорная информация / Автомобильные дороги «ИНФОРМАВТОДОР». М., 2002. — Вып. 2. — 20 с.
13. Mechanistic-Empirical Design Guide (MEPDG): Interim Edition / AASHTO. Washington, 2008.

**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ  
МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ КОРРОЗИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ  
БЕТОНА И АРМАТУРЫ**

*Творогов Дмитрий Анатольевич*

*студент 6 курса, кафедра проектирования, строительства зданий и линейных  
сооружений ЮЗГУ, г. Курск  
E-mail: [401Dimon401@mail.ru](mailto:401Dimon401@mail.ru)*

*Пахомова Екатерина Геннадьевна*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ЮЗГУ, г. Курск*

Повышение надежности и долговечности железобетонных мостов — актуальная, сложная и многофакторная проблема, комплексное решение которой возможно только на основе детального рассмотрения различных ее аспектов. Одной из наиболее существенных сторон этой проблемы является анализ коррозионных процессов в железобетонной конструкции, протекающих под влиянием окружающей среды и снижающих ее долговечность.

Эксплуатационное состояние автодорожных железобетонных мостов — важная проблема нормального функционирования инфраструктуры практически всех современных развитых государств, решаемая на государственном уровне.

По сведениям Всемирного банка, из более чем 60000 автодорожных мостов России 30 % находятся в ненадлежащем состоянии вследствие различного рода дефектов, а ежегодно происходит обрушение около 1 % автодорожных мостов. Обследование более 600 городских мостов показало, что 20 % из них не отвечают по своему состоянию требованиям пропуска современного транспорта, 7 % признаны предаварийными, а 4 % — аварийными. В той или иной степени в ремонте нуждаются 100 % всех обследованных мостов.

В последние годы резко возрос интерес к прогнозированию срока службы железобетонных мостовых конструкций. Это вызвано, прежде всего, неудовлетворительным состоянием многих железобетонных мостов, которые уже после 30—40 лет эксплуатации достигают критической степени физического износа.

В настоящее время имеют место два принципиальных направления исследований по вопросу коррозии в железобетонных пролетных строениях автодорожных мостов.

Первое основывается главным образом на изучении и обобщении опыта эксплуатации железобетонных мостов, анализе износа и остаточного ресурса прочности и выносливости различных конструктивных элементов, построении соответствующих теоретических и эмпирических зависимостей. Это направление получило реализацию в работах Васильева А.И., Подвального А.М., Шестерикова В.И., Антроповой Е.А., Бондаренко В.М., Иосилевского Л.И., Чиркова В.П. и в ряде других. Важным этапом в этих исследованиях было создание в 2001 году «Методики расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов», утвержденной Минтрансом РФ. За рубежом также имеются серьезные подобные исследования [1, 7].

Второе направление использует вероятностный подход к деградационным процессам применительно к конкретным сооружениям. Данное направление получило реализацию в работах Анисимова А.В., Шилина А.А., Зайцева М.В.,

Золотарева И.А., в которых анализируются с вероятностных позиций карбонизация бетона и диффузия хлоридов с учетом климатических и сезонных агрессивных воздействий на конструкции.

В подавляющем большинстве случаев главной причиной потери эксплуатационных характеристик железобетонных мостов является коррозия арматуры. В мостах и путепроводах коррозия, как правило, наступает в результате двух идущих параллельно процессов:

- карбонизации бетона защитного слоя;
- проникновения к арматуре хлоридов, чаще всего поваренной соли, которая попадает на поверхность конструкции в качестве антиобледенителя.

Карбонизация защитного слоя — самое распространенное универсальное агрессивное воздействие, которому подвергаются железобетонные конструкции, эксплуатируемые в природной среде. Сущность ее заключается в том, что углекислый газ, содержащийся в атмосфере в средней объемной концентрации  $C = 0,03 \%$ , взаимодействует с гидратом окиси кальция и едкими щелочами защитного слоя бетона. В результате значение рН жидкой фазы бетона, которое при отсутствии карбонизации находится в пределах 12,4—13,0, падает до 11,0 и более низких значений; функция защитного слоя как электрохимической защиты арматуры утрачивается, пассивное состояние стали нарушается, и арматура оказывается подверженной коррозии. Процесс такого изменения химического состава бетона и называется карбонизацией или нейтрализацией.

Карбонизация представляется в виде следующей химической реакции:



Ход процесса количественно строго описывается системой дифференциальных уравнений [3], упрощением которой является дифференциальное уравнение 1-го порядка, известное как 1-ый закон Фика. Его решение содержит эмпирические параметры, характеризующиеся неопределенностью и большим разбросом значений, поэтому в практических расчетах



обычно используется получаемая на основании 1-го закона Фика полуэмпирическая зависимость в форме

$$X = A\sqrt{\tau}, \quad (2)$$

где: X — глубина (толщина) карбонизированного слоя (см);

$\tau$  — время (годы);

A — эмпирический коэффициент (см/год<sup>0,5</sup>).

Формула (2) имеет многочисленные экспериментальные подтверждения.

Коэффициент A, если речь идет о конструкциях, эксплуатируемых в природной среде, отражает совокупное влияние на скорость карбонизации состава и структуры бетона, условий эксплуатации и положения железобетонного элемента в сооружении, а также климатических и погодных факторов.

Анализ процесса карбонизации защитного слоя бетона в железобетонных конструкциях, с учетом полученных из опыта статистических параметров этого процесса, а также статистических характеристик толщины защитного слоя позволяет осуществлять рациональное нормирование и проектирование толщины защитного слоя для разных элементов железобетонных мостов, а также оценивать время начала коррозии арматуры в конструкциях эксплуатируемых сооружений.

**Таблица 1.**

**Рекомендации по максимальному содержанию хлоридов в различных конструкциях**

№ п/п	Характеристика конструкции	Класс конструкции по содержанию Cl	Максимально допустимое содержание Cl, % от массы цемента
1	Неармированный бетон, в котором нет также других металлических элементов	1,0	1,0
2	Бетон, армированный обычной арматурой или содержащий другие металлические элементы	0,20 0,40	0,20 0,40
3	Предварительно напряженный железобетон	0,10 0,20	0,10 0,20

Главной причиной снижения долговечности эксплуатируемых железобетонных мостов на автомобильных дорогах является коррозия стальной арматуры вследствие массового применения эксплуатационными службами в зимний период хлористых солей-антиобледенителей.

Определение степени коррозионного износа арматуры железобетонных конструкций является ответственной задачей, поскольку именно эта характеристика в наибольшей степени определяет потерю несущей способности конструкций и, следовательно, от нее главным образом зависит принятие управленческих решений — определение сроков и объемов ремонта, замены поврежденных элементов, ограничения или полного закрытия движения по мосту и др.

Точное определение степени коррозии арматуры может быть выполнено только путем извлечения образцов арматурных стержней с последующей их лабораторной обработкой — травлением в ингибированной кислоте и определение потери массы по сравнению с ее справочным значением. При этом, для достаточно надежной оценки в соответствии с требованиями математической статистики, учитывая неравномерность коррозии, необходимо исследовать порядка 10—15 таких образцов-отрезков.

Между тем, нарушение целостности хотя бы одного стержня рабочей арматуры приводит к заметной потере несущей способности железобетонной конструкции и уже по этой причине неприемлемо.

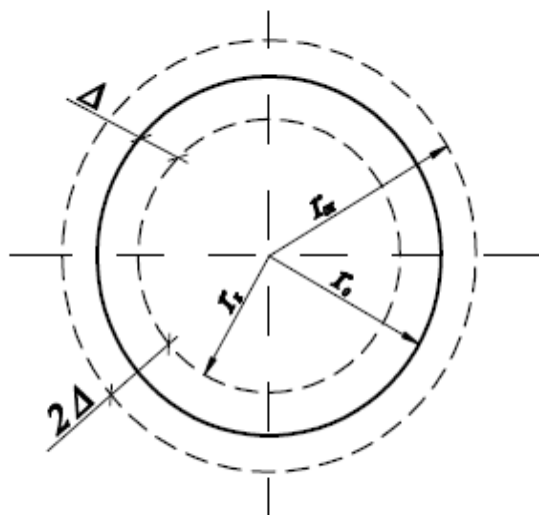
Использование при обследованиях оценки степени коррозии по прямым измерениям на обнаженной арматуре в местах сколов бетона не дает надежных результатов из-за малого числа таких сколов и невозможности выполнить точные измерения.

Поэтому была разработана оценка степени коррозии арматуры опосредованно по ее внешним проявлениям на поверхности конструкции. Таким признаком послужила величина раскрытия продольной трещины в защитном слое бетона, вызванная коррозией арматуры.

Было установлено, что деформации (перемещения) защитного слоя, отжимаемого корродирующим арматурным стержнем:

$$f = 2\Delta,$$

где:  $\Delta$  — величина коррозии.



***Рисунок 1. Изменение сечения арматурного стержня в результате коррозии.  $r_0$  — начальный радиус сечения арматурного стержня;  $r_{ок}$  — наружный радиус оксидного слоя;  $r_k$  — радиус сечения арматурного стержня в результате коррозионного износа***

Если трещина в конструкции образовалась в результате карбонизации защитного слоя, то на этой стадии можно ограничиться, в основном, профилактическими мероприятиями — окраской и гидрофобизацией бетона, устранением источников локального увлажнения и др. В случае хлоридной агрессии эти меры — недостаточны [2].

В Мадридском институте строительных наук под руководством известного исследователя проф. К. Андраде был выполнен большой эксперимент по изучению разрушения железобетона вследствие коррозии арматуры.

Стальные стержни закладывали в бетонный образец с защитным слоем  $h=30$  мм, на стержни накладывали постоянный анодный ток, вызывающий коррозию стали, и устанавливали зависимость между шириной раскрытия продольной трещины в защитном слое и коррозионным износом стержня.

С этой целью стержни извлекали, протравливали и определяли потерю массы вследствие коррозии.

Выводы, сделанные авторами работы, также совпадают с выводами, которые могут быть получены из предыдущего рассмотрения [8].

Полученные результаты слабо зависят от характера армирования и в этом смысле обладают устойчивостью. Практически, они не зависят и от прочности бетона, поскольку для обычных мостовых бетонов классов В30....В40 отношение  $R_{bt}/E \approx \text{const}$ . В то же время, уменьшенная толщина защитного слоя ускоряет его разрушение, что и наблюдается при обследованиях.

Таким образом, выполненное исследование свидетельствует о возможности получения оценки коррозионного износа арматуры в обследуемых балках пролетных строений мостов без вскрытия на значительном протяжении или на большой площади поверхности элемента.

Другим важнейшим фактором при исследованиях железобетонных разрезных мостов является их долговечность.



***Рисунок 2. Карбонизация бетона и коррозия арматуры в защитном слое шва объединения балок***

Наиболее распространенными методами прогнозирования ресурса мостовых конструкций являются методы, основанные на теории надежности. В их основе лежат методы расчета надежности строительных конструкций, разработанные В.В. Болотиным и А.Р. Ржаницыным.

Оценкой ресурса мостов с учётом дефектов и повреждений занимался Потапкин А.А. [5]

В.И. Шестериков предложил для наиболее массовых автодорожных мостов техническое состояние оценивать по показателю их физического износа, что было учтено в [4, 7]. В отличие от прежних подходов состояние моста оценивается по элементам — от покрытия до несущих конструкций (пролётных строений и опор), по которым можно установить и обобщённый показатель износа сооружения как сумму частных износов, взятых со своими коэффициентами значимости.

Износ пролётного строения определяется как снижение его грузоподъёмности, а износ балки пролётного строения — снижение её несущей способности. При определении износа балки учитываются по возможности все дефекты, зарегистрированные на момент обследования. В основном это дефекты, связанные с деструкцией материалов — бетона и арматуры. Наиболее весомыми из них являются снижение плотности и прочности бетона, снижение жёсткости балки из-за шелушения и разрушения защитного слоя, появления трещин в бетоне, коррозия арматуры. Все эти показатели можно достаточно точно определить непосредственно на объекте и на их основании установить расчётом фактическую несущую способность балки.

В качестве примера для изучения коррозионных повреждений бетона и арматуры мостовых сооружений был исследован разрезной железобетонный мост через р. Рогозна в д. Старково Курской области, находящийся в неудовлетворительном состоянии, для которого произведен расчет несущей способности для следующих элементов:

- для плитного пролётного строения;
- для ребристого пролётного строения.



*Рисунок 3. Разрезной железобетонный мост через р. Рогозна в д. Старково  
Курской области*

Фотографии дефектов и повреждений данного мостового сооружения показаны ниже.



*Рисунок 4. Разрушение железобетонной плиты проезжей части  
по фасаду моста*



*Рисунок 5. Подмостовое пространство. Наклонные трещины в ригеле*



*Рисунок 6. Разрушение бетона с обнажением и коррозией арматуры в ригеле*

По результатам исследований разрезной железобетонный мост через р. Рогозна в д. Старково требует немедленного капитального ремонта и проведения необходимых работ, направленных на восстановление нормального рабочего состояния этого моста.

Данная статья подтверждает статистические данные и результаты исследований многих ученых, занимающихся вопросом коррозии железобетонных конструкций разрезных мостов.

### **Список литературы:**

1. Бондаренко В.М., Иосилевский Л.И., Чирков В.П. Надежность строительных конструкций. М., 1996.
2. Васильев А.И. Оценка коррозионного износа рабочей арматуры в балках пролетных строений автодорожных мостов. М.: Бетон и железобетон, 2000.
3. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. М., 1972. — 554 с.
4. Иосилевский Л.И. О прогнозировании долговечности мостовых железобетонных конструкций. М.: Транспортное строительство, 1973. — с. 41—43.
5. Потапкин А.А. Оценка ресурсов мостов с учётом дефектов и повреждений. М.: Вестник мостостроения, 1997. — с. 22—23.
6. СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции.
7. Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов. М., 2001. — 128 с.
8. Andrade K. and oth. Cover Cracking and Amount of Rebar Corrosion. Concrete Repair, Rehabilitation and Corrosion. London., 1996. — p. 263—273.



## СЕКЦИЯ 2. БИОТЕХНОЛОГИИ

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЧАСТОТОЙ СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ ОТ 300 ДО 1000 ГЦ НА ПОДАВЛЕНИЕ ПАТОГЕННОЙ МИКОФЛОРЫ НА СЕМЕНАХ

*Конторина Ирина Сергеевна*

*студентка агрономического факультета СтГАУ, г. Ставрополь*

*E-mail: [panda\\_nsk@mail.ru](mailto:panda_nsk@mail.ru)*

*Рубцова Елена Ивановна*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент СтГАУ, г. Ставрополь*

Одним из основных критериев получения высоких и стабильных урожаев являются посевные качества семян. Любой сорт способен полностью реализовать себя лишь при посеве качественным материалом.

Причина низких посевных качеств часто кроется в большой заселенности семян патогенной микофлорой. При посевах микофлора и развитие вслед за ней различных видов плесени часто приводят к ощутимым потерям. Появление плесени может быть вызвано как наличием почвенных грибков, так и грибковым заражением семян. Существует ряд методов борьбы с микофлорой перед посевами, но ни один из них не дает полной гарантии на успех.

Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур широко используются гербициды для уничтожения сорняков, предпосевная химическая обработка семян для уничтожения грибковых и бактериальных болезней.

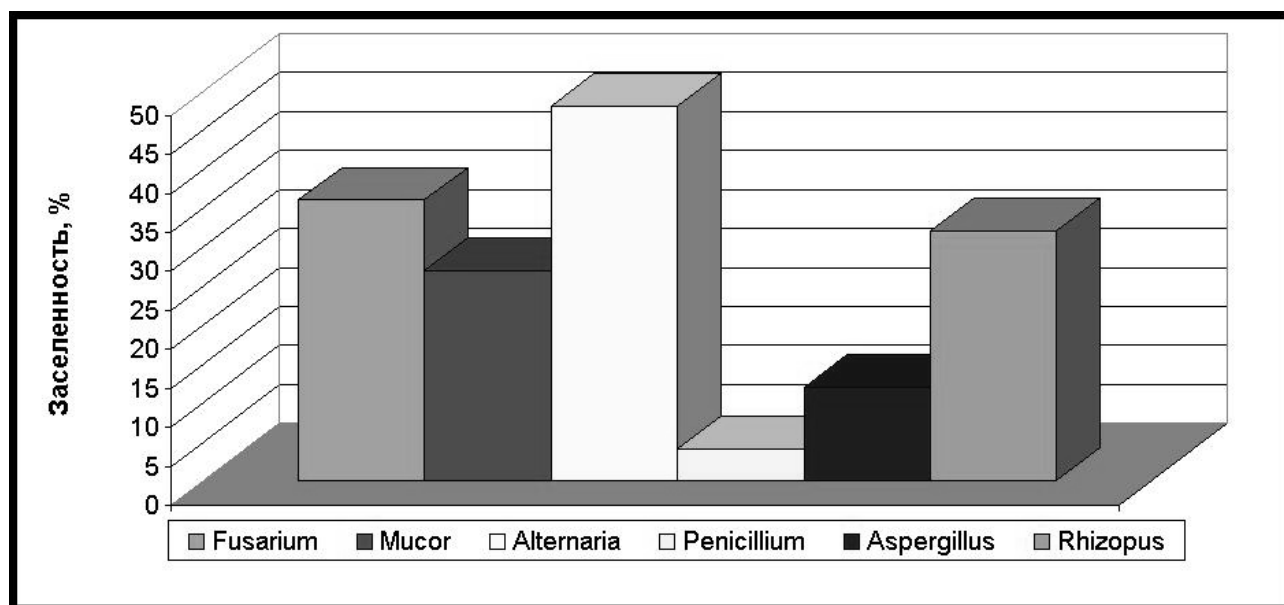
В настоящее время важная роль отводится изучению альтернативных химическому методу приемов защиты сельскохозяйственных культур. По мнению многих специалистов [1; 3] перспективным является предпосевная обработка семян физическими факторами.

При обработке в электрических полях происходит очистка на 75—90 % семян от спор различных фитопатогенов и пыли, с удалением которой исчезает и микофлора [2; 4; 5]. В результате такого воздействия семена,

некондиционные по головне, удается довести до нормы 3-го класса посевного стандарта. При этом разрушений головневых мешочков не отмечено. Кроме этого, обработка в электрическом поле зараженных фитопатогенами семян приводит к значительным изменениям темпов роста и развития возбудителей заболеваний, их токсинообразования и вирулентности.

В апреле-мае 2012 года учеными кафедры физики Ставропольского государственного аграрного университета проведены исследования по влиянию импульсного электрического поля на патогенную микрофлору семян лука сорта Холцедон.

Экспериментально определена заселенность патогенной микрофлорой семян лука сорта Холцедон. Обнаружены грибы родов *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Alternaria* sp. Особенно сильно семена лука сорта Холцедон были поражены *Alternaria* sp. — 48 %, *Fusarium* sp. — 36 %, *Rhizopus* sp. — 32 %, *Mucor* sp. — 27 %. Пораженность семян лука *Aspergillus* sp. составила 12 %, а *Penicillium* sp. — 4 % (рис. 1).

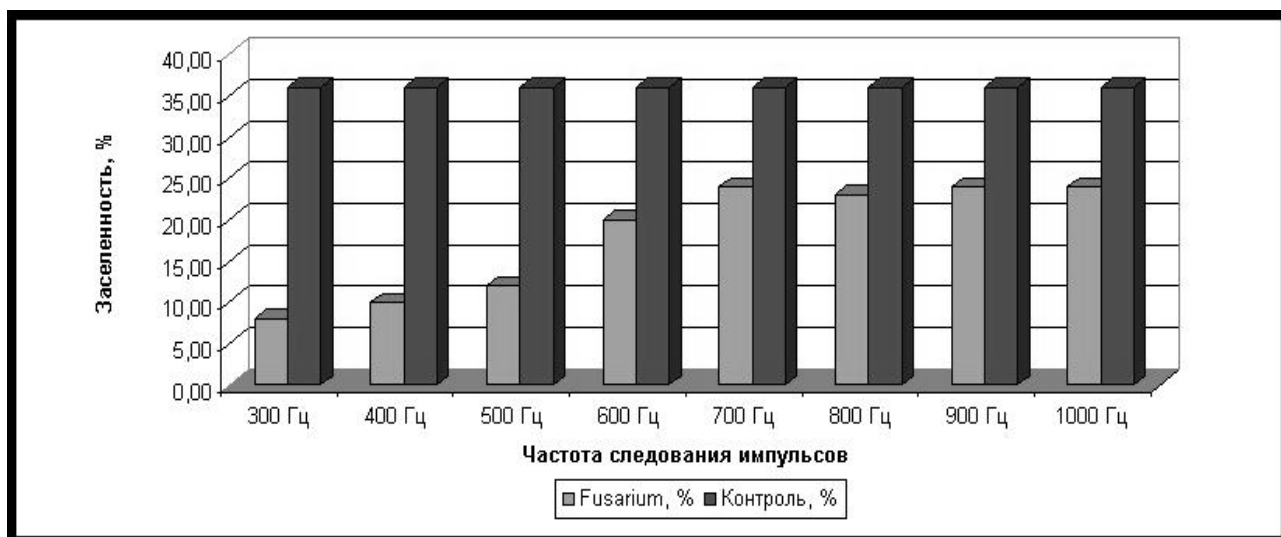


**Рисунок 1. Заселенность патогенной микрофлорой семян лука сорта Холцедон**

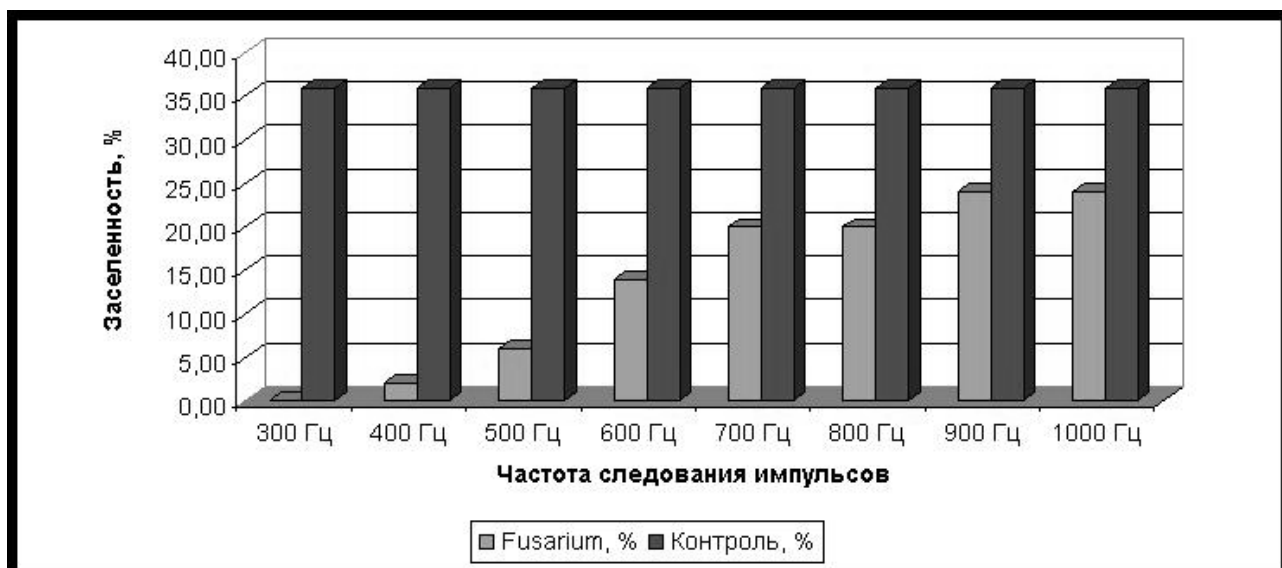
Результаты показали необходимость проведения опытов по подавлению патогенной микрофлоры с использованием экологически чистых методов, к которым относится и обработка ИЭП.

В апреле семена лука сорта Холцедон обработали ИЭП с длительностью импульса 50 мкс, частотой следования импульсов от 300 до 1000 Гц, с шагом изменения частоты 100 Гц, экспозицией 3 с и временем отлежки 5 суток и вторая партия обработана с экспозицией 10 с и времени отлежки 3 суток при прочих равных условиях.

Обработка семян лука сорта Холцедон импульсным электрическим полем (ИЭП) экспозицией 3 с и временем отлежки 3 суток позволила снизить заселенность патогенными грибами *Fusarium sp.* с 36 % на контрольных, не обработанных семенах до 8 %, при частоте следования импульсов 300 Гц; до 10 и 12 % при частотах 400 и 500 Гц, соответственно (рис. 2). Увеличение экспозиции до 10 с позволило при тех же частотах снизить заселенность семян грибом *Fusarium sp.* от 0 до 6 % соответственно при увеличении времени отлежки до 5 суток (рис. 3).



**Рисунок 2. Влияние обработки ИЭП длительностью импульса 50 мкс, экспозицией 3 с и временем отлежки 3 суток на зараженность семян лука сорта Холцедон грибом *Fusarium sp.***



**Рисунок 3. Влияние обработки ИЭП длительностью импульса 50 мкс, экспозицией 10 с и временем отлежки 5 суток на зараженность семян лука сорта Холцедон грибом *Fusarium sp.***

Снизить заселенность патогенными грибами *Mucor sp.* с 27 % на контрольных, не обработанных семенах до 0 %, удалось при частоте следования импульсов 300 Гц в обоих опытах. Дальнейшее увеличение частоты следования импульсов привело к росту заселенности патогенной микрофлорой. При частотах близких к 1000 Гц процентное содержание патогенных грибов на обработанных семенах практически сравнялось с контролем.

Напротив, заселенность грибами *Alternaria sp.* удалось снизить с 48 % до 2 % только при экспозиции 10 с. Обработка семян лука сорта Холцедон экспозицией 3 с позволяет снизить заселенность патогенной микрофлорой лишь до 14 %, что значительно по сравнению с контролем. Необходимо отметить, что ИЭП оказывает влияние на грибы рода *Alternaria sp.* при всех частотах, но при высоких частотах снижение заселенности происходит на 10—12 %.

Заселенность семян лука сорта Холцедон грибами рода *Penicillium sp.* составляет всего 4 %. Предпосевная обработка семян импульсами частотой следования импульсов позволяет полностью подавить развитие этого гриба. Обработка частотой следования импульсов 400 Гц снижает заселенность в половину. Дальнейшее увеличение частоты следования импульсов ИЭП не влияет на заселенность грибов рода *Penicillium sp.*

Заселенность семян лука сорта Холцедон грибом рода *Aspergillus* sp. в контрольном варианте составила 12 %. Полностью подавить патогенную микрофлору удалось при экспозиции 10 с и частотой следования импульсов 300 Гц. Как и в остальных опытах, увеличение частоты следования не привело к значительному уменьшению заселенности грибом рода *Aspergillus* sp.

Заселенность семян грибом рода не удалось снизить в процентном соотношении до 0, но при экспозиции 3 с и частотой следования импульсов 300 Гц заселенность снижена на 22 % и составила 10 %, а обработка ИЭП экспозицией 10 с при такой же частоте следования снизила заселенность грибом *Rhizopus* sp. до 4 %.

Анализ полученных результатов показывает неоднозначную реакцию патогенных грибов на действие ИЭП. Обработка семян лука ИЭП с частотой следования импульсов от 300 до 1000 Гц показала, что наибольший эффект дают частоты от 300 до 500 Гц. Дальнейшее увеличение частоты следования ИЭП приводит к тому, что заселенность патогенной микрофлорой либо снижается незначительно, либо не снижается совсем, не зависимо от того, какими являются остальные параметры. Снижает процент заселенности патогенных грибов и увеличение экспозиции, например, грибов *Fusarium* sp. при 10 с не остается совсем, а при 3 с снижается на 28 % по сравнению с необработанными семенами и составляет 8 %. Так же можно отметить, что с продлением времени отлежки заселенность патогенными грибами монотонно увеличивается.

Сопоставления данных, полученных разными исследователями, показывают, что предпосевная обработка электромагнитными полями в оптимальной для выбранного объекта дозе улучшает посевные качества семян, подавляет патогенную микрофлору и при прочих равных условиях дает возможность получить более высокую урожайность, т. е. агроприем во многих случаях является высокоэффективным.

Из полученных результатов предпосевной обработки семян лука сорта Холцедон импульсным электрическим полем (ИЭП) с частотой следования импульса от 300 до 1000 Гц можно сделать следующие выводы:

- наиболее сильное воздействие на патогенную микрофлору оказывают частоты от 300 до 500 Гц;
- обработка семян лука сорта Холцедон ИЭП экспозицией 3 с позволяет уничтожить грибы родов *Mucor* sp., *Penicillium* sp.;
- увеличение экспозиции всего на 7 с позволяет полностью уничтожить дополнительно и грибы родов *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp.;
- с увеличением времени отлежки заселенность патогенными грибами монотонно увеличивается.

#### **Список литературы:**

1. Азарова Е.П. К механизму действия магнитного поля на семена / Е.П. Азарова, А.П. Салей // Пробл. Интродукции и экологии Центр. Черноземья. Воронеж, 1997. — С. 107—109.
2. Каменир Э.А. Комплексное применение электрических полей в системах подготовки семян: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Каменир Эдуард Александрович. Челябинск, 1988. — 53 с.
3. Летова А.Н. Использование электромагнитных излучений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / А.Н. Летова, А.А. Зейналов // Сб. науч. тр. / Ставропольский ГАУ. — 2005: Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе. — С. 366—369.
4. Механизм взаимодействия микроволн с живыми клетками / Э.Ш. Исмаилов [и др.] // Сб. науч. тр. / Ставропольский ГАУ. — 2005: Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе. — С. 235—237.
5. Тютюрев С.Л. Роль и место физических методов обеззараживания зерна / С.Л. Тютюрев // Защита и карантин растений. — 2001. — № 2. — С. 15—17.

## СЕКЦИЯ 3.

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

***Виканова Алёна Анатольевна***

*студент 6 курса, кафедра информационных систем и компьютерных технологий БГТУ «Военмех», г. Санкт-Петербург*

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

***Снижко Елена Александровна***

*научный руководитель, канд. пед. наук, доцент БГТУ «Военмех», г. Санкт-Петербург*

Одним из основных методов решения задач научного обоснования освоения природной среды, объектов производства и эффективности инвестиций является научное прогнозирование, основанное на всестороннем комплексном исследовании разнообразных данных. В исследовании должны учитываться не только данные о самой природной среде, но и другие, отражающие факторы социальной сферы, трудовых, материальных и финансовых ресурсов, требования рационального природопользования и т. п.

Для комплексного исследования окружающей среды в настоящее время применяются ГИС-технология и геоинформационные системы. В основе исследования заложен анализ природной и социальной среды как совокупности геоинформационных объектов. Такой подход приводит к новой технологии прогнозирования — геоинформационного прогнозирования.

Геоинформационное прогнозирование представляет собой набор методов получения и анализ информации об окружающей среде и разработки прогнозных оценок для поддержки принятия решений.

Целью геоинформационного прогнозирования является снижение уровня неопределённости при принятии решений.

Геоинформационное прогнозирование решает две основные задачи: оценка тех или иных параметров для данного момента времени и получение прогнозных оценок на перспективу.

Оценка текущих параметров применяется для оперативного анализа существующей ситуации. Прогнозные оценки используют при оценке альтернатив принимаемых решений или при изучении явлений и их будущих последствий.

Геоинформационное прогнозирование как технология интегрирует статические методы прогнозирования, методы деловой графики, методы геоинформационного моделирования и цифрового моделирования.

При геоинформационном прогнозировании можно выделить три качественных этапа обработки информации:

1. Сбор, группировка, обобщение и унификация первичных данных;
2. Анализ, моделирование вторичных (унифицированных) данных;
3. Получение прогнозных оценок, их верификация.

### **Сбор, группировка, обобщение и унификация первичных данных**

Ключевым аспектом решения задач прогнозирования является выделение специфических типов информации, необходимой при решении проблем управления или исследования природных явлений.

Исходя из этого, цели сбора данных могут быть следующими.

1. Разведочная — направлена на сбор предварительной информации, предназначенной для определения проблем, проверки гипотез и выбора моделей.

2. Описательная (дескриптивная) — направлена на получение описательных характеристик тех или иных аспектов геоинформационной среды, например социальной ситуации.

3. Казуальная — направлена на выявление и определение причинно-следственных связей и обоснование гипотез [1, с. 104].



На практике при проведении сбора геоинформационных данных используется не один, а все типы исследований, причем в любой последовательности.

Первый класс методов сбора составляют дистанционные методы сбора информации.

Другой, дополняющий первый класс методов, образуют методы статистической обработки данных.

При решении задач геоинформационного прогнозирования вся используемая информация подразделяется на два класса: первичная и вторичная.

Первичные (разнородные) данные получают в результате сбора информации об объектах местности разными технологиями: статистические методы сбора экономической и социальной информации, фотограмметрические методы, полевые методы, картометрические методы, использование GPS, данные дистанционного зондирования и т. д.

Под вторичными (унифицированными) данными понимают данные, полученные в результате обработки первичных данных, а также данные собранные ранее для других целей.

### **Анализ, моделирование вторичных данных**

На этом этапе при анализе осуществляется:

- выбор объектов прогноза;
- исследование фона (среды);
- классификация событий;
- формирование задачи и генеральной цели прогноза.

Анализ унифицированных данных включает предварительное обобщение и группировку данных, построение моделей объекта прогнозирования.

Выделяют, по крайней мере, следующие четыре функции преобразования данных: обобщение, определение концепции (концептуализация), перевод результатов статического анализа на понятный для пользователя язык (коммуникация), определение степени соответствия полученных результатов всей совокупности (экстраполяция).

На основе этих данных создают модели объектов прогнозирования, которые определяются совокупностью цифровых моделей: цифровые модели местности, цифровые модели объектов, цифровые модели явлений.

Особенностью решения задач прогнозирования является необходимость исследования взаимодействия объекта прогнозирования с внешней средой. Это требует дополнительного построения модели внешней среды.

При наличии моделей объекта прогнозирования и данных об окружающей его среде проводится дальнейший анализ и обобщение.

### **Получение прогнозных оценок**

При проведении прогнозирования может создаваться прогнозная модель — модель, исследование и использование которой позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта в будущем и путях и сроках осуществления этих состояний.

Методы прогнозирования, как и все методы, используемые при проведении геоинформационных исследований, можно подразделить на эвристические, при применении которых преобладают субъективные начала, и на логико-математические, при применении которых преобладают объективные начала.

Эвристические методы прогнозирования предполагают, что подходы, используемые для формирования прогноза, не изложены в явной форме и неотделимы от лица, делающего прогноз, при разработке которого доминируют интуиция, опыт, творчество и воображение. К данной категории методов относятся методы социологических исследований, экспертные методы и методы прогнозирования по аналогам (метод прецедентов). Особенностью этих методов является их зависимость от лица, делающего прогноз.

Примером эвристических методов прогнозирования может быть экспертная система. Под экспертной системой понимается система, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить разумный совет или осуществить разумное решение поставленной задачи. Дополнительно желаемой характеристикой такой системы, которая многими рассматривается

как основная, является способность системы пояснять, по требованию, ход своих рассуждений в понятной для спрашивающего форме [3, с. 9].

В системе, основанной на правилах, знания в проблемной области, необходимые для решения задач, закодированы в форме правил и содержатся в базе знаний. Безусловно, для представления знаний наиболее широко применяются правила, но в экспертных системах других типов применяются также другие способы представления.

Логико-математические методы прогнозирования основаны на построении формализованных логико-математических моделей. Это позволяет осуществлять обработку данных и получение прогноза на основе алгоритмов без участия субъекта. Особенностью этих методов является их независимость от лица, делающего прогноз. Они могут быть воспроизведены другими лицами, которые неизбежно приведут к получению такого же или близкого прогноза.

К данной группе относятся методы прогнозирования по аналогам (метод моделей), функционально-логическое прогнозирование, структурное прогнозирование, параметрическое прогнозирование, комплексное прогнозирование.

Примером прогнозирования по аналогии (метод моделей) могут служить методы распознавания образов.

Методы распознавания образов широко используют в геоинформационных технологиях при обработке фотограмметрической информации и данных дистанционного зондирования Земли. Существуют несколько типов задач распознавания образов, важнейшими из которых являются три их типа:

- обучение распознаванию образов;
- задача минимизации описания объекта;
- задача таксономии.

В первой задаче по некоторому набору признаков с помощью выбранного решающего правила определяют принадлежность объектов к определенному классу. При этом используют некоторое количество эталонных объектов,

образующих так называемые обучающие выборки или библиотеки эталонов (сигнатуры), для которых указываются классы, содержащие эти объекты.

При анализе признаков, для каждого объекта вырабатываются критерии, называемые критериями оптимальности (решающими правилами), которые позволяют определить принадлежность каждого нового объекта тому или иному классу с ошибкой, не превышающей заранее заданную.

Таким образом, при наличии обучающей выборки строится такое решающее правило, которое позволяет реализовать прогноз о принадлежности объектов определенным классам или определенным интервалам значений своих параметров при появлении новой информации об этих объектах.

При решении второй задачи из совокупности признаков, характеризующих каждый рассматриваемый объект, выбирают наиболее информативные. Она формулируется следующим образом: необходимо построить такое пространство признаков, чтобы размерность его была меньше размерности параметров исходных данных, а информативность (относительно анализируемого объекта) не изменилась.

Третья задача заключается в том, чтобы из некоторого множества объектов выделить с помощью заданного правила классы однородных одинаковых объектов.

Геоинформационные данные носят временной характер. В том случае, когда прогноз необходим на определенный период времени в будущем, в качестве исходных данных используют временные ряды или временные модели.

В этих случаях прогноз основывается на ретроспективном анализе данных и определении следующих характеристик.

Прогнозная ретроспектива — процедура моделирования «назад» на некий временной период прогнозирования, на котором исследуется объект прогнозирования и прогнозный фон (среда) с целью получения их систематизированного описания.

Период упреждения прогноза — промежуток времени, на который разрабатывается прогноз.

Период основания прогноза — промежуток времени, на базе которого строится ретроспектива.

Прогнозный горизонт — максимально возможный период упреждения прогноза заданной точности и достоверности [2, с. 234].

Геоинформационное прогнозирование включает три типа задач, определяющих его особенности и отличие от других видов прогнозирования, например маркетингового.

Первый тип задач связан с обработкой статистических данных и переносе результатов обработки на карту. Он основан на широко применяемых известных методах математической статистики и теории вероятностей и тематическом картографировании.

Второй тип задач геоинформационного прогнозирования связан с анализом изображений, например автоматизированной классификации объектов космического снимка с целью выявления определенных объектов по заданному набору или их образов.

Третий тип задач геоинформационного прогнозирования связан с необходимостью анализа и обработки последовательностей пространственных объектов.

Результатом геоинформационного прогнозирования являются не только статистические данные (обычный прогноз), но и тематические карты, цифровые модели динамики явлений, трехмерные модели объектов, векторные изображения полей или динамики явлений.

Все эти данные получаются на основе различных логико-математических методов прогнозирования.

Можно выделить несколько групп математических методов, используемых при проведении геоинформационного прогнозирования.

1. Статистические методы обработки информации.
2. Многомерные методы (в первую очередь факторный и кластерный анализы). Они используются для обоснования решений, в основе которых лежат многочисленные взаимосвязанные переменные.

3. Регрессионные и корреляционные методы. Они используются для установления взаимосвязей между группами переменных, описывающих маркетинговую деятельность.

4. Имитационные методы. Они применяются тогда, когда переменные, влияющие на реальную ситуацию (например, описывающие динамику) не поддаются определению с помощью аналитических методов.

5. Методы статистической теории принятия решений. Используются для стохастического описания ситуации.

6. Детерминированные методы исследования операций (в первую очередь линейное и нелинейное программирование). Эти методы применяют тогда, когда надо найти оптимальное решение [1, с. 109]

Выделяют пять основных видов статистического анализа, используемых при проведении таких исследований: дескриптивный анализ; выводной анализ; анализ различий; анализ связей; предсказательный анализ.

Анализ, в основе которого лежит использование статистических процедур (например, проверка гипотез) с целью обобщения полученных результатов на всю совокупность, называется выводным анализом.

Анализ различий используется при сравнении результатов исследования двух групп объектов для определения степени отличия в их поведении.

Предсказательный анализ используют при прогнозировании развития событий в будущем.

Можно выделить два способа разработки параметрических прогнозов: экстраполяцию и моделирование.

В первом случае в качестве базы прогнозирования используется прошлый опыт, который пролонгируется на будущее. Во втором случае строится прогнозная модель, характеризующая зависимость изучаемого параметра от ряда факторов, на него влияющих. Она связывает условия, которые, как ожидается, будут иметь место, и характер их влияния на изучаемый параметр.

Каждый из методов прогнозирования обладает определенными достоинствами и недостатками.

Эвристическое прогнозирование включает экспертное прогнозирование и прогнозирование по аналогии.

Экспертному прогнозированию, которое поддерживается в геоинформатике не только статистикой, но и набором карт или визуальных моделей предшествуют математические методы прогнозирования. Следует отметить, что экспертному методу присущи значительные погрешности, а интуиция и опыт эксперта должны в возможно большей степени проверяться с помощью доступных фактов и знаний.

Прогнозирование по аналогии (метод прецедентов) корректно только тогда, когда установлена, доказана аналогия между объектами управления и аналогами. Этот метод нельзя использовать при прогнозировании явлений, не имеющих аналогов.

### **Верификация прогнозных оценок и выбор метода прогнозирования**

Получение прогнозных оценок должно быть подвергнуто верификации для их надежности.

Цель верификации прогноза — оценка его функциональной полноты, точности и достоверности.

Применяют разные виды верификации.

Прямая верификация прогноза — верификация путём разработки того же прогноза другим методом.

Косвенная верификация прогноза — верификация путём сопоставления его с прогнозом или данными полученными из других источников.

Инверсная верификация — верификация прогноза путём проверки адекватности прогностической модели в ретроспективном периоде.

Консеквентная верификация — верификация путём аналитического или логического вывода прогноза из ранее полученных прогнозов.

Верификация оппонентом — верификация путём опровержения критических замечаний оппонента по прогнозу.

Верификация экспертом — верификация сравнением прогноза с мнением эксперта [2, с. 235].

После выполнения и верификации прогноза необходимо оценить его качество. Для этой цели используют следующие показатели:

- полнота прогноза — доля вариантов прогноза из множества возможных и (или) доля функций объекта прогнозирования, рассмотренных в процессе прогнозирования.
- точность прогноза — оценка доверительного интервала прогноза для заданной доверительной вероятности.
- достоверность прогноза — оценка доверительной вероятности осуществления прогноза для заданной точности (доверительного интервала).
- ошибки прогноза — апостериорная величина отклонения прогноза от действительного состояния объекта.
- источник ошибки прогноза — фактор, могущий привести к появлению ошибки прогноза.

При выборе метода прогнозирования следует учесть для какого типа управления предполагается использовать прогноз. Это объясняется тем, что различные типы управления предъявляют различные требования к виду результатов и точности прогнозирования.

Текущее управление. При таком управлении предполагается, что последствия управляющего воздействия будут аналогичны ранее наблюдавшимся при управлении другими объектами. В таких случаях используют прогнозирование по аналогии (прецедент или модель).

Системное управление предполагает необходимость анализа множества элементов объекта и среды, а также связей между ними. При таком типе управления чаще всего используют экспертное, функционально-логическое, структурное прогнозирование.

Ситуационное управление предполагает необходимость в прогнозе последствий принимаемых решений. Результат такого прогноза может носить качественный (хуже, лучше или предпочтительно, недопустимо и т. д.) или количественный характер. Поэтому такой тип управления чаще должен использовать экспертное, функционально-логическое, структурное или математическое прогнозирование.



## **Список литературы:**

1. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы: учебное пособие для вузов. М.: Златоуст, 2000. — 222 с.
2. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Геоинформатика. М.: МАКС Пресс, 2001. — 349 с.
3. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1991. — 286 с.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА**

***Ермаков Дмитрий Геннадьевич***

*студент 5 курса, кафедра информационных технологий, г. Брянск*

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

***Родина Ульяна Анатольевна***

*студент 5 курса, кафедра информационных технологий, г. Брянск*

*E-mail: [ulya-pulya2@bk.ru](mailto:ulya-pulya2@bk.ru)*

***Хандыго Валентина Геннадьевна***

*научный руководитель, ст. преподаватель БГИТА, г. Брянск*

Системы мониторинговых исследований являются одними из наиболее перспективных технологий в изучении природных и социальных процессов, получивших большое распространение в различных сферах деятельности человека. Уже устоявшимися являются термины социально-политического, географического, информационного, финансового, экономического мониторинга и др.

При изучении разнообразных объектов поля социокультуры и прогноза их развития эта технология стала широко использоваться относительно недавно, начало 70-х гг. XX в., и быстро заслужила признание. Мониторинговая технология благодаря своим философским обоснованиям, приобретает универсальность которая позволяет делать плодотворные выводы не зависимо от масштаба (глобальный, региональный, локальный, даже личностный) проводилось исследование [3, с. 79]. В научной литературе имеется большое

многообразии видов мониторинга. По классификационному основанию можно выделить следующие виды мониторинга:

- по охвату предмета наблюдения (локальный, выборочный, глобальный);
- по зависимости от времени (текущий, предупредительный, ретроспективный);
- по масштабу целей (тактический, сравнительной, оперативный);
- по организационным формам (индивидуальный, фронтальный, групповой) и т. д.

Сущность термина «мониторинг» состоит в принципиально другом уровне изучения объектов социально-экономического и техногенного характера, важных социальных процессов, а так же источников ресурсов природы. Мониторинг — это необходимый критерий для устойчивого прогрессирования общества, так как на основе сведений исследования имеется возможность получения оперативной информации о состоянии на сегодняшний день и прогнозирования будущего развития объектов. Сейчас возникает вопрос о построении консолидированной системы государственного мониторинга центральных технико-экономических процессов в стране, так как наличествующие в России специализированные ведомственные подразделения, необходимые для отражения ситуации практически во всех отраслях деятельности правительства разрознены, слабо управляются и не обладают нужной степенью объективности, в силу их ведомственной принадлежности [2, с. 137].

Текущий подход к прогнозированию и оценке политической и экономической ситуаций, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и технологий, коммуникационной и других инфраструктур позволяет проводить аналогию достижений государств и анализировать альтернативные сценарии развития государств. Работают регламенты оценки социально-экономических процедур в регионах. Инициативно эволюционируют информационно-аналитические дефинитивы для мониторинга контингента и прогнозирования стабильного развития

территорий. Проектируются информационные системы мониторинга, необходимые при принятии управленческих резолюций аппаратом государственной власти. В литературе достаточно полно раскрыты вопросы аккумулирования и использования геоинформационных систем для решения важнейших задач, например: задач мониторинга, управления, бизнеса и др. [3, с. 15]. Технологии мониторинга открыто используются в изучении текущего состояния окружающей среды и опасных явлений. Справочные мониторинговые технологии распространено используются в изучении опасных явлений и состояния окружающей среды. Данные системы используются в промышленном производстве, сельском хозяйстве, экономике и др. В настоящее время мониторинговые системы обработки информации осуществляются с использованием Web-технологий и ресурсов Интернет в режиме «онлайн».

В диапазоне культуры и искусства методика мониторинга стяжает все большее распространение. Методология содержит в себе изучение динамики тенденциозно отобранных статистических индексов с интроспекцией научных и систематичных изданий по актуальным проблемам развития культуры [1, с. 167]. Многие годы опыта проведения мониторинга в просвещении, предполагающие непрерывная интроспекция за состоянием системы образования на основе континуального и достоверного рэнкинга, получаемой научно обоснованными способами и обрабатываемой с использованием актуальных технологий.

На настоящем этапе формирования российской науки приоритетное значение уделяют таким предметам внимания как организации континуального мониторинга научно-технических возможностей, включая статистику науки и инноваций, выявление активно развивающихся и инновационных научных направлений, спонсирование науки. Система прогнозирования науки и оценка исследовательских достижений научного потенциала в необходимой мере эффективно работают за пределами России.

Приоритетное внимание достается мониторингу информационных резервов. Лучшие информационные центры России создают документографические и, конечно, фактографические базы данных, образуют отраслевой информационный мониторинг. Инструменты мониторинга также используются на сайтах библиотек таких как объем перекаченной информации, сводка активных посетителей, статистика посещений [4, с. 56]. Несмотря на это система оценочных исследований неполноценно активно применяется в информационном агентировании, хотя в практике библиотек данная технология употребляется давно, но с автоинтрузией компьютерных технологий, увеличением объема информационных ресурсов и увеличением доступа к источникам информации через Интернет эвентуальности мониторинга выросли. Идет процесс подготовки кадров, способных проводить мониторинговые исследования различных отраслей знания, а так же овладения технологии в практике библиотек. В публикациях Гордуналовой Г.Ф., Чазовой С.А., Сладковой О.Б. раскрыто применение мониторинговых методов в библиотечной работе.

Мониторинг персонала и пользователей библиотеки является постоянным в библиотечной работе; проходят исследования удовлетворенности посетителей качеством обслуживания в библиотеке. В работу библиотек внедрена методика мониторинго-диагностических исследований краеведческой деятельности, которую также можно использовать для решения тех или иных задач создания, управления и пополнения информационной базы управления [3, с. 87].

Информационным мониторингом (ИМ) является система комплексных периодических исследований, которая может использоваться при принятии решения о выборе важнейших научных направлений как инструмент оценки текущего и будущего развития отрасли. Система позволяет проанализировать реальное положение дел и определит направления дальнейшего процесса научных исследований в текущей дисциплине или области знания; предугадать возникновение научного направления и выявить вид его дальнейшего развития по темпам роста количества публикаций, степени рассеяния и концентрации

информации. Системы ИМ вполне могут стать полезными при региональных научных исследованиях. Применением современных информационных технологий обеспечивает информационный мониторинг научных исследований. Используя различные базы данных, можно быстро проводить анализ и поиск и получать точные данные, характеризующие направления исследований и эффективность научной деятельности.

Во время информационного мониторинга могут использоваться уже имеющиеся источники информации, предоставленные в виде различных баз данных. Выбор и грамотное использование баз данных для проведения ИМ позволит значительно ускорить процессы получения информации и повысить качество проводимого исследования, необходимое для принятия управленческого решения.

Технология информационного мониторинга широко известна, описана и использована. Она сводится к следующим этапам:

- определение направления исследования;
- выявление информационных ресурсов, имеющихся в автоматизированном режиме;
- определение параметров наблюдения;
- определение методов обработки итогов наблюдения;
- обработка данных;
- обобщение и представление результатов.

Главным условием необходимым для проведения ИМ является наличие удобной для автоматизированного сбора и хорошо структурированной базы данных, которая позволит проводить отслеживать и анализировать индикатор.

Информацию, полученную на микроуровне, необходимо дополнять и сопоставлять с данными, получаемыми из междисциплинарных и отраслевых базах данных и данными экспертных опросов. Для группирования и отбора информационных массивов при решении различных аналитических задач естественно должна использоваться довольно развитая классификация,

соответствующая современной структуре научно-технической деятельности, может быть одна из универсальных систем регистрации научной литературы.

Для эффективного проведения ИМ и оптимизации данных необходимо верно выбрать и оценить возможности и объемно-временные характеристики базы данных. Самыми эффективными будут являться те информационные технологии, при помощи которых можно будет сэкономить максимальное времени. В связи с этим встает вопрос о доступности и оперативности программного обеспечения используемых баз данных.

Достоинства ИМ заключаются в проведении комплексного анализа данных; возможности быстрого получения данных по необходимому критерию; упорядочении информационных потоков; представлении данных в удобном виде (диаграмм или графиков).

Технология информационного мониторинга дает возможность не только осуществлять прогнозирование развития некоторого объекта, но и с результатом использовать имеющуюся информацию для принятия управленческих решений. В связи с увеличением количества информационных ресурсов в геометрической прогрессии, требуется постоянное совершенствование методики и методологии осуществления мониторинга. Не маловажным является учет индивидуальных особенностей объекта изучения, поэтому проведение многоуровневого комплексного исследования на прямую способствует получению объективной и качественной информации.

Для выявления документопотока применяется комплекс вторичных источников, т. е. сведения о публикациях, стандартно представленные, полностью идентифицирующая первоисточник и записанная на традиционных или машиночитаемых носителях. Первичные документопотоки изучаются с различными целями: определение функциональных особенностей формирования потоков, оценка библиографических продуктов, выявление информационных потребностей специалистов, слежение за развитием проблем в отраслях, определение важных свойств документов.

Изучение первичных документопотоков позволило увидеть, что документальный поток — функционально значимое, целостное явление общества. В последнее время выявляется тенденция роста информационных потоков в различных сферах деятельности.

Развитие и формирование документопотоков зависят от различных внешних факторов, поэтому система комплексных периодических исследований с помощью новейших информационных технологий, может быть непосредственно использована при принятии решения о выборе основных научных направлений и оценки современного и будущего развития отрасли, является на сегодня активно используемой и актуальной.

### **Список литературы:**

1. Гендина Н.И. Концептуальные основы формирования информационной культуры личности // Подготовка учителя основ информационной культуры в пед. колледже: Науч.-метод. сб. Кемерово: Кузбассвузиздат, 2008.
2. Кортнев А.В., Логинов В.И., Петровский Система мониторинга и анализа научно-исследовательской деятельности // Информ. технологии и вычисл. системы. — 2011.
3. Куштанова Л.И. Информационная культура специалиста: гуманитарные проблемы // Библиотечное дело и библиография: Мир библиотек сегодня. — Информ. Сборник. — Вып. 1. М., 2009.
4. Редькина Н.С. Использование мониторинговых технологий в изучении актуальных вопросов науки и культуры // Б-ка и духовная культура нации: мат. Рег. Науч.-практ. Конф. (Новосибирск, 23—27 сент. 2009 г.). — Новосибирск, 2009.

# РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

*Егоров Денис Владимирович*

*студент 4 курса, кафедра математического и программного обеспечения  
информационных систем НИУ «БелГУ», г. Белгород  
E-mail: [student\\_belgu@mail.ru](mailto:student_belgu@mail.ru)*

*Михелев Владимир Михайлович*

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент НИУ «БелГУ», г. Белгород*

## Аннотация

Данная статья рассматривает применимость муравьиного алгоритма к задаче коммивояжера. В данном алгоритме используется интеллектуальная многоагентная система, в которой каждый агент (муравей) действует автономно по несложным правилам, для нахождения решений указанной задачи. Для решения задачи агенты используют «феромон», оставляемый на гранях транспортной сети, в процессе поиска оптимального решения. Алгоритм показывает хорошую производительность, для задачи коммивояжера.

## Введение

За последние несколько лет не малый интерес возрос к природным алгоритмам, в которых объединены математические методы, в которые заложен принцип принятия решения. Целью данной статьи является изложение теоретических основ и примеров практического применения муравьиных алгоритмов — нового перспективного метода оптимизации, базирующегося на моделировании поведения колонии муравьев. Муравьиные алгоритмы серьезно исследуются европейскими учеными с середины 90-х годов. На сегодня уже получены хорошие результаты муравьиной оптимизации таких сложных комбинаторных задач, как: задачи коммивояжера, задачи оптимизации маршрутов грузовиков, задачи раскраски графа, квадратичной задачи о назначениях, оптимизации сетевых графиков, задачи календарного планирования и других.



## **Концепция муравьиного алгоритма**

Муравьи относятся к социальным насекомым, живущим внутри некоторого коллектива-колонии. Основу «социального» поведения муравьев составляет самоорганизация — множество динамических механизмов, обеспечивающих достижение системой глобальной цели в результате низкоуровневого взаимодействия ее элементов. Принципиальной особенностью такого взаимодействия является использование элементами системы только локальной информации. При этом исключается любое централизованное управление и обращение к глобальному образу, репрезентирующему систему во внешнем мире.

Муравьи используют два способа передачи информации: прямой — обмен пищей, мандибулярный, визуальный и химический контакты, и не прямой — феромон (pheromone) — специальный секрет, откладываемый как след при перемещении муравья. Феромон — достаточно стойкое вещество, он может восприниматься муравьями несколько суток. Чем выше концентрация феромона на тропе, тем больше муравьев будет по ней двигаться. Со временем феромон испаряется, что позволяет муравьям адаптировать свое поведение под изменения внешней среды.

Принцип алгоритмов муравья (Ant algorithms), или оптимизации по принципу муравьиной колонии, был предложен Марко Доринго (Marco Dorigo). Идея алгоритмов состоит в том, что хотя муравьи слепы, они умеют ориентироваться на сложной местности, находя оптимальный путь между муравейником и внешними точками. При этом в качестве маркера используется фермент, который тем концентрированней, чем больше муравьев прошли по данному пути.

## **Обобщенный муравьиный алгоритм**

Любой муравьиный алгоритм, независимо от модификаций, представим в следующем виде:

Пока (условия выхода не выполнены):

1. Создаём муравьёв.
2. Ищем решения.
3. Обновляем феромон.
4. Дополнительные действия {опционально}.

Теперь рассмотрим каждый шаг в цикле более подробно:

1. Создаём муравьёв.

Стартовая точка, куда помещается муравей, зависит от ограничений, накладываемых условиями задачи. Потому что для каждой задачи способ размещения муравьёв является определяющим. Либо все они помещаются в одну точку, либо в разные с повторениями, либо без повторений.

На этом же этапе задаётся начальный уровень феромона. Он инициализируется небольшим положительным числом для того, чтобы на начальном шаге вероятности перехода в следующую вершину не были нулевыми.

2. Ищем решения.

Вероятность перехода из вершины  $i$  в вершину  $j$  определяется по следующей формуле:

$$P_{ij}(t) = \frac{\tau_{ij}(t)^\alpha \left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^\beta}{\sum_{j \in \text{allowed nodes}} \tau_{ij}(t)^\alpha \left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^\beta} \quad (1)$$

где:  $\tau_{ij}(t)$  — уровень феромона,

$d_{ij}$  — эвристическое расстояние,

$\alpha, \beta$  — константные параметры.

При  $\alpha = 0$  выбор ближайшего города наиболее вероятен, то есть алгоритм становится жадным.

При  $\beta = 0$  выбор происходит только на основании феромона, что приводит к субоптимальным решениям.

Поэтому необходим компромисс между этими величинами, который находится экспериментально.

3. Обновляем феромон.

Уровень феромона обновляется в соответствии с приведённой формулой

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{\substack{k \in \text{Colony that} \\ \text{used edge } (i,j)}} \frac{Q}{L_k} \quad (2)$$

где:  $\rho$  — интенсивность испарения,

$L_k$  — цена текущего решения для  $k$ -ого муравья,

$Q$  — параметр, имеющий значение порядка цены оптимального решения,

то есть  $\frac{Q}{L_k(t)}$  — феромон, откладываемый  $k$ -ым муравьём, использующим ребро  $(i,j)$ .

4. Дополнительные действия

Обычно здесь используется алгоритм локального поиска, однако он может также появиться и после поиска всех решений.

#### **Пошаговое описание муравьиного алгоритма для решения задачи Коммивояжера**

1. Ввод матрицы расстояний  $D$ ;
  2. Инициализация параметров алгоритма —  $\alpha, \beta, \epsilon, Q$ ;
  3. Инициализация рёбер — присвоение видимости  $\eta_{i,j}$  и начальной концентрации феромона;
  4. Размещение муравьёв в случайно выбранные города без совпадений;
  5. Выбор начального кратчайшего маршрута и определение  $L^*$ ;
- //Основной цикл
6. Цикл по времени жизни колонии  $t=1, t_{max}$ ;
  7. Цикл по всем муравьям  $k=1, m$ ;
  8. Построить маршрут  $T_k(t)$  по правилу (1) и рассчитать длину;
  9. конец цикла по муравьям;
  10. Проверка всех  $L_k(t)$  на лучшее решение по сравнению с  $L^*$ ;
  11. В случае  $L_k(t)$  если решение лучше, обновить  $L^*$  и  $T^*$ ;

12. Цикл по всем рёбрам графа;
13. Обновить следы феромона на ребре по правилам (2);
14. конец цикла по рёбрам;
15. конец цикла по времени;
16. Вывести кратчайший маршрут  $T^*$  и его длину  $L^*$ .

### **Заключение**

С ростом количества добавляемого при прохождении муравьем пути-феромона увеличивается и количество найденных сценариев (как оптимальных, так и  $\alpha$ -оптимальных). Это связано с тем, что «испарение» феромона происходит медленнее и, следовательно, меньшее количество ребер удаляется во время исполнения алгоритма.

### **Список литературы:**

1. Мак Коннелл Дж. «Основы современных алгоритмов». М: Техносфера, 2004 г. — 368 с.
2. Штовба С.Д. «Муравьиные алгоритмы» // Exponenta Pro. Математика в приложениях, 2003 г., № 4, с. 70—75.
3. Marco Dorigo and Thomas Stützle «Ant Colony Optimization», 2004 г.

## **ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»**

***Кузюк Ирина Геннадьевна***

*студент 3 курса кафедры стандартизации, метрологии и управления  
качеством, Политехнического института Сибирского федерального  
университета, г. Красноярск  
E-mail: [irish.cuzuk@yandex.ru](mailto:irish.cuzuk@yandex.ru)*

***Борисенко Ирина Геннадьевна***

*научный руководитель, доцент кафедры начертательной геометрии  
и черчения института педагогики, психологии и социологии Сибирского  
федерального университета, г. Красноярск*

Социально-политические и экономические преобразования России, современный уровень развития производства, внедрение новых технологий, направленных на создание конкурентоспособной продукции, предъявляют все более высокие требования к подготовке специалистов, приближения уровня их профессиональной подготовки к международным требованиям, а это требует совершенствования всей системы высшего образования [1].

Бурное развитие науки и техники обуславливают необходимость повышения качества подготовки специалистов технических специальностей, а, следовательно, возникает необходимость развития новых форм обучения, пересмотра учебных планов вузов, расширение имеющихся. Усиление интеграционной компоненты информатики с другими предметами повышает эффективность использования компьютерных средств обучения в условиях создания всемирного информационного пространства, когда значительно увеличиваются возможности коммуникаций с помощью современных информационных технологий и средств связи (интернет, электронная почта) различным дисциплинам.

Приоритетным направлением совершенствования традиционных методов обучения при графической подготовке студентов технических специальностей является использование информационных технологий, т. е. использование средств компьютерной графики в процессе обучения инженерной графики.

В целом, компьютерные технологии становятся неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека. Применение компьютерных технологий в образовании предоставляют большие возможности, как преподавателю, так и студентам.

В настоящее время в системе образования происходит постоянное введение новых специальных дисциплин за счет сокращения других. В связи с тем, хотя недельная нагрузка студентов и продолжительность обучения не увеличиваются, увеличивается плотность потока учебной информации. Несмотря на то, что начертательная геометрия и инженерная графика является основополагающей базой, фундаментом для всех технических дисциплин, часы на ее изучение постоянно уменьшаются. В связи с этим, преимущества компьютерных технологий в интенсификации и активизации учебного процесса, реализации творческого характера обучения должны широко использоваться в процессе обучения начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики.

Эффективность изучения начертательной геометрии и инженерной графически в значительной степени можно повысить за счет использования новых информационных технологий, наибольшую же эффективность, на наш взгляд, принесет использование трехмерной компьютерной графики и анимации. Мультимедийное обеспечение лекций не только дает возможность разнообразить иллюстративный материал, но, благодаря использованию новых технологий, преобразивших традиционную форму обучения, становится более привлекательной, позволяет студентам представить и понять сложный теоретический материал [1].

Для обучения в техническом вузе и в будущей профессиональной деятельности необходимо достаточно прочный запас знаний по начертательной геометрии. Увеличение плотности потока учебного материала и наблюдающийся в последнее десятилетие весьма низкий уровень графической подготовки абитуриентов, поступающих в вузы, заставляют искать более

эффективные методы обучения. Одним из таких методов в проведении занятий могут стать мультимедийные презентации.

Мультимедийное обеспечение лекций не только дает возможность разнообразить иллюстративный материал, но, благодаря использованию новых технологий, преобразивших традиционную форму обучения, становится более привлекательной, позволяет студентам представить и понять сложный теоретический материал [6]. Лекции проходят более разнообразно, вызывая повышенный интерес аудитории, что формирует повышение познавательной активности студентов. Использование анимации и электронных слайдов способствует повышению у студентов осознания отображения различных пространственных объектах на плоскости, развитию пространственного мышления и повышению уровня усвоения рассматриваемого материала.

Эта форма подачи материала уже давно стала обычной практикой на научных конференциях, в последнее время она все более широко используется в высших учебных заведениях. Однако и здесь присутствует ряд проблем. В статье «Информационная культура и качество жизни в информационном обществе» К.К. Колин отмечает, что содержание современной системы образования не нацелено на подготовку человека к жизни в условиях современного информационного общества, что «система образования не ориентирована на формирование новой информационной и электронной культуры личности и общества, адекватной той новой информационной реальности, которая уже сегодня окружает каждого человека, изменяет весь его образ жизни, многие ценности, привычные стереотипы поведения» [5]. В не использовании мультимедийных презентаций есть свои причины. Конечно, это связано с целым рядом объективных причин: дорогостоящее оборудование — мультимедийный проектор, хороший компьютер. Хотя часто проектор есть, но он пылится где-нибудь на полке. И с одной стороны это связано с неумением обращаться с техникой, а с другой — предубеждением против использования мультимедийных презентаций. Несомненно, против их использования порой выдвигаются вполне

обоснованные аргументы. Но если ответственно подходить к созданию презентации, то многих проблем можно избежать, а преимущества выгодно использовать.

На кафедре «Начертательная геометрия и черчения» широко используются аудиовизуальные средства обучения: наглядные образцы, модели, плакаты, методические указания, в том числе и электронный вариант. Также при чтении телелекций используются как планшеты с покадровой разбивкой, так и электронные слайды. Основой телелекций является создание набора электронных слайдов, передающего на телеэкран всю графическую информацию. Для этого осуществляется покадровая разбивка материала, которую необходимо донести до студентов.

Использование программы Ms PowerPoint для оптимизации лекций. В работе с этой программой исследована возможность использования анимации. Было также исследовано, как влияет на понимание студентов разъяснение конкретной темы, с использованием анимации. Результаты исследования показывают, что, правильно подготовленная анимация в программе MS PowerPoint, значительно повышает уровень понимания решаемого на лекции задания у студентов [2].

В настоящее время мультимедийное обеспечение лекций не только дает возможность разнообразить иллюстрации, но, благодаря использованию новых технологий, позволяет студентам представить и понять сложный теоретический материал. Лекция с использованием мультимедиа не заменяет лектора, так как чтение ее требует четкой последовательности изложения материала. При коллективном решении задач в аудитории создается атмосфера творчества, диалога, происходит общение как между студентами и преподавателем, так и между студентами по заданной тематике, что формирует такие важные качества как коммуникабельность и сотрудничество, которые так необходимы для успешной деятельности в современном мире.

Демонстрация на экране должна органично вплетаться в текст лекции, составляя с ней единое целое, служить логическим подтверждением мысли



лектора. Компьютерные технологии должны помогать формировать процессы, составляющие основу памяти: внимание, мотивацию, доминирование, условные рефлексы [6].

Мейер создал свою когнитивную теорию учения с использованием мультимедиа:

- студенты запоминают сказанные слова с помощью аудиальной памяти, а показанные изображения — с помощью визуальной памяти.

- после этого студенты «раскладывают» информацию отдельно в аудиальной и визуальной памяти, и окончательно совмещают эти представления со своими прежними знаниями.

Ученые считают, что привлекательность созданной для лекции анимации достигается следующим образом — воздействием на ощущения и эмоции:

- через красоту — гармонию цвета и формы, вызывающую чувство эстетического удовольствия;

- через художественный образ, вызывающий определенные эмоции, душевные переживания;

- через демонстрацию необычного или неустойчивого, вызывающего чувства удивления, изумления [4].

Основная функция анимации обусловлена тем, что реализуемая в ней последовательность представления визуальных компонентов определяет порядок восприятия учебного материала. Поэтапное отображение и изменение визуальных компонентов синхронизируется с воспроизведением звука: объекты на экране появляются, выделяются или исчезают по мере их упоминания в озвученном тексте.

Компьютеризация учебного процесса должна рассматриваться как один из важнейших факторов организации обучения тому или иному предмету, в особенности при повышении роли самостоятельной работы студентов [7]. Акцент на повышение эффективности самостоятельной работы требует и несколько другую подачу материала на лекциях, и соответствующее методическое обеспечение. Они должны содержать основной материал,

который широко иллюстрируется примерами и содержит ряд задач для самостоятельной работы. Наличие именно таких методических разработок позволяет студентам овладевать материалом последовательно и более глубоко.

При разработке электронных методических указаний применяется технология анимации средствами пакета векторной графики и анимации от Macromedia Flash. Применение именно векторной графики для анимации построений включает возможность полноэкранного режима показа анимационного ролика на мониторе с любым разрешением и размером по диагонали [8].

Основной особенностью методических указаний является их наглядность и простота использования. Базовой частью программы является анимационный материал, описывающий последовательность построения и компоновку чертежа на рабочем поле пользователя [3]. За счет последовательности показа анимации повышается легкость восприятия многоэтапных геометрических построений. Как показала практика, применение в процессе обучения трехмерной компьютерной графики, анимации, способствует более продуктивному усвоению студентами специальных терминов и понятий, приобретению практических умений и навыков, формированию у обучающихся умений и навыков самоконтроля, развитию пространственного мышления.

Применение современного методического сопровождения, использование новейших технических, компьютерных и других интерактивных средств в преподавании начертательной геометрии, инженерной графики и других инженерных дисциплин, позволяет внедрять активные методы обучения с целью повышения его эффективности, развития познавательной и творческой деятельности обучающихся, подготовки их к самостоятельной профессиональной деятельности. Все это, в совокупности, способствует развитию компетентностей будущего квалифицированного специалиста и бакалавра отвечающего современным требованиям интенсивно развивающейся экономики и общества в целом.

## Список литературы:

1. Борисенко И.Г. Инновационные технологии в преподавании начертательной геометрии при формировании профессиональных компетенций. Вестник ИрГТУ — 2011. — № 12 (59). — 398 с. Стр. 355—357.
2. Захаров И.П., Логвиненко Н.Ф., Никитенко А.Н. Использование компьютерных технологий при самостоятельном изучении курса «Инженерная графика» // Сборник трудов 4-й Международной конференции «Образование и виртуальность-2000». Харьков-Севастополь: УАДО, 2000. — С. 98—104.
3. Информационные технологии в образовании. URL: <http://ito.edu.ru/> (дата обращения: 30.08.2012).
4. Карабчевский В.В. Комплекс средств компьютерной поддержки преподавания графических дисциплин // Труды конференции «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации, бизнесе». Ялта-Гурзуф, 2001. — С. 211—213 [текст].
5. Колин К.К. Информационная культура и качество жизни в информационном обществе // Открытое образование — 2010. — № 6, с. 84—89.
6. Корженевич И.П., Куприй В.П., Бездетко П.В. Обучающе-контролирующая программа по начертательной геометрии // Тезисы докладов II международной конференции «Компьютерные программы учебного назначения». Донецк, 1994. — С. 82.
7. Современные технологии учебного процесса в вузе. URL: <http://www.nmk.ulstu.ru> (дата обращения: 05.08.2012).
8. Яцюк О. Основы графического дизайна на базе компьютерных технологий: СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН НА ПРИМЕРЕ ТЕМЫ «ЭСКИЗИРОВАНИЕ»**

***Мачехина Дарья Викторовна***

*студент 4 курса кафедры стандартизации, метрологии  
и управления качеством Политехнического института  
Сибирского федерального университета, г. Красноярск  
E-mail: [machehina.darya@mail.ru](mailto:machehina.darya@mail.ru)*

***Борисенко Ирина Геннадьевна***

*научный руководитель, доцент кафедры начертательной геометрии  
и черчения института педагогики, психологии и социологии  
Сибирского федерального университета, г. Красноярск*

Мы живем в эпоху стремительного взаимного проникновения и быстрого усиления взаимодействий государств в социальной, политической, экономической, культурной и идеологической областях. Начало XXI в. ознаменовано новыми научно-техническими преобразованиями. Информационная революция, которая базируется на глобальной сети телекоммуникаций и компьютеризации, реорганизует человеческую жизнь.

Современный уровень развития производства, внедрение новых технологий, направленных на создание конкурентоспособной продукции, а также социально-политические и экономические преобразования России предъявляют все более высокие требования к образованию и подготовке специалистов, приближения их профессиональной подготовки к международному уровню и повышения конкурентоспособности.

Использование современных информационных технологий в преподавании начертательной геометрии и инженерной графики позволяет внедрять активные методы обучения с целью повышения его эффективности, развития познавательной и творческой деятельности обучающихся, подготовки их к самостоятельной профессиональной деятельности [3]. Все это, в совокупности, способствует развитию компетентности будущего квалифицированного специалиста и бакалавра отвечающего требованиям интенсивно развивающейся экономики и общества в целом.

В связи с быстрым ритмом жизни человечества, увеличивается темп восприятия информации, как в повседневной жизни, так и в процессе профессиональной деятельности. Информация становится реальной производственной силой, от качества и количества которой зависит результат многих производственных и не производственных процессов.

Реформирование образования обусловлено переходом к информационному обществу, с интеграцией в мировую систему образования, что связано с освоением и внедрением новых информационных технологий в образовательный процесс. Этот процесс рассматривается как создание единой образовательной электронной среды. Усиление интеграционной компоненты информатики с другими предметами повышает эффективность использования компьютерных средств обучения различным дисциплинам.

Компьютер используется как современный графический инструмент при решении традиционных учебных задач и является целью повышения качества обучения в профессиональной деятельности.

В учебных заведениях активно распространяется современная компьютерная техника и программное обеспечение, реализуются государственные и межгосударственные программы, все большее число педагогов получают необходимый опыт информатизации — все это способствует активному проникновению информационных технологий в различные сферы образовательной деятельности.

Начертательная геометрия и инженерная графика являются базой инженерного образования, формирующей базовые знания, необходимые для дальнейшего изучения специальных дисциплин.

Процесс изучения начертательной геометрии совпадает с периодом адаптации студентов в высшем учебном заведении. Далее по учебному процессу следует изучение инженерной графики, и не подлежит сомнению, что успешное освоение начертательной геометрии способствует более легкому изучению других дисциплин графического цикла.

Рассматривая проблему повышения качества при обучении начертательной геометрии, одной из общепрофессиональных инженерных дисциплин, нельзя исключить такие важные составляющие процесса как деятельность и творческое саморазвитие личности [2].

При уменьшении часов аудиторных занятий постоянно растет объем предлагаемых студентам знаний, что требует оптимизации времени учебного процесса. На самостоятельную подготовку студентов отводится все больше часов, что является возможным благодаря компьютерным технологиям, на основе которых постоянно совершенствуются средства обучения, частично заменяющие преподавателя, которому ранее полностью принадлежала обучающая функция. Одним из главных критериев готовности специалиста к профессиональной деятельности является самостоятельная работа и творческое использование приобретенных знаний.

Для реализации задач, которые ставит современное общество перед высшей школой и учитывая изложенные выше проблемы на кафедре начертательной геометрии (НГЧ) Сибирского федерального университета (СФУ) проводится поиск и внедрение новых форм обучения.

Психологические основы человека таковы, что для полного восприятия рассматриваемого материала нужно максимально использовать органы чувств, отчего зависит полнота усвоенного материала. Максимальное количество информации человек получает благодаря органам зрения. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что чем нагляднее представлен материал, тем большим будет объем усвоенной информации.

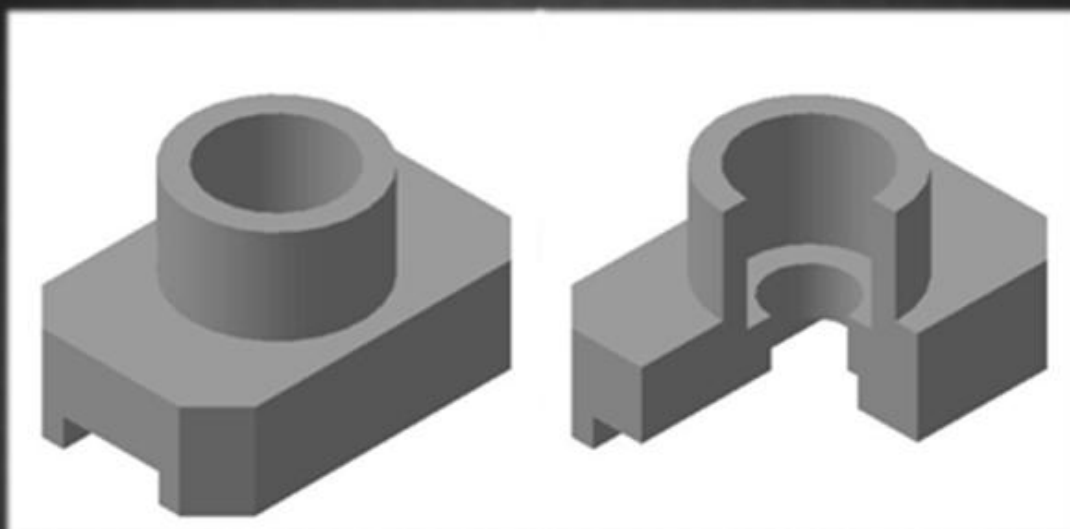
Одним из важнейших средств обучения графическим дисциплинам, получивших в последнее время наибольшее признание у преподавателей и обучающихся, является использование современных информационных технологий, наибольшую же эффективность из них несет использование трехмерной компьютерной графики, анимации и слайдов. Вокруг этого видеоряда строится текст лекции, являясь его комментарием.

Мультимедийное обеспечение лекций дает не только возможность разнообразить иллюстративный материал, но, благодаря использованию новых технологий, позволяет студентам представить и уяснить сложный теоретический материал. Лекции проходят более разнообразно, вызывая повышенный интерес аудитории, что формирует повышение познавательной активности студентов. Использование анимации и электронных слайдов способствует повышению у студентов осознания отображения различных пространственных объектов на плоскости, развитию пространственного мышления и повышают уровень усвоения рассматриваемого материала [1].

Применение современных компьютерных технологий предоставляет большие возможности, как преподавателю, так и студентам, позволяет решать определенный круг задач, таких как высвобождение времени преподавателя, осуществление индивидуального подхода, содействие самостоятельной и творческой работе студента, поддержка коллективной работы. С помощью компьютера активизируется работа студентов с учебным материалом, повышается их активность, и развиваются творческие способности [4].

Эффективность использования электронных слайдов с покадровой разбивкой материала, который нужно донести до студентов, наглядно показана при выполнении практической аудиторной работы по теме «Эскизирование детали».

## Подготовительный этап

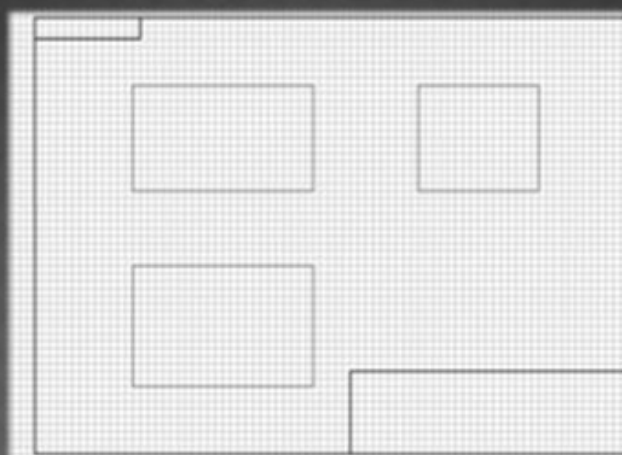


На подготовительном этапе нужно внимательно осмотреть деталь, уяснить ее конструкцию, назначение, технологию изготовления.

1

## Основной этап

### Разметка формата габаритными прямоугольниками

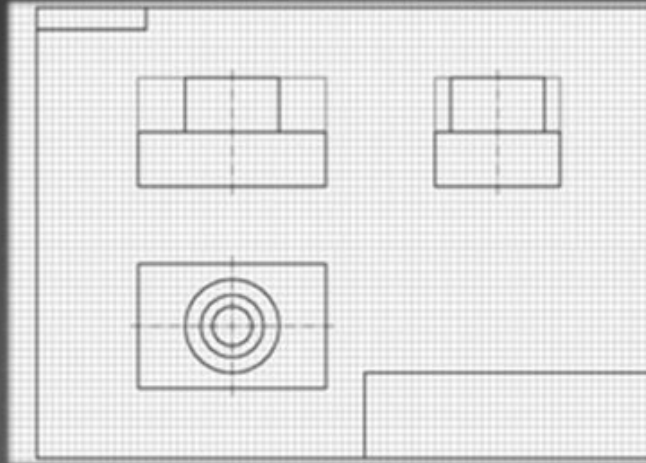


Выбрав размер формата, наносят внутреннюю рамку и намечают место под основную надпись. Выбрав приблизительно масштаб изображений, необходимо наметить размещение видов на чертеже с помощью габаритных прямоугольников так, чтобы изображение было равномерно распределено по формату.

2



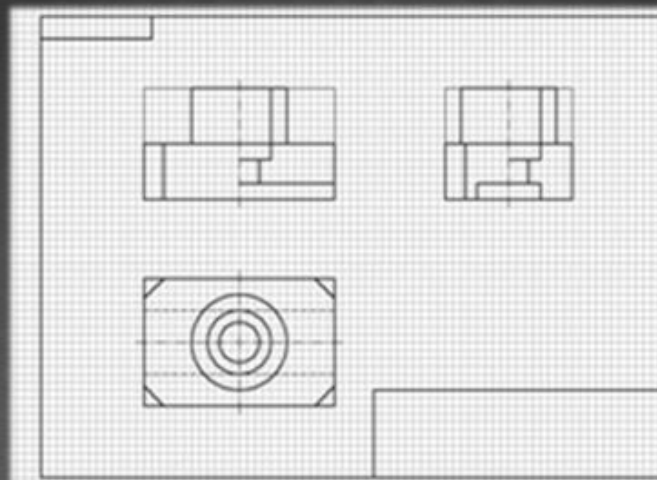
### Построение изображения видов внутри габаритных прямоугольников



Построить изображение видов, предварительно нанеся осевые и центровые линии, если это необходимо.

3

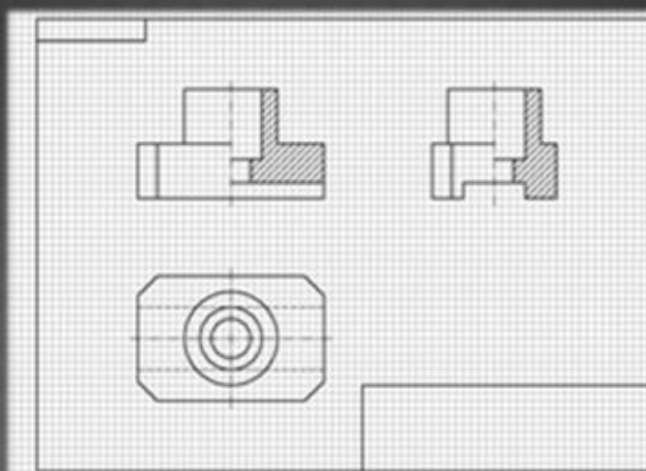
### Построение изображения внутренних поверхностей детали



Вычерчиваются выбранные разрезы и сечения.

4

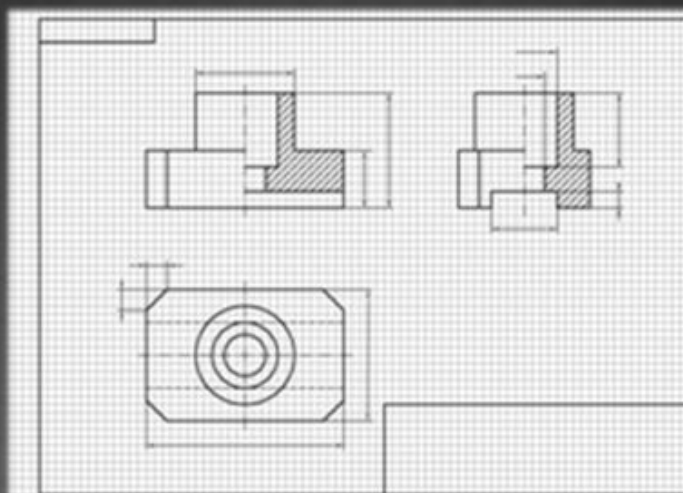
## Удаление лишних линий, штриховка и обводка изображения



Проверив выполненные изображения, необходимо убрать лишние линии, выполнить штриховку в разрезах и сечениях по ГОСТ 3.306-68, обвести видимый контур изображений сплошной толстой линией.

5

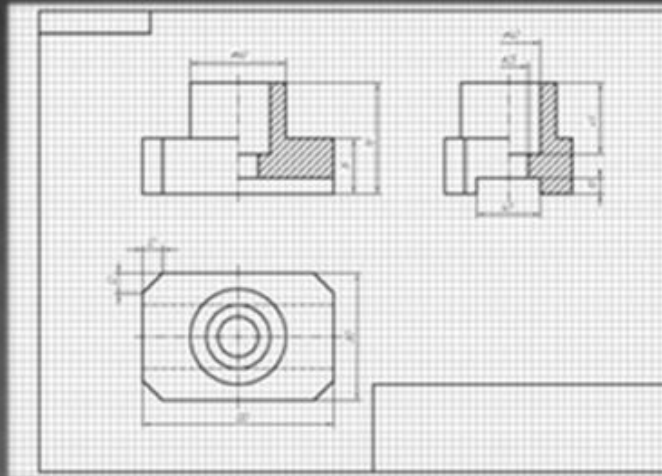
## Нанесение размерных линий



Намечают размерные базы и проводят выносные и размерные линии для габаритных размеров, межосевых и межцентровых размеров и их расстояний до баз и для размеров отдельных элементов деталей. Обмеряют деталь, сопоставляют размеры, полученные обмером, с размерами, рекомендуемыми таблицами размерных рядов, и наносят на эскиз скорректированные, но близкие к измеренным размерам. Для определения действительных размеров деталей пользуются различными измерительными инструментами: металлической линейкой, угломером, штангенциркулем, нутромером и др.

6

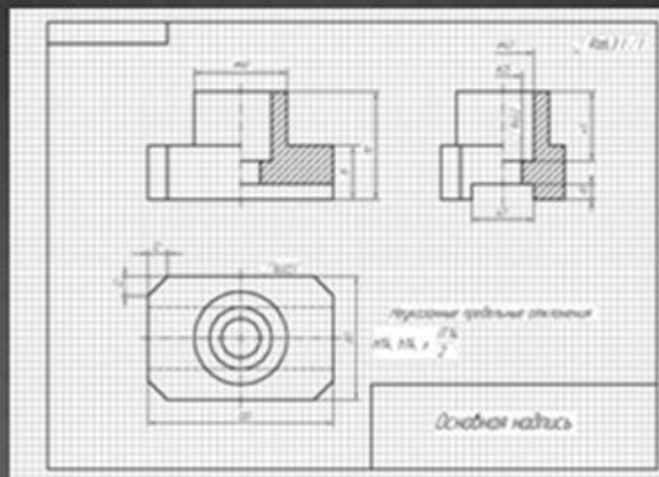
## Нанесение размерных чисел



Полученные размеры наносят над соответствующими размерными линиями. Размерные числа рекомендуется записывать сразу после каждого измерения, не накапливая их в памяти.

7

## Нанесение шероховатости, заполнение технических требований и основной надписи



Определяют шероховатость поверхностей детали и наносят на эскиз ее условными обозначениями, обозначают разрезы, сечения, выносные элементы. В заключение необходимо проверить выполненные изображения, заполнить технические требования и основную надпись на эскизе, а также таблицы, если они необходимы.

8

Рисунок 1. «Эскизирование детали» с покадровой разбивкой материала

Покадровая разбивка материала с краткими пояснениями каждого кадра позволяет более наглядно и доходчиво показать студентам поэтапное выполнение задания от выбора формата листа бумаги и выбора оптимального количества видов до окончательного оформления эскиза.

Таким образом, в результате использования на практических занятиях тематических презентаций, электронных слайдов, отличающаяся от традиционных методов обучения наглядностью, повысилась эффективность работы студентов, значительно сократилось время выполнения работы. Общая успеваемость в группах, где преподаватели используют современные методики и технические средства обучения значительно повышается.

### **Список литературы:**

1. Борисенко И.Г. Инновационные технологии в преподавании начертательной геометрии при формировании профессиональных компетенций. // Вестник ИрГТУ. — 2011. — № 12, с. 355—357.
2. Грачева С.В., Виткалов В.Г. Инновационный подход к проведению практических занятий по начертательной геометрии // Сб: Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и стандартизации. Саратов. 2001. — С. 102. — 104.
3. Зимняя И.А. Культура, образованность, профессионализм специалиста [Текст] / И.А. Зимняя // Проблемы качества, его нормирования и стандартов в образовании. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1998. — С. 156.
4. Розина И.Н. Учебная компьютерно-опосредованная коммуникация: теория, практика и перспективы развития // Образовательные технологии и общество. — 2003. — № 6. — С. 160—175.

## СЕКЦИЯ 4. КОСМОС, АВИАЦИЯ

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ БОРТОВОГО НАВИГАЦИОННО-ПОСАДОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КУРС-МП-2 И КУРС-МП-70.

*Таранов Андрей Игоревич*

*Можин Юрий Николаевич*

*студенты 4 курса, кафедра САУ, СибГАУ, г. Красноярск  
E-mail: [churyahin@rambler.ru](mailto:churyahin@rambler.ru)*

*Чурляева Наталья Петровна*

*научный руководитель, д. п. н., проф. СибГАУ, г. Красноярск*

Курс МП — это марка широко применяемого в гражданской авиации систем бортового навигационно-посадочного оборудования. В настоящее время в эксплуатации имеются две их разновидности — «Курс-МП-2» и «Курс-МП-70», назначение и основные эксплуатационно-технические характеристики которых одинаковы, но различаются составом оборудования и конструктивным исполнением. В данной статье мы проводим сравнительный анализ этих систем на основе теории Марковских процессов [1, с. 57] и временных рядов [1, с. 65].

Марковский процесс является важной разновидностью случайного, или стохастического процесса, происходящего с системой. Таковым является, например, полет ракеты, выводимой в заданный момент времени в заданную точку с заданной скоростью, поскольку фактическое движение ракеты не совпадает с расчетным из-за таких случайных процессов, как турбулентность атмосферы, ошибки в обработке команд, неоднородность горючего и т. п.

Стохастический процесс, протекающий в системе  $S$ , с дискретными состояниями  $s_1, s_2, \dots, s_i$ , называется Марковским, если для любого момента времени  $t_0$  вероятность каждого из состояний системы в будущем (при  $t > t_0$ ) определяется только ее состоянием в настоящем (при  $t = t_0$ ) и не зависит от её поведения в прошлом (при  $t < t_0$ ).

Временной ряд представляет собой ряд наблюдений за определенным параметром изучаемой системы в дискретные, равноотстоящие моменты времени с целью прогнозирования будущих состояний системы исходя из текущих и прошлых значений временного ряда. В данной статье используются статистические методы прогноза, включающие в себя: 1) исходные данные; 2) прогнозирующую модель; 3) методы сглаживания; 4) ошибки прогноза.

1. При рассмотрении исходных данных исключаем выбросы, т. е., наблюдения, которые не характерны для прогнозируемого процесса. После исключения выбросов принимаем предположение о том, что ошибки в исходных данных подчиняются закону нормального распределения.

2. Если в момент  $T$  задана последовательность наблюдений  $X_t$  для  $t < T$ , то прогнозирующая модель задает множество выходных переменных в векторной форме  $X_{T+t} = A_T F(t)$ , где вектор  $A_T$  представляет собой вектор коэффициентов модели, получаемых по результатам наблюдений за поведением системы до наступления момента  $T$ ; матрица  $F$  — набор аппроксимирующих функций. В данной статье для анализа локальных изменений в качестве  $F$  используется полином 1-й степени (сглаживающая прямая).

3. Система сглаживающих множителей включает весовые множители  $W_j$  при каждом  $j$ -м наблюдении. В данной статье для сглаживания используется скользящее среднее — оценка методом наименьших квадратов, с единственной константой для модели прогноза и одинаковыми весовыми множителями для исходных данных. Этому соответствует функция  $F(t) = 1$  для всех  $t$ .

4. Ошибки прогноза оцениваются аналогично погрешностям физических изменений.

Рассмотрим теперь технический аспект поставленной в статье задачи. Бортовая навигационно-посадочная система «Курс МП-2» состоит из двух идентичных комплектов, которые могут либо работать одновременно, либо резервировать друг друга. В состав каждого из комплектов входят:

- курсовой, глиссадный и маркерный радиоприемники;
- навигационное устройство;
- блок сигнализации отказов;
- блок управления;
- селектор курса;
- устройство баланса нуля фазового детектора.

В состав аппаратуры также входят:

- селектор режимов;
- блок коммутации;
- комбинированные пилотажные приборы.

По своим параметрам аппаратура «Курс МП-2» соответствует нормам на бортовую аппаратуру, обеспечивающую посадку при метеоминимуме II-категории.

Бортовая навигационно-посадочная система «Курс МП-70» включает:

- два навигационно-посадочных устройства УНП, каждое из которых выполняет функции курсового и глиссадного приемников, устройства обработки сигналов;
- блок встроенного контроля, где сосредоточены низкочастотные элементы встроенного контроля и выбора режима контроля;
- блок резервирования, обеспечивающий автоматическую коммутацию одного из двух УНП независимо по трактам курса или глиссады;
- маркерный радиоприемник: два пульта управления;
- два селектора курса и селектор режимов.

Основные параметры аппаратуры «Курс МП-70» соответствуют нормам на бортовую аппаратуру, обеспечивающую посадку при метеоминимуме III-категории. Навигационно-посадочное устройство функционально разделяется на курсовой и глиссадный приемники.

На основе анализа структурных схем и сводных технических паспортов систем «Курс-МП-2» и «Курс-МП-70» было выявлено, что при эксплуатации данных систем существуют несколько типичных групп отказов:

- отсутствие показаний азимута, причиной чего является неисправность в выходном каскаде глассадного канала приборов УН-2П (для системы «Курс-МП-2») и УНП (для системы «Курс-МП-70»);

- отсутствие показаний курса, причиной чего является неисправность в выходном каскаде курсового канала приборов УН-2П (для системы «Курс-МП-2») и УНП (для системы «Курс-МП-70»);

- нестабильность выдаваемых данных, причиной чего является отказ блока встроенного контроля (для системы «Курс-МП-70»):

- перегрев и выход из строя моноблока «Курс-МП-2», причиной чего является выход из строя двигателя обдува из системы охлаждения моноблока (на структурной схеме не указан);

- полный отказ системы, который обуславливается выходом из строя блоков УН-2П (для системы «Курс-МП-2») или УНП (для системы «Курс-МП-70»). Причиной этому обычно служит нестабильность в сети электроснабжения самолета.

После применения методов моделирования технических систем «Временные ряды» и «Марковские процессы», мы выяснили, что система бортового навигационно-посадочного оборудования «Курс-МП-70» является более надежной, живучей и работоспособной по сравнению с предшествующей ей системой «Курс-МП-2». В то же время и она не лишена недостатков.

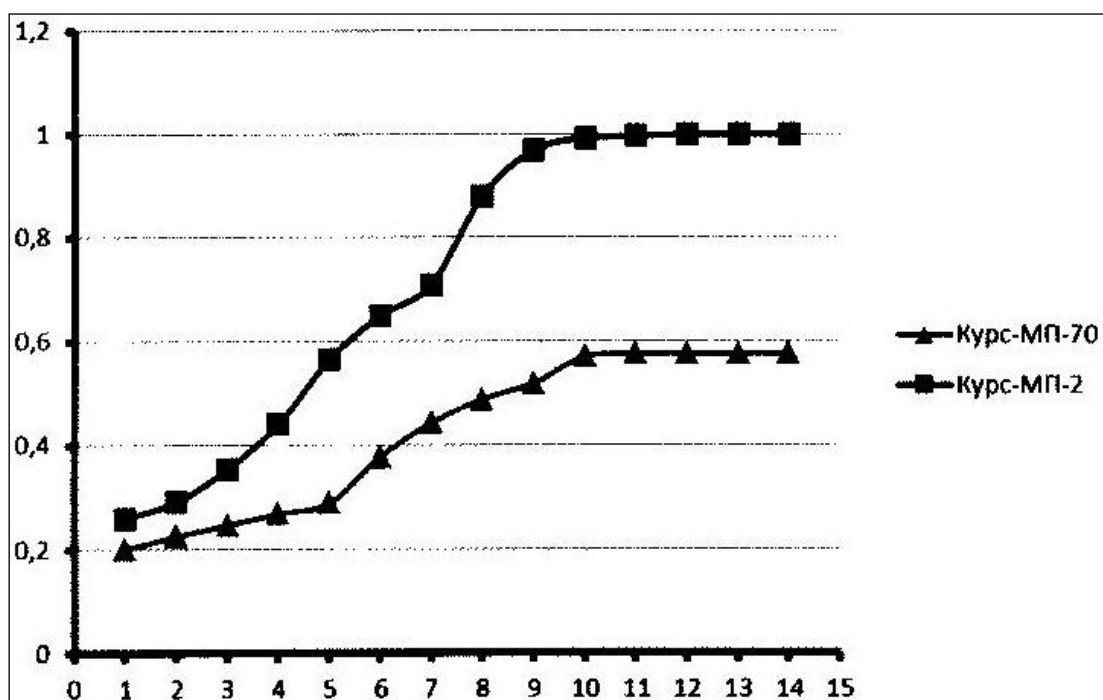
В первую очередь к ним можно отнести отказ выходного каскада азимутального канала навигационно-посадочного устройства УНП, к которому относится треть всех отказов на всем сроке службы данной системы. В то же время эта поломка достаточно легко устранима путем замены антенны системы DME, что к тому же положительно сказывается на живучести системы.

В противовес этому, система «Курс-МП-2», согласно полученным данным, имеет значительно худшие надежность и эксплуатационные характеристики.



Так, она имеет очень низкий начальный запас надежности, и в ней наблюдается резкое его уменьшение уже после первого периода эксплуатации в 2000 летных часов. Кроме того, чуть менее половины всех отказов этой системы приходится на поломки, связанные с перегревом моноблока «Курс-МП-2», что вызвано выходом из строя двигателя обдува из системы охлаждения. В системе «Курс-МП-70» эта проблема решена путем разработки новой схемы охлаждения моноблока при помощи набегающего потока воздуха, забираемого непосредственно из-за борта воздушного судна.

Что касается сроков наработки систем до первого капитального ремонта, то на рисунке ниже изображены смоделированные изменения вероятностей нахождения систем «Курс-МП-2» и «Курс-МП-70» в состоянии полного отказа:



*Рисунок 1. Зависимость от времени вероятностей нахождения систем «Курс-МП-2» и «Курс-МП-70» в состоянии полного отказа*

Из графиков на Рис. 1. видно, что вероятность наступления полного отказа системы «Курс-МП-70» в течение первых 5-ти итераций на компьютере (что соответствует 10 000 летных часов) находится на очень невысоком уровне (28 % и ниже). В тоже время аналогичные показатели у системы «Курс-МП-2»

превышают этот уровень уже на 3-й итерации (6 000 часов). Таким образом, система Курс-МП-2 не может подтвердить свой изначальный ресурс до первого капитального ремонта — 8 000 часов. В то же время, система «Курс-МП-70» не только подтверждает свой изначальный запас надежности, но и показывает лучшие результаты, имея еще один период эксплуатации в запасе.

### **Список литературы:**

1. Лукьяненко М.В., Чурляева Н.П.. Моделирование технических систем и процессов: учеб. пособие. Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2007. — 132 с.

## СЕКЦИЯ 5. МАШИНОСТРОЕНИЕ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛИФОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ЭЛЕКТРОННЫМ ФОТОГРАФИЯМ

*Александров Алексей Александрович*

*студент 5 курса, кафедра «Технология, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств» ВПИ, г. Волжский  
E-mail: [alexalexal2011@yandex.ru](mailto:alexalexal2011@yandex.ru)*

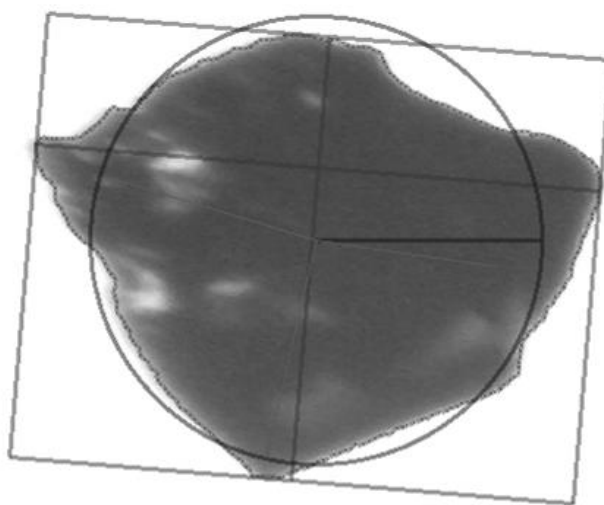
*Носенко Владимир Андреевич*

*научный руководитель, д-р тех. наук, профессор,  
кафедра «Технология, оборудование  
и автоматизация машиностроительных производств», г. Волжский*

Каждое зерно имеет определенную форму и размеры, характеризуется значениями радиусов округления и углов заострения вершин, их количеством и прочими геометрическими параметрами. Размеры и форма зерна в совокупности с физическими, химическими и механическими свойствами определяют его режущую способность, износостойкость, силу резания, температуру в зоне контакта и качество обработанной поверхности. Именно поэтому, без знания размеров и формы зерен невозможно провести глубокое исследование механизма стружкообразования и всего процесса абразивной обработки.

Обычно исследование формы, линейных и геометрических размеров зерен производят методами фотографирования или непосредственным измерением под микроскопом. Для определения геометрических размеров зерен в настоящее время широко используется специальное программное обеспечение, которое позволяет получать и обрабатывать электронные фотографии объектов. В частности, программа «Зерно НМ ВПИ» [1] позволяет в автоматизированном режиме с электронных фотографий зерна получать следующие данные: длина  $l$ , ширина  $b$ , периметр  $p$ , площадь  $S$ , приведённый диаметр  $d$ , отношение  $l/d$ .

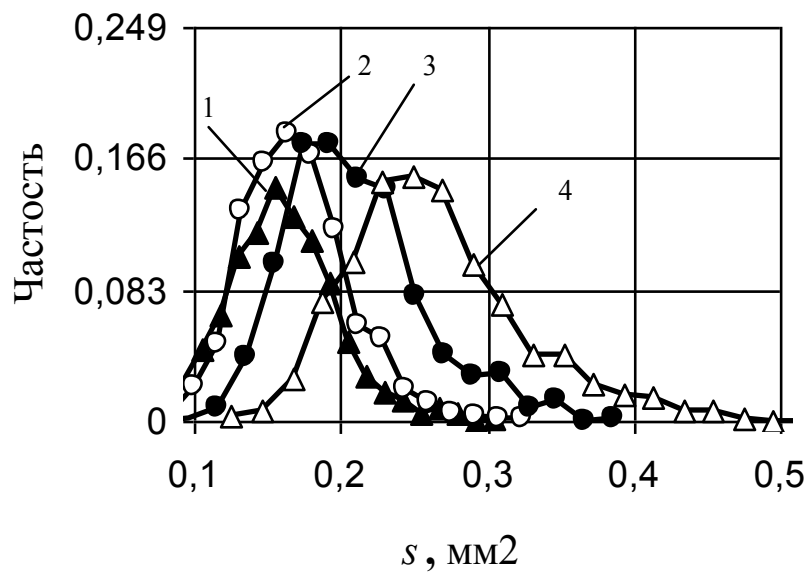
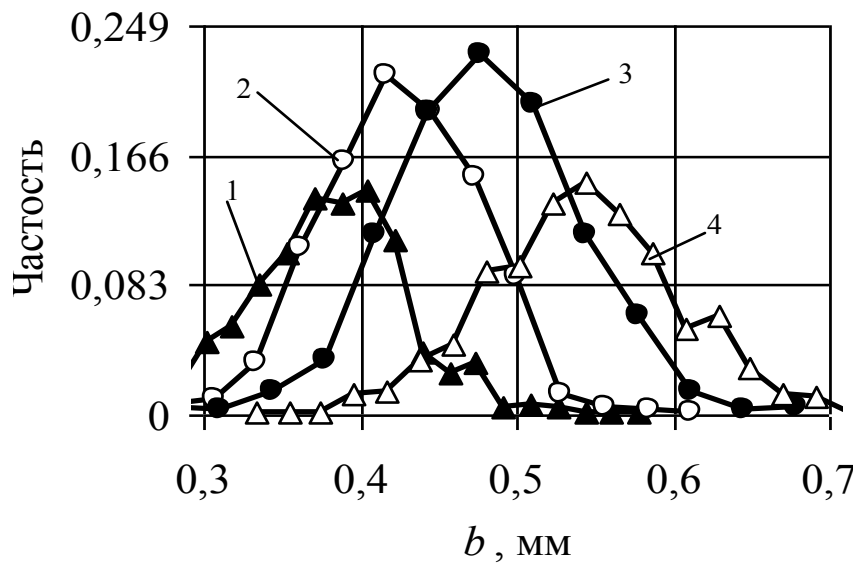
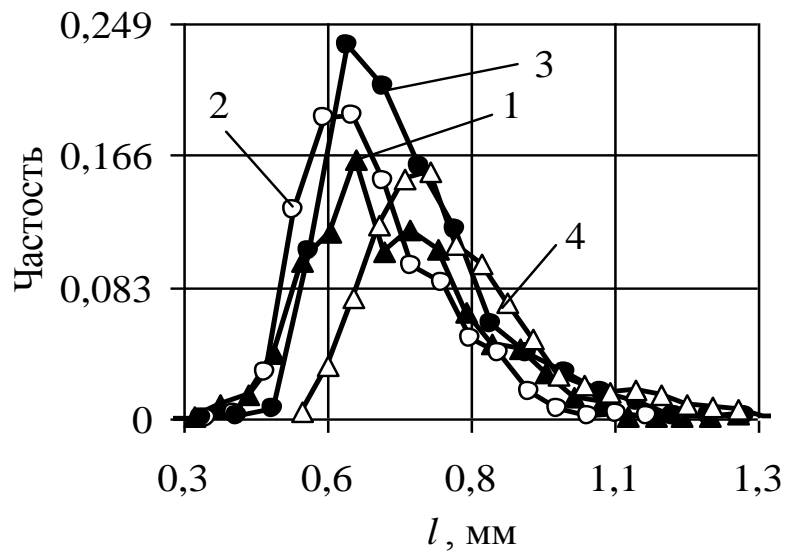
После загрузки электронных фотографий в программу, она производит анализ исходного изображения и выделяет контур абразивного зерна. Линейные размеры определяют в двух взаимно перпендикулярных направлениях. За длину  $l_3$  принимают наибольшее расстояние между крайними точками профиля зерна в горизонтальной плоскости. Ширина прямоугольника, условно описанного вокруг горизонтальной проекции зерна таким образом, чтобы большая сторона прямоугольника соответствовала наибольшей длине проекции зерна, принимается за ширину зерна  $b_3$ .

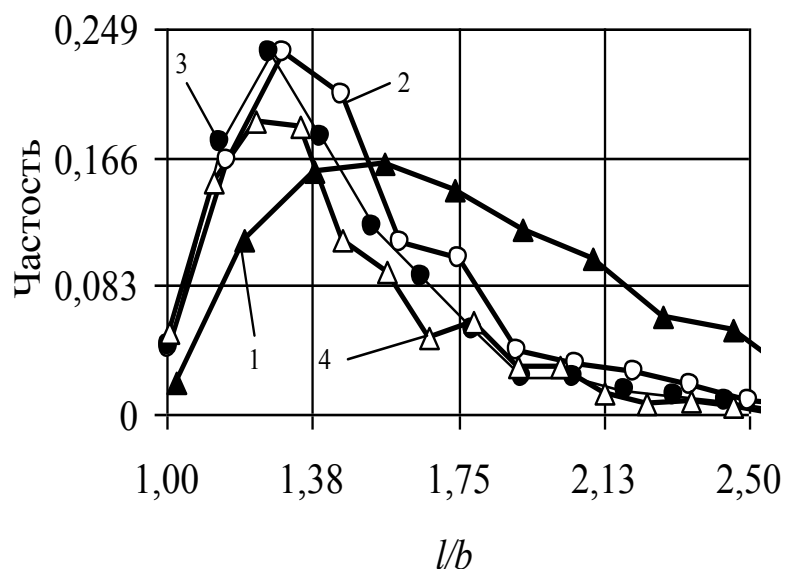


**Рисунок 1. Фотография зерна, обработанного в программе «Зерно НМ»**

С использованием данной программы определены размеры зёрен порошков карбида кремния черного зернистостей F46 и F60 производства ОАО «Волжский абразивный завод». Каждая зернистость порошка была рассеяна на фракции в соответствии с ГОСТ Р 52781-2005. В качестве примера на рис. 1 показано распределение некоторых параметров зёрен во фракциях зернистости F46. Аналогичным образом проведены исследования остальных фракций зернистости F60. Количество зёрен, измеренных в каждой фракции, составляло 700 штук.

На рис. 2 представлено распределение некоторых геометрических параметров абразивных зерен для каждой фракции зернистости F46.





**Рисунок 2. Распределение длины  $l$ , ширины  $b$ , площади  $S$  и коэффициента формы  $l/b$  зёрен в различных фракциях зернистости F46: 1) 300—250 мкм; 2) 355—300 мкм; 3) 425—355 мкм; 4) 600—425 мкм**

Проверка представленных распределений на нормальный закон производилась по критерию согласия Пирсона на уровне значимости 0,05. Принадлежность нормальному закону распределения подтвердилась для ширины зерен всех фракций, за исключением мелкой. Кроме отношения длины к ширине, можно говорить о приближении распределения параметров к нормальному закону распределения.

Исследовалась корреляционная зависимость между шириной абразивного зерна и остальными его геометрическими параметрами. Данные о коэффициентах корреляции приведены в табл. 1

**Таблица 1.**

**Коэффициенты корреляции ширины зерна с остальными геометрическими параметрами**

Зернистость	$l$	$P$	$S$	$d$	$l/b$
F46	0,25	0,51	0,69	0,71	-0,53
F60	0,35	0,59	0,78	0,81	-0,55
F46-F60	0,59	0,75	0,86	0,88	-0,48

Из табл. 1 видно, что коэффициент корреляции между  $b$  и  $l$ ,  $P$ ,  $S$ ,  $d$  положительный, что свидетельствует о наличии прямой пропорциональной связи между параметрами. Наименьшая сила связи наблюдается между  $b$  и  $l$ . С увеличением зернистости прослеживается тенденция повышения силы связи. Между  $b$  и отношением  $l/b$  сила связи невелика, коэффициент корреляции для рассмотренных зернистостей отрицательный и составляет около 0,5.

Когда данные по зернистостям были объединены в одну выборку с почти 6200 значениями, коэффициенты корреляции для всех исследуемых параметров, кроме коэффициента формы  $l/b$ , возросли и находятся в диапазоне от 0,59 до 0,88 (см. табл.). Между  $b$  и отношением  $l/b$  сила связи с увеличением объёма выборки снизилась. Силу связи между  $b$  и  $l$ ,  $P$ ,  $S$  и  $d$  можно считать высокой.

#### **Список литературы:**

1. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2011610144 от 11.01.11 РФ. Программа для автоматизированного определения геометрических параметров шлифовального зерна по фотографии «Зерно НМ ВПИ» / В.А. Носенко, А.А. Рыбанов, И.А. Макушкин, А.А. Шегай, К.А. Букштанович. ВолгГТУ. — 2011.

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ФОТОАНАЛИЗА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ БИЕНИЯ ОПОРНЫХ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА**

***Потехин Дмитрий Витальевич***

*студент 1 курса, кафедра ВТО, ВПИ (филиал) ВолгГТУ, г. Волжский  
E-mail: [deletir@gmail.com](mailto:deletir@gmail.com)*

***Санинский Владимир Андреевич***

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент, ВТО, ВПИ (филиал) ВолгГТУ,  
г. Волжский*

Технология измерения размеров геометрических фигур под названием фотограмметрия может в корне изменить методологию контроля и измерений деталей машин после их механической обработки. Например, радиальное биение шеек валов раньше традиционно контролировали предельными калибрами-скобами и измеряли, например, с помощью стандартной индикаторной головки. Теперь можно контролировать и измерять, используя альтернативный метод: метод фотоанализа при помощи компьютерной техники. При этом, что особенно важно, для соблюдения технологической дисциплины, появилась возможность хранения и обработки данных на компьютере.

В ВПИ проводится апробация данного метода, который заключается в следующем: цилиндрическая деталь (коленчатый вал двигателя ВАЗ) была установлена в центре. При помощи цифрового фотоаппарата было получено 6 снимков цилиндрической шейки диаметром 50,795 h 6 мм (по чертежу изготовителя). Измерения осуществлялись с поворотом детали на 360° через 60°. Данные передавались на ЭВМ, анализировались с помощью программного обеспечения и в результате получили отклонение от формы.

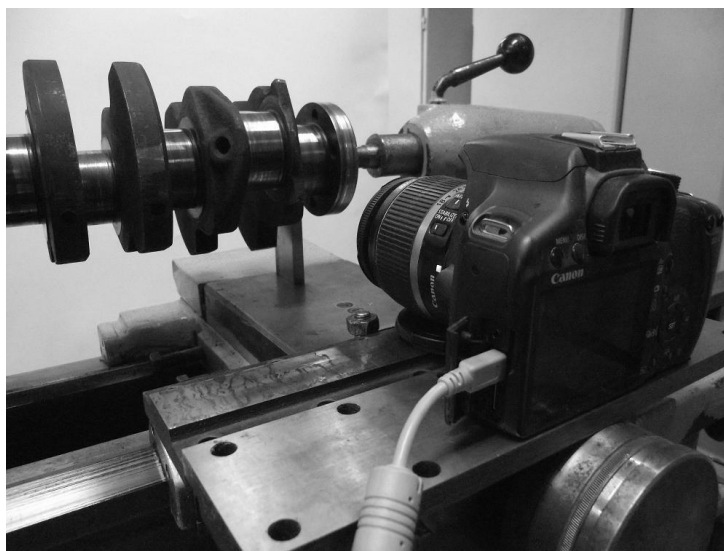
Установка для исследования возможностей фотоанализа состояла из центров, исследуемого объекта (коленчатого вала), эталона по ГОСТ 9038-90 1 класса точности, цифрового фотоаппарата и компьютера со специальным программным обеспечением (рисунок 1).

Для определения точности измерения используются термины пиксель и светочувствительная матрица.



Пиксель — наименьший логический элемент двумерного цифрового изображения в растровой графике, а также физический элемент светочувствительной матрицы. Пиксель представляет собой неделимый объект прямоугольной или круглой формы, характеризуемый определённым цветом. Соответственно, чем больше пикселей на единицу площади содержит изображение, тем более оно детально [3].

Светочувствительная матрица — специализированная аналоговая или цифро-аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных элементов — фотодиодов. Она предназначена для преобразования спроецированного оптического изображения в аналоговый электрический сигнал или в поток цифровых данных и является основным элементом цифровых фотоаппаратов, фотокамер, встроенных в мобильный телефон, камер систем видеонаблюдения и многих других устройств [2].



*Рисунок 1. Измерительная установка*

На рисунке изображены: фотоаппарат, измеряемый объект (коленчатый вал), эталон (концевая мера длины)

В опытах используется цифровой фотоаппарат Canon 500D, который имеет размер светочувствительной матрицы 22,3x14,9 мм при разрешении 15.5 мегапикселей. Рассмотрим какие значения точности мы можем получить, используя данный аппарат. Условимся фотографировать заданный участок

высотой  $h=100$  мм. Ширину участка можно определить, используя размеры матрицы:

$$b = \frac{22,3 \cdot 100}{14,9} = 149,66 \text{ мм.} \quad 1)$$

Получаем, что на каждый миллиметр фотоснимка участка приходится примерно

$$n = \frac{15,5 \cdot 10^6}{100 \cdot 149,66} = 1035,68 \quad 2)$$

пикселей, т. е. чуть больше одного пикселя на один микрометр. Если увеличить масштаб и фотографировать участок высотой  $h=50$  мм и шириной соответственно

$$b = \frac{22,3 \cdot 50}{14,9} = 74,83 \text{ мм,} \quad 3)$$

то на каждый миллиметр участка приходится уже

$$n = \frac{15,5 \cdot 10^6}{50 \cdot 74,83} = 4144,39 \quad 4)$$

пикселей, т. е. более 4 пикселей на один микрометр, что значительно повышает точность измерения.

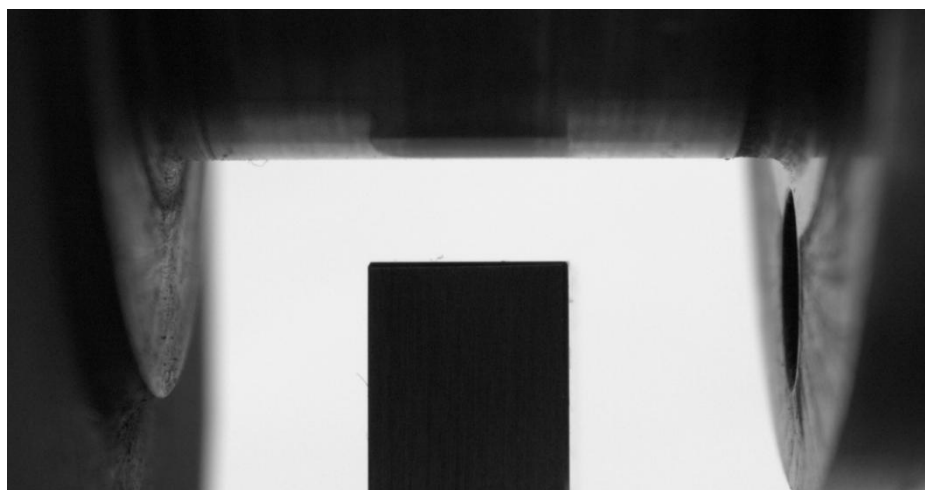
В процессе проведения опытов были получены снимки коренной шейки коленчатого вала и части концевой меры длины.



*Рисунок 2. Пример получаемого снимка*

Нами была предпринята попытка реализовать собственную программу по автоматизированному анализу данных снимков, однако возникла проблема в достаточно долгой обработке каждого снимка (более двух часов). Поэтому было решено использовать программную среду MathCad в связке с программным продуктом Microsoft Excel и проводить анализ снимков в ручном режиме.

Снимки загружались в MathCad, где они представлялись в виде целочисленной матрицы с числами в диапазоне от 0 до 255, где 0 — наиболее тёмный пиксель, 255 — наиболее светлый пиксель. Затем из всего снимка выделялись узкие участки снимка с целью отсечения лишних областей, не представляющих интереса для измерения.



*Рисунок 3. Выделенная область снимка*

После этого полученная матрица передавалась в программный продукт Microsoft Excel где числовое значение цвета каждого пикселя занимало отдельную ячейку. Уже в таком виде различимы контуры детали и эталона.

Для более удобного анализа производили выделение областей матрицы различными цветами на следующие категории:

1. цвет пикселя лежит в интервале 0 50;
2. цвет пикселя лежит в интервале 50 200;
3. цвет пикселя лежит в интервале 200 255;

Таким образом, удалось разграничить тёмные участки снимка. Однозначно принадлежавшие объекту исследования и эталону, светлые участки снимка, однозначные принадлежащие фону, а так же переходные границы на объекте, которые образовывались вследствие отражения света фона.

На следующем этапе, высчитывалось количество пикселей между плоскостью эталона и точками на поверхности шейки в трёх сечениях: у левой границы шейки, посередине и у правой границы. От этих трёх значений бралось среднее арифметическое.

Проанализировав все полученные снимки одной шейки, находим максимальное и минимальное значение. Их разница и будет представлять собой величину радиального биения. Но на этом этапе данная величина представлена в пикселях.

Для перевода значения в пикселях в миллиметры необходимо вычислить тарировочный коэффициент. Зная толщину используемого эталона  $b = 9_{-0,3}^{-0,05}$  мм и посчитав, какое количество пикселей занимает эталон на снимке, определяем, сколько миллиметров приходится на один пиксель, используя формулу:

$$K = \frac{b}{N}. \quad 5)$$

В конечном итоге, перемножая полученную величину биения в пикселях и тарировочный коэффициент получаем искомую величину радиального биения.

В процессе проведения опытов была выявлена зависимость получаемых значений от фокусного расстояния и расстояния между матрицей фотоаппарата и измеряемым объектом.

Так, при съёмке с максимальным оптическим приближением образуется дополнительная бочкообразность изображения — дисторсия. Для борьбы с этим явлением следует отказаться от использования оптического приближения или использовать особые асферические линзы, которые не искривляют изображение.

Таблица 1.

## Результаты исследования

Номер шейки	Номер снимка	Замер 1 (пикс)	Замер 2 (пикс)	Замер 3 (пикс)	Среднее значение (пикс)
1	0001	192	193	191	192
	0002	194	195	193	194
	0003	196	195	195	195
	0004	197	197	197	197
	0005	196	195	194	195
	0006	194	195	193	194
<b>Максимальное Значение (пикс)</b>	197	<b>Минимальное Значение (пикс)</b>	192	<b>Значение биения (мм)</b>	0,116
2	0007	189	191	188	189
	0008	192	194	191	192
	0009	200	201	200	200
	0010	205	205	205	205
	0011	194	195	193	194
	0012	190	191	190	190
<b>Максимальное Значение (пикс)</b>	205	<b>Минимальное Значение (пикс)</b>	189	<b>Значение биения (мм)</b>	0,141
3	0013	183	184	181	183
	0014	188	189	186	188
	0015	201	202	200	201
	0016	208	208	207	208
	0017	191	192	190	191
	0018	188	188	187	188
<b>Максимальное значение (пикс)</b>	208	<b>Минимальное значение (пикс)</b>	183	<b>Значение биения (мм)</b>	0,587
4	0019	185	185	185	185
	0020	190	192	190	190
	0021	202	204	201	202
	0022	208	210	206	208
	0023	194	195	194	194
	0024	188	189	188	188
<b>Максимальное Значение (пикс)</b>	208	<b>Минимальное Значение (пикс)</b>	185	<b>Значение биения (мм)</b>	0,531
5	0025	195	195	194	195
	0026	195	196	194	195
	0027	202	202	201	202
	0028	205	207	205	205
	0029	199	199	199	199
	0030	197	198	197	197
<b>Максимальное Значение (пикс)</b>	205	<b>Минимальное Значение (пикс)</b>	195	<b>Значение биения (мм)</b>	0,238

Результаты эксперимента подтверждают возможность измерения геометрической формы деталей машин фотографиями в проходящем свете с точностью, которая характеризуется 1 микрометр на пиксель. Точность измерения может изменяться вплоть до 4 пикселей на один микрометр, при изменении расстояния до фотографируемого объекта. Время обработки измеренных размеров не превышало 20 минут.

Измерения удобно осуществлять в лабораторных и производственных условиях при анализе погрешностей соосных поверхностей до 6-го качества точности. При этом, что особенно важно, для соблюдения технологической дисциплины, появилась возможность хранения и обработки данных на компьютере.

### **Список литературы:**

1. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. // М.: Недра, 1984. — 551 с.
2. Матрица (фото) // Википедия: свободная энциклопедия. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Матрица\\_\(фото\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Матрица_(фото)) (дата обращения 18.06.2012 г.)
3. Пиксель // Википедия: свободная энциклопедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Пиксель> (дата обращения 18.06.2012 г.)

## СЕКЦИЯ 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ

### СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

*Жукова Марина Сергеевна*  
*студент 4 курса, факультет информатики и вычислительной техники,*  
*ГОУ СПО ЮТМиИТ, г. Юрга*  
*E-mail: [krcsro@mail.ru](mailto:krcsro@mail.ru)*

*Журова Лариса Борисовна*  
*научный руководитель, преподаватель ГОУ СПО ЮТМиИТ, г. Юрга*

Современные системы дистанционного контроля и управления режимами работы технологического оборудования строятся на основе использования микропроцессорных систем сбора и обработки данных, максимально приближенных к объекту. Современные микропроцессорные системы строятся на базе микроконтроллеров. Возможности микроконтроллеров семейства AVR позволяют решать множество типовых задач, возникающих перед разработчиками встраиваемых систем управления динамическими объектами в режиме реального времени. Интенсивный рост продаж AVR во всем мире и устойчивый рост их популярности, в том числе и в России, предполагает дальнейшее развитие этого направления [5, с. 27].

Применение САПР при проектировании микропроцессорных систем предъявляет высокие требования к интеллектуальному уровню, психологической и профессиональной подготовке выпускников, которые должны не только понимать основные принципы работы САПР, но и хорошо знать все ее возможности, уметь свободно пользоваться средствами общения с ЭВМ и, кроме того, постоянно ставить задачи и осмысливать их результаты.

Применение САПР на этапах схемотехнического проектирования приводит к снижению затрат на проектирование в связи с сокращением сроков,

уменьшению числа макетов и опытных образцов, а также позволит улучшить качество проекта вследствие снижения ошибок в проектной документации [3, с. 152].

В процессе автоматизации проектирования микропроцессорных систем дистанционного контроля и управления режимами работы технологического оборудования студенты специальности 230113 Компьютерные системы и комплексы применяют САПР на этапах схемотехнического и конструкторского проектирования.

Процесс проектирования микропроцессорных систем кроме разработки функциональных и принципиальных схем узлов и блоков включает разработку программного обеспечения для микроконтроллеров. Поэтому прежде, чем приступить к схемотехническому моделированию, нужно получить программные коды для микроконтроллера микропроцессорной системы, расположенной вблизи технологического объекта контроля и управления, и микроконтроллера микропроцессорной системы, расположенной на диспетчерском пункте, в виде двух hex-файлов [1, с. 87].

В проекте «Проектирование аппаратно-программного комплекса дистанционного контроля режимов работы периферийного оборудования с использованием оптико-механического датчика на базе микроконтроллера Atmega 16» для контроля режимов работы периферийного оборудования предлагается использовать квадратурный оптико-механический датчик — энкодер, применяемый для определения положения и скорости вращения вала. Энкодер представляет собой закрепленный на валу диск с расположенными в определенном порядке прорезями/выступами, которые либо замыкают механические контакты при вращении, либо перекрывают световой поток в оптопаре [4, с. 156].

Структурная схема аппаратно-программного комплекса дистанционного контроля режимов работы периферийного оборудования представлена на рис. 1. В схеме можно выделить три основных модуля:

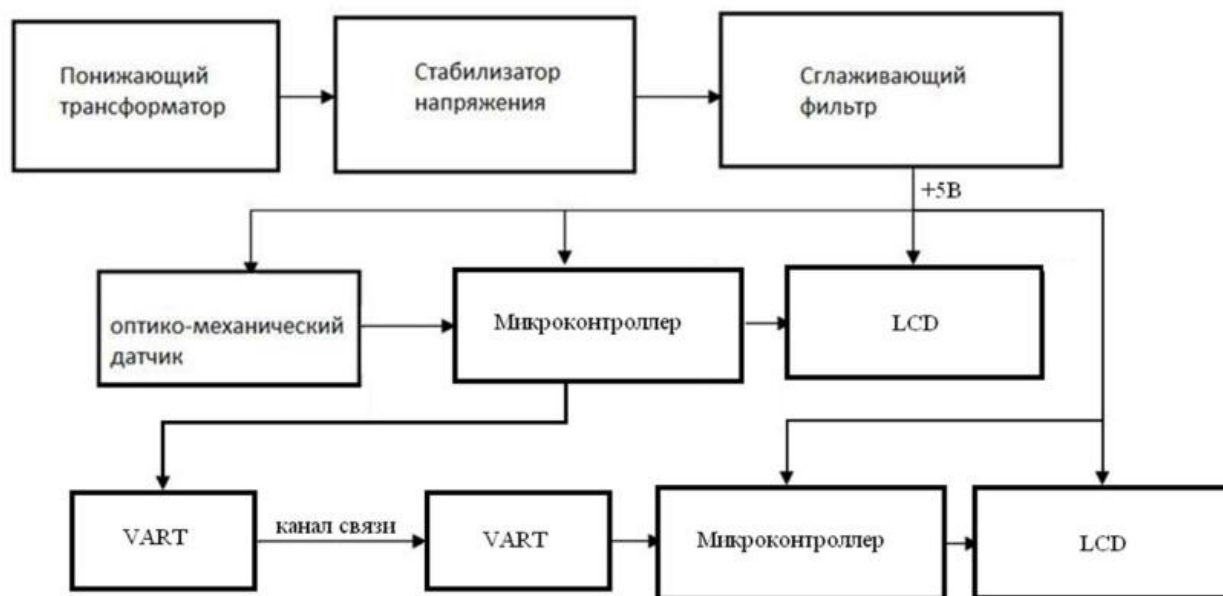


- модуль контроля технологических параметров на производственном участке;
- модуль дистанционного контроля за технологическими параметрами на диспетчерском пункте;
- блок питания, обеспечивающий питание микросхемам и датчикам + 5В.

Конструктивно аппаратно-программный комплекс будет выполнен в виде двух устройств:

- первое устройство размещается на объекте контроля и состоит из датчиков, микроконтроллера, который принимает сигналы с датчиков и выводит их значение на LCD экран, схемы UART для передачи данных в канал связи по протоколу RS-232, блока питания, обеспечивающего питание микросхемам и датчикам + 5В.;

- второе устройство размещается на диспетчерском пункте и позволяет удаленно контролировать технологический процесс, состоит из схемы UART для приема данных из канала связи по протоколу RS-232, микроконтроллера, организующего прием данных и вывод для отображения на LCD экране диспетчера.



*Рисунок 1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса*

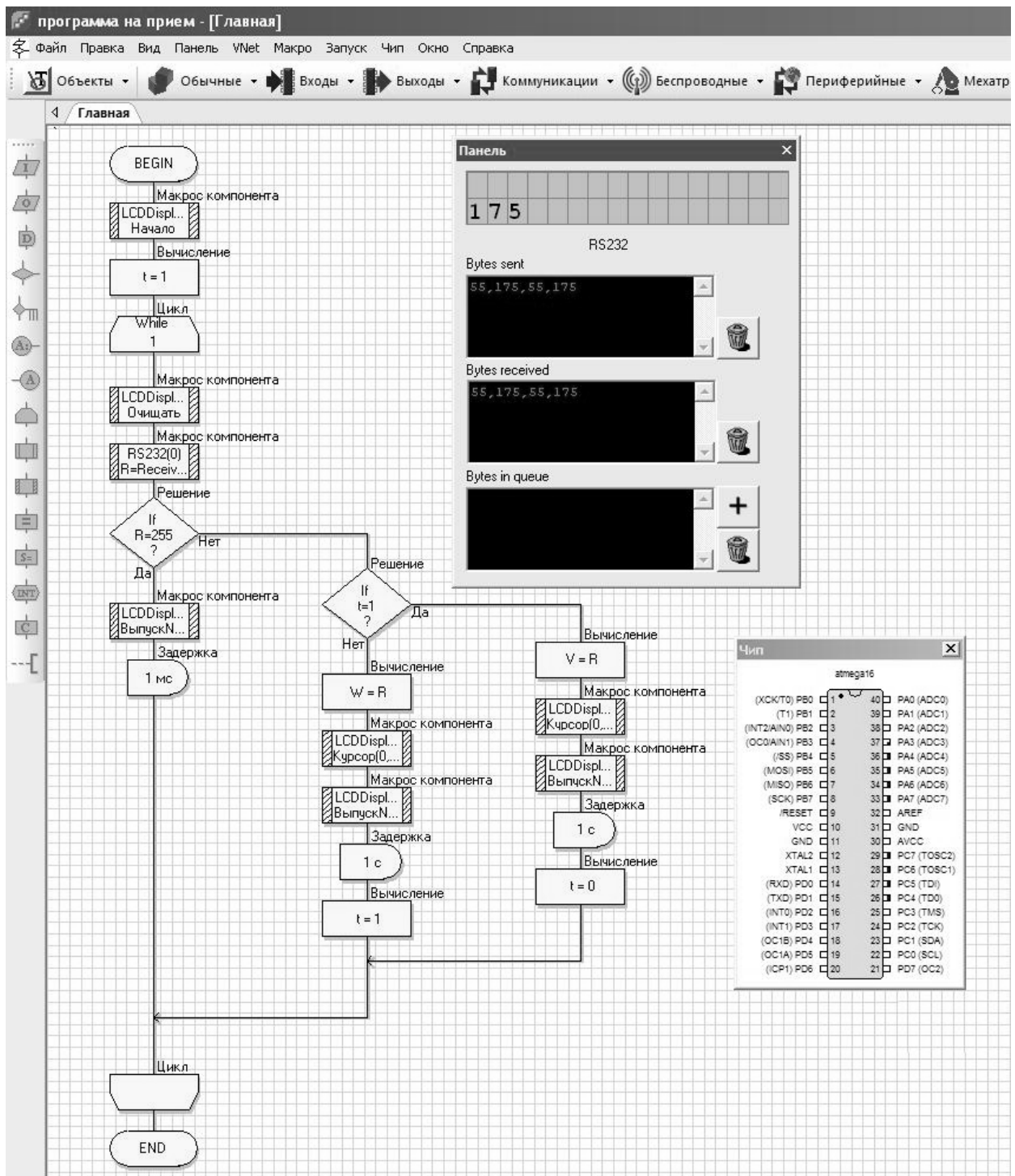
Программирование микроконтроллеров обычно осуществляется на языке Ассемблера или языке высокого уровня Си.

Компьютерная среда разработки и отладки программ для микроконтроллеров FlowCode позволяет процесс программирования сделать более наглядным и доступным. Программа FlowCode в качестве основного языка программирования использует графический язык. И, как в объектно-ориентированном программировании, объекты FlowCode выполняют ряд операций и наделены набором свойств. Программная среда FlowCode в качестве основных компонентов предлагает алгоритмические конструкции ввода, вывода данных, вычислений, ветвления, цикла, подпрограмм. Программная среда позволяет выполнить моделирование алгоритма с применением элементов световой индикации, панели управления, эмуляторов периферийного оборудования [2, с. 8]. Процесс моделирования алгоритма в программной среде FlowCode для микропроцессорной системы, реализующей прием сигналов с двух датчиков в порт, имеющий АЦП, и передачу данных по протоколу RS-232 на микропроцессорную систему диспетчерского пункта приведен на рис. 2, для микропроцессорной системы, реализующей прием и вывод данных на LCD экран, показан на рис. 3.



atmega16			
(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(/SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
/RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TD0)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

**Рисунок 2. Моделирование программы приема сигналов с датчиков и передачи данных на микроконтроллер диспетчерского пункта по протоколу RS-232**



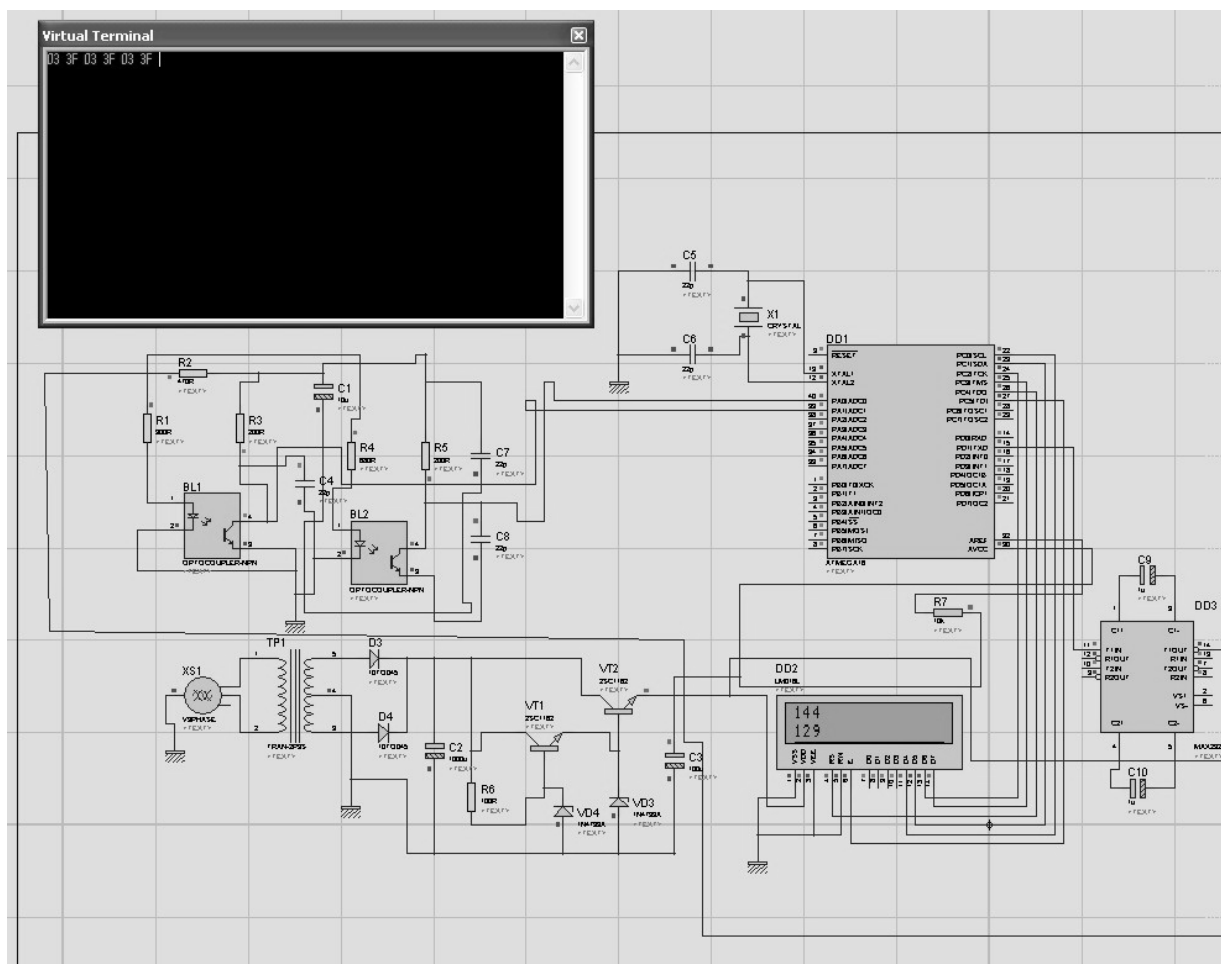
**Рисунок 3. Моделирование программы для приема данных с микроконтроллера объекта управления по протоколу RS-232 на диспетчерский пункт**

Разработанные алгоритмы можно компилировать в программы на языке СИ и в виде HEX-файлов. Полученные в среде FlowCode HEX-файлы далее загружаются в микроконтроллер в среде PROTEUS VSM, что позволяет выполнить схемотехническое моделирование микроконтроллерной системы

в целом, проверить правильность программ и далее загрузить их в реальную микропроцессорную систему.

Программы — симуляторы позволяют, без сборки реального устройства, отладить работу схемы, найти ошибки, полученные на стадии проектирования схемы, снять необходимые характеристики и многое другое. Одна из таких программных сред — PROTEUS VSM.

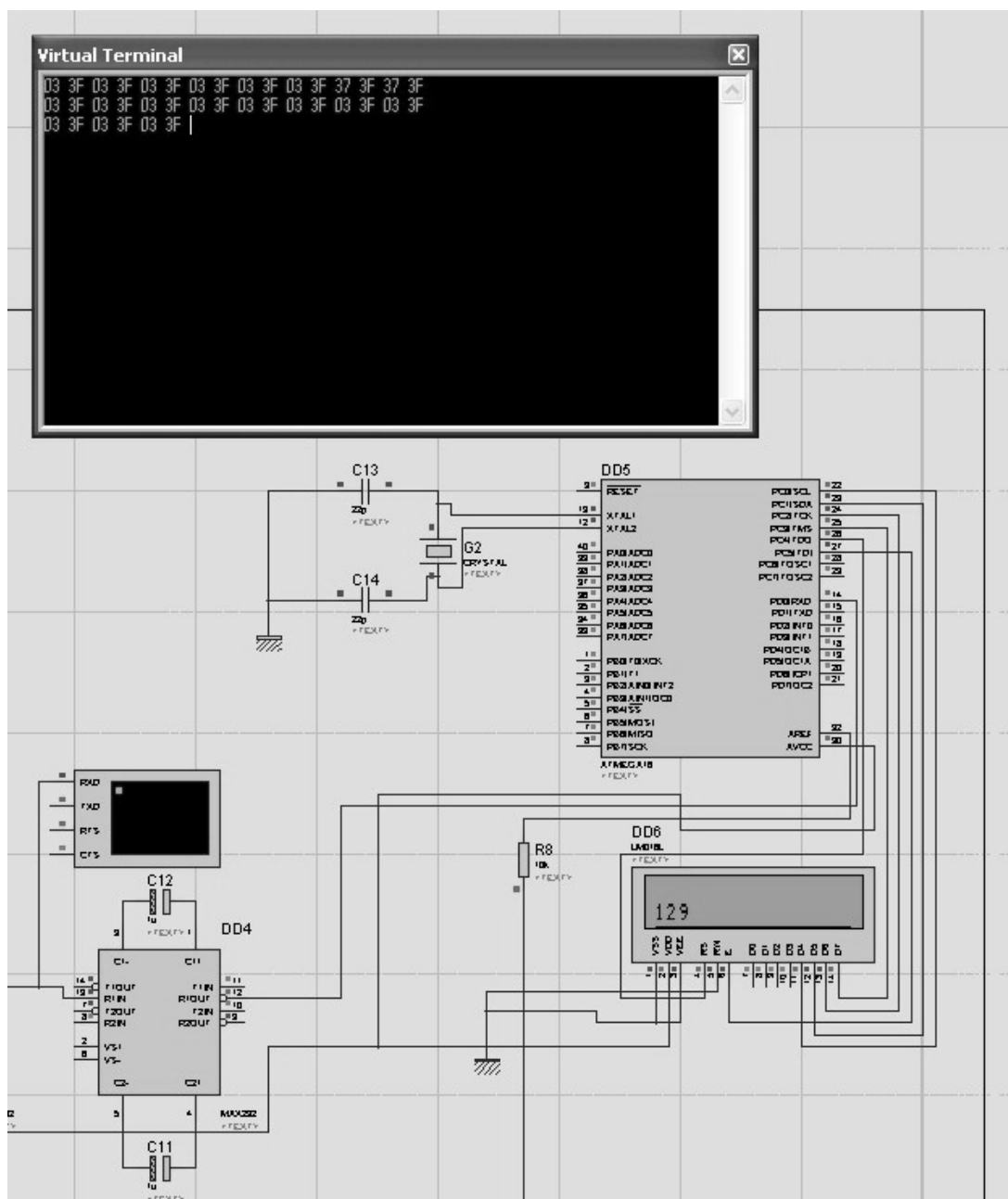
Режим отладки программ микроконтроллерной системы, реализующей симплексный режим передачи данных показан на рис.4—5. В первой строке LCD экрана отображается значение цифрового кода, полученное с первого датчика-энкодера, во второй строке — со второго.



**Риснок 4. Схемотехническое моделирование режима контроля параметров технологического процесса и передачи данных с объекта управления на диспетчерский пункт**

В результате схемотехнического моделирования проверена правильность алгоритма и программы для двух микроконтроллеров МПС АПК и реализация симплексного режима передачи данных между двумя микропроцессорными системами, таким образом, смоделирован режим дистанционного контроля параметров технологического процесса.

PROTEUS VSM, созданная фирмой Labcenter Electronics является так называемой программой сквозного проектирования.

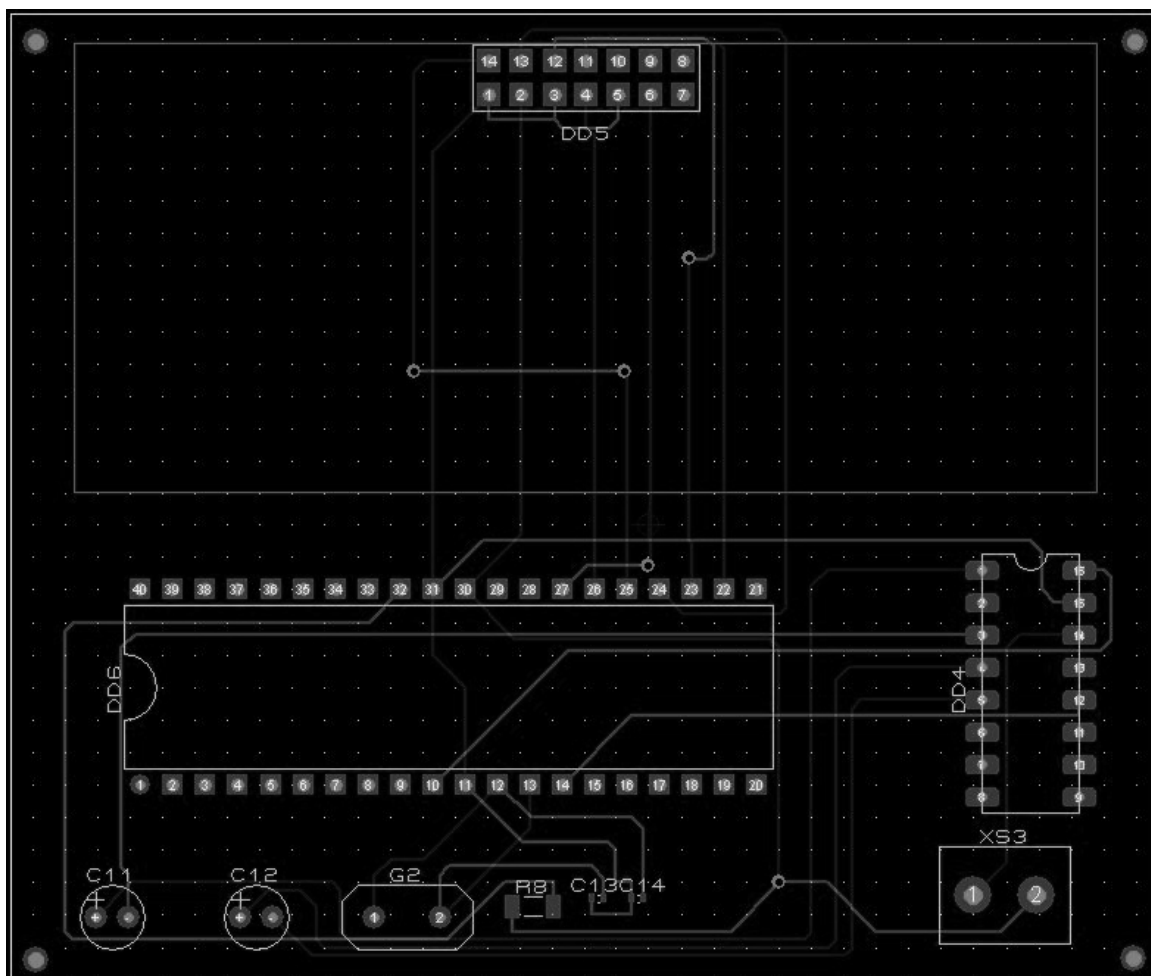


*Рисунок 5. Схемотехническое моделирование режима приема данных микропроцессорной системы на диспетчерском пункте*

Это означает создание устройства, начиная с его графического изображения (принципиальной схемы) и заканчивая изготовлением печатной платы устройства, с возможностью контроля на каждом этапе производства.

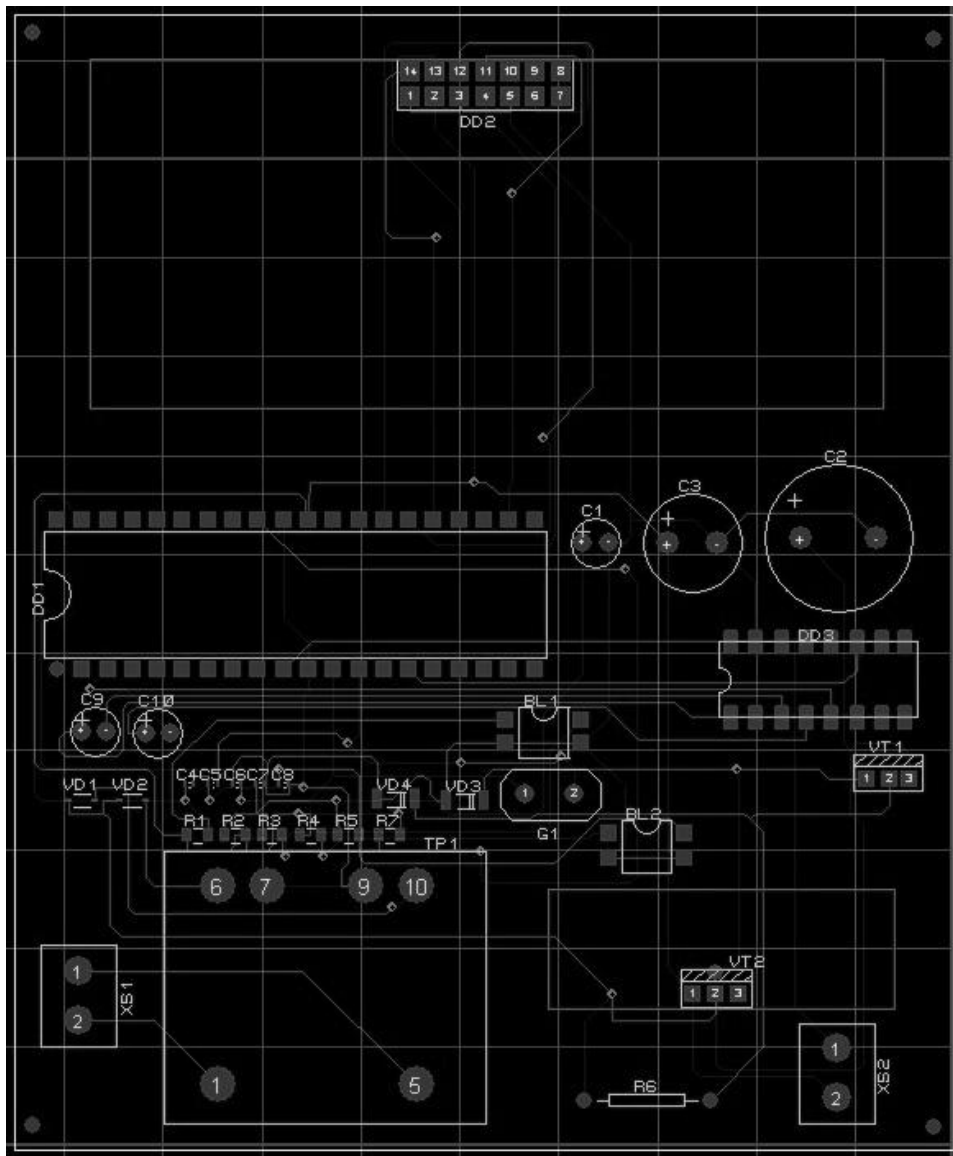
Большая библиотека компонентов, начиная от пассивных ЭРЭ и заканчивая современными типами микроконтроллеров, достаточный набор инструментов и функций, среди которых вольтметр, амперметр, осциллограф, всевозможные генераторы, возможность отлаживать программное обеспечение микроконтроллеров, позволяют выполнять схемотехническое моделирование как аналоговых, так и цифровых схем.

После моделирования работы схемы выполняется трассировка печатных плат в модуле ARES программной среды PROTEUS VSM, результаты показаны на рис. 6—7.



*Рисунок 6. Трассировка печатной платы микропроцессорной системы на диспетчерском пункте*

Моделирование теплового режима работы МПС АПК осуществлялось в программном комплексе Триана v.2.00. С помощью Триана v.2.00 осуществляется моделирование стационарных и нестационарных тепловых режимов конструкций РЭС при различных условиях охлаждения путем формирования системы нелинейных уравнений или системы обыкновенных дифференциальных уравнений по заданным геометрическим и теплофизическим параметрам конструкции РЭС, установленным в РЭС конструктивных узлов, элементов.



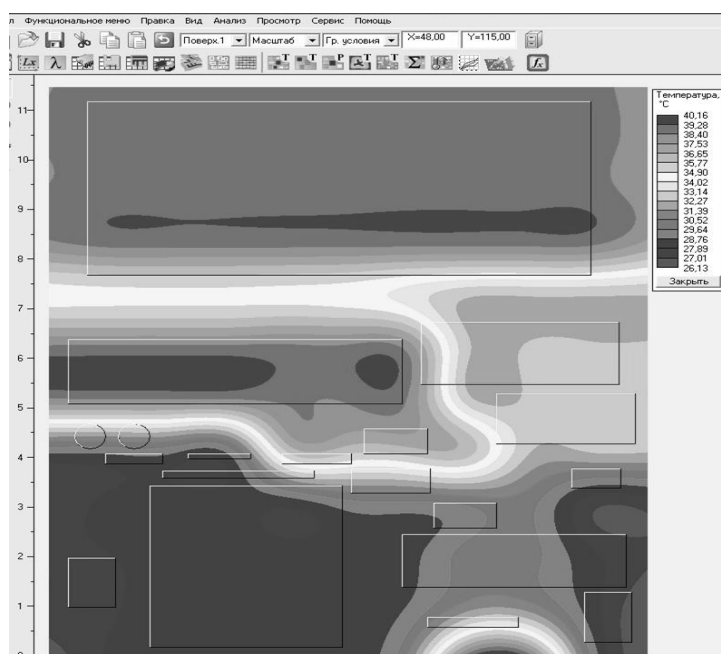
**Рисунок 7. Трассировка печатной платы микропроцессорной системы на объекте управления технологическими параметрами**



Исходные данные для моделирования на ПЭВМ теплового режима МПС АПК при помощи Триана v. 2.00 подготавливаются на основе следующей информации:

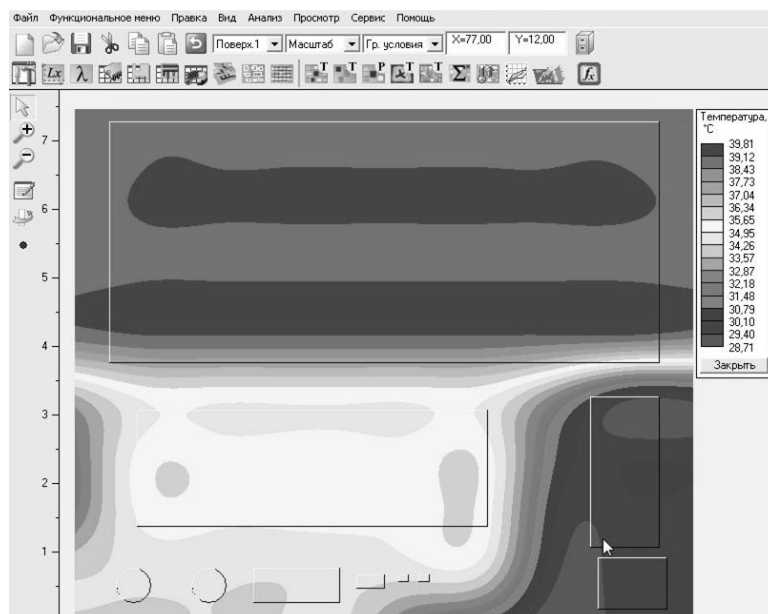
- сборочный чертеж или детализовка конструкции;
- теплофизические параметры материалов, элементов конструкции и холодоносителей;
- значения тепловых мощностей, рассеиваемых элементами схемы;
- параметры охлаждения конструкции;
- построенная пользователем модель тепловых процессов анализируемого объекта.

Изотермы печатных плат МПС АПК представлены на рис. 8—9.



**Рисунок 8. Моделирование теплового режима работы печатного узла микропроцессорной системы на объекте управления технологическими параметрами**

В результате проведенного теплофизического моделирования определены тепловые потоки на печатных узлах, отсутствие перегрева ЭРЭ и максимальная температура узла.



**Рисунок 9. Моделирование теплового режима работы печатного узла микропроцессорной системы на диспетчерском пункте**

Данная технология проектирования аппаратно- программного комплекса дистанционного контроля параметров работы периферийного оборудования с использованием оптико-механического датчика на базе микроконтроллера Atmega 16 выполнялась в рамках курсового проектирования и рекомендована для дальнейшего использования в процессе освоения профессионального модуля «Проектирование микропроцессорных систем» для студентов СПО специальности 230113 Компьютерные системы и комплексы.

### Список литературы:

1. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах. СПб.: Наука и Техника, 2008. — 544 с.: ил.
2. Гололобов В.Н. Микроконтроллер и FlowCode. URL: <http://www.twirpx.com/files/informatics/mps> (дата обращения 25.05.2012).
3. Костров Б.В., Ручкин В.Н. Архитектура микропроцессорных систем. М.: Издательство Диалог-МИФИ, 2007. — 304 с.:ил.
4. Рюмик С.М. 1000 и одна микронтроллерная схема. Вып. 1 / С.М. Рюмик. М.: Додэка-XX1, 2010. — 356 с.: ил.
5. Трамперт В. AVR-RISC микроконтроллеры.: Пер. с нем.-К.: «МК-Пресс», 2006. — 464 с., ил.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛА НАКЛОНА ПЛОСКОСТИ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО НАКЛОНОМЕРА ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

**Маркин Денис Игоревич**

студент 4 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза

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

**Володин Василий Анатольевич**

студент 4 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза

E-mail: [Yahuu92@mail.ru](mailto:Yahuu92@mail.ru)

**Ермолаев Николай Александрович**

научный руководитель, канд. тех. наук,  
доцент. каф. «Информационные технологии и системы» ПГТА, г. Пенза

**Воронцов Александр Анатольевич**

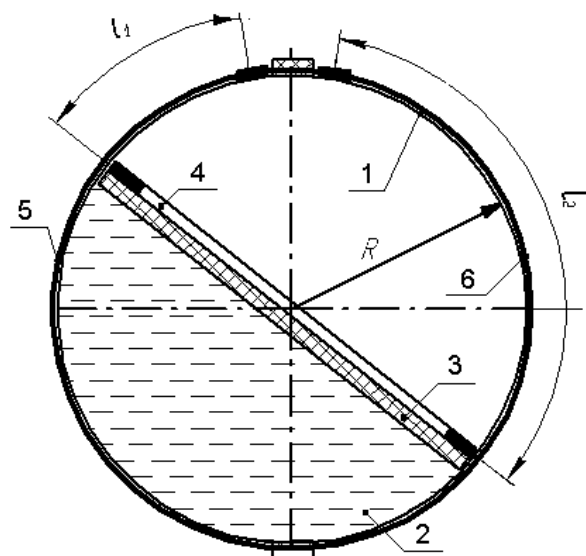
научный руководитель, аспирант каф. «Электроника и электротехника»  
ПГТА, г. Пенза

Бурное развитие науки и техники невозможно без разработок, исследований и внедрения новых приборов и устройств, предназначенных для контроля и диагностики механизмов и сооружений во всех видах производственной деятельности. К таким приборам относятся наклономеры, предназначенные для определения углов наклона объекта. Наклономеры используются для определения положения различных высотных сооружений, плотин, для определения величины прогибов и деформаций различного рода опор и балок, контроля углов наклона автомобильных и железных дорог при их строительстве, ремонте и эксплуатации, определения угла наклона дорожных грейдеров, асфальто-укладчиков, подъемников, кранов и экскаваторов и т. д.

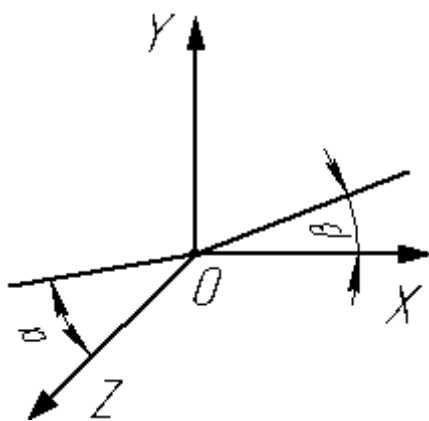
Для этих целей в последнее время все чаще находят применение магнитоотриксционные наклономеры. От известных наклономеров, таких как [1, с. 3—4] их отличает высокая точность, быстроедействие, широкий диапазон преобразования, относительно невысокая себестоимость и простота реализации.

Магнитоотриксционные наклономеры можно условно разделить на две основные группы — однокоординатные (ОМН) и двухкоординатные (ДМН).

ДМН позволяют проводить одновременное измерение двух углов наклона объекта во взаимноперпендикулярных плоскостях относительно вертикали или горизонтали.



**Рисунок 1. Первичный преобразователь двухкоординатного магнестрикционного наклономера**



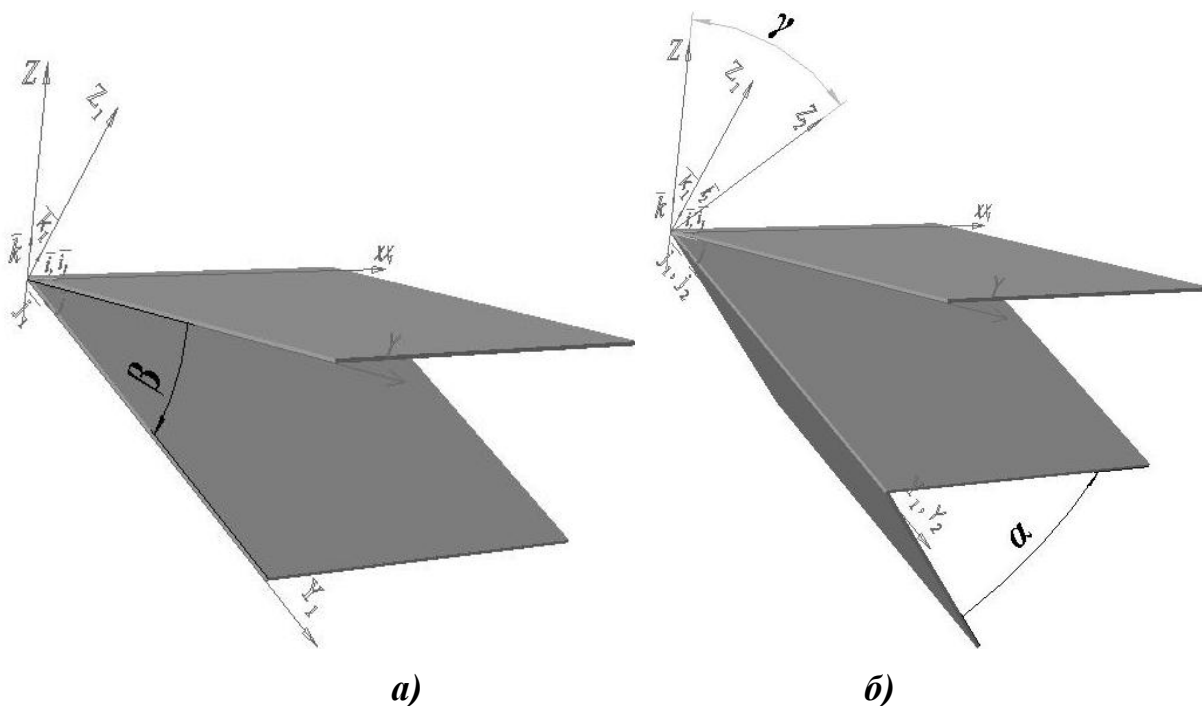
**Рисунок 2. Углы наклона объекта относительно вертикальной плоскости**

Один из вариантов реализации первичного преобразователя двухкоординатного магнестрикционного наклономера приведен на рисунке 1.

Он содержит магнестрикционный преобразователь перемещений, выполненный в виде сферического корпуса 1 из немагнитного материала, например пластика, с заполненной наполовину рабочей жидкостью 2, поплавковым элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом 4, однотипными С-образными звукопроводами 5, 6 из магнестрикционного материала [2].

Одной из возможностей предложенной конструкции двухкоординатного магнестрикционного наклономера является возможность косвенного определения кодов величины и знака угла наклона объекта в отклоняемой плоскости  $\gamma$  по рассчитанным значениям кодов углов отклонения объекта в двух взаимно перпендикулярных плоскостях относительно горизонтали ( $\alpha$  и  $\beta$  соответственно), о чем не сказано в упомянутом источнике. Целью данной статьи является вывод, проверка и моделирование формулы расчета угла  $\gamma$  через  $\alpha$  и  $\beta$ .

Для этого представим ДМН в виде горизонтальной плоскости  $\Pi_1$  с базисными векторами  $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  (рисунок 3 а).



**Рисунок 3. Поворот ДМН в одной и двух взаимно перпендикулярных плоскостях**

Перейдем к новой системе координат  $K_1$  с репером  $\langle 0, i_1, j_1, k_1 \rangle$ , смещенной на произвольный угол  $\alpha$  в плоскости  $YOZ$  относительно  $K$ . Базисные вектора систем координат  $K$  и  $K_1$  будут связаны между собой в соответствии с выражением (1):

$$\begin{cases} \bar{i}_1 = \bar{i} \\ \bar{j}_1 = 0 \cdot \bar{i} + \cos \alpha \cdot \bar{j} + \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) \cdot \bar{k} \\ \bar{k}_1 = 0 \cdot \bar{i} + \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \cdot \bar{j} + \cos \alpha \cdot \bar{k} \end{cases} \quad (1)$$

Поворачивая систему координат К1 на произвольный угол  $\beta$  (рисунок 3б) в плоскости XOZ, получаем систему координат К2 с репером  $\langle 0, i_2, j_2, k_2 \rangle$ . Базисные вектора систем координат К1 и К2 будут связаны между собой соответственно:

$$\begin{cases} \bar{i}_2 = \bar{i}_1 \cdot \cos \beta + 0 \cdot \bar{j}_1 + \cos\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right) \cdot \bar{k}_1 \\ \bar{j}_2 = \bar{j}_1 \\ \bar{k}_2 = \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) \cdot \bar{i}_1 + 0 \cdot \bar{j}_1 + \cos \beta \cdot \bar{k}_1 \end{cases} \quad (2)$$

Связь между старым базисом  $(\bar{k})$  и новым  $(\bar{k}_2)$  базисными векторами, согласно (1) и (2), определяется выражением (3), где коэффициент перед  $\bar{k}$  и есть направляющий косинус угла  $\gamma$  (4).

$$\bar{k}_2 = \sin \beta \cdot \bar{i} + \cos \beta \cdot (\sin \alpha \cdot \bar{j} + \cos \alpha \cdot \bar{k}) = \sin \beta \cdot \bar{i} + \cos \beta \cdot \sin \alpha \cdot \bar{j} + \cos \beta \cdot \cos \alpha \cdot \bar{k} \quad (3)$$

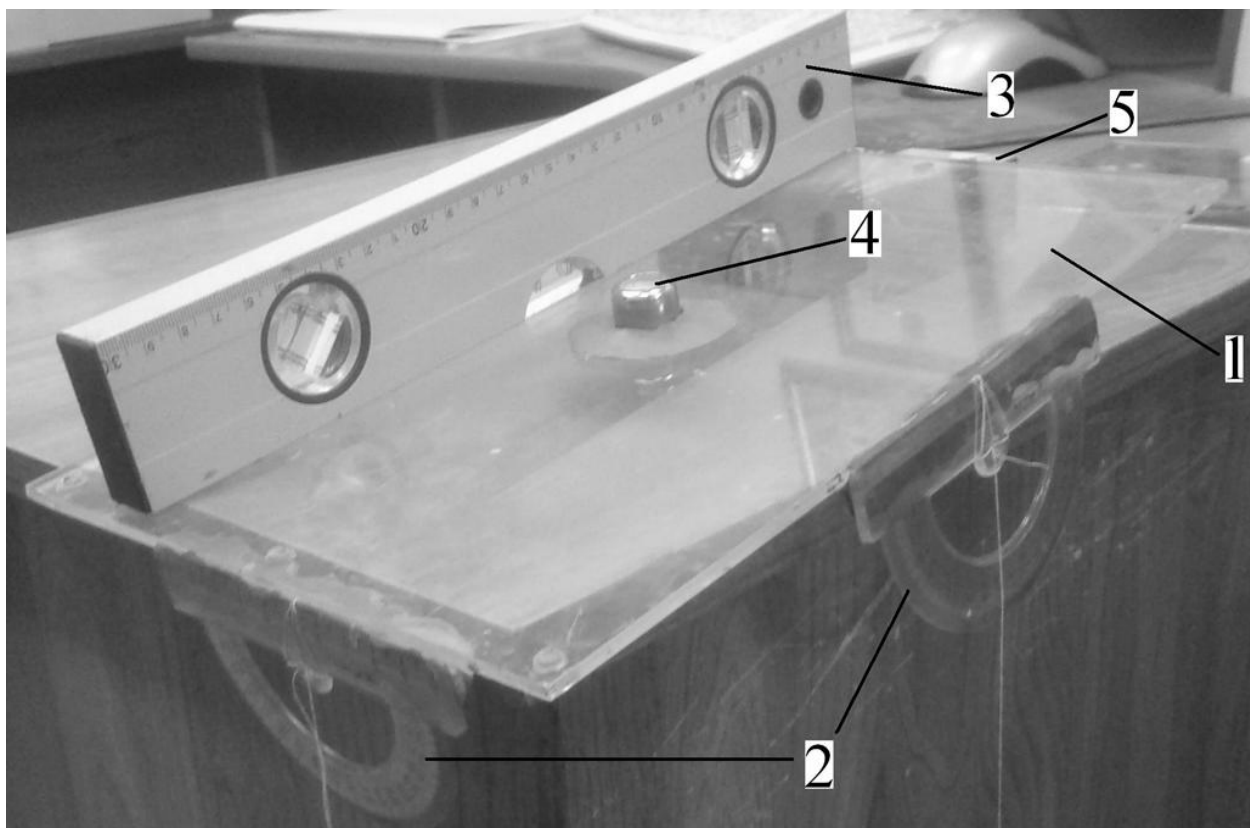
$$\cos \gamma = \cos \beta \cdot \cos \alpha \Rightarrow \gamma = \arccos(\cos \beta \cdot \cos \alpha) \quad (4)$$

Знак угла  $\gamma$ , а также четверть, в которой происходит отклонение поляризатора относительно вертикальной плоскости можно узнать по отклонениям углов  $\alpha$  и  $\beta$ .

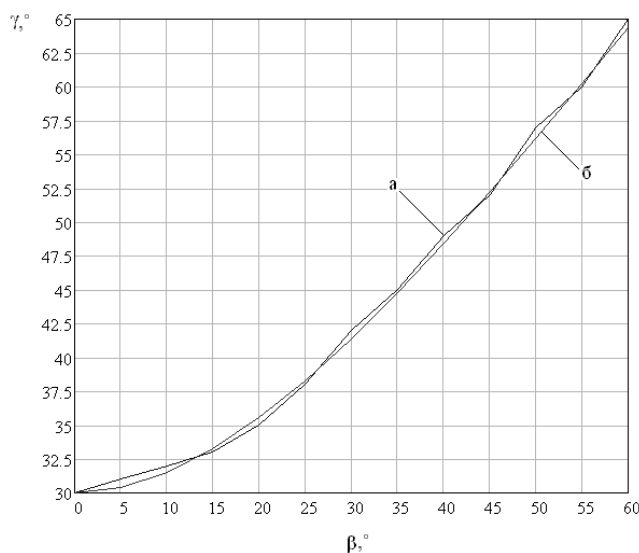
Для численной проверки формулы (4) авторами статьи была собрана экспериментальная установка, изображение которой приведено на рисунке 4, состоящей из пластины из оргстекла 1, имитирующей плоскость отклонения ДМН от горизонтальной поверхности, представленной поверхностью стола, трех транспортов 2, предназначенных для фиксации углов отклонения во взаимно перпендикулярных плоскостях  $\alpha$  и  $\beta$  относительно горизонтальной плоскости,

а также угла наклона плоскости ДМН относительно последней  $\gamma$ . Так как угол наклона плоскости удобнее измерять над поверхностью пластины 1, то для задания горизонтальной плоскости, относительно которой и определялся угол наклона плоскости  $\gamma$  был использован жидкостный однокоординатный уровень 3. Для определения направления отклонения плоскости в конструкцию был использован жидкостный двухкоординатный уровень 4.

Так, для одного из опытов при изменении одного из углов отклонения  $\beta$  с помощью книг разной толщины 5 и при неизменном значении второго угла наклона  $\alpha$  были получены результаты, приведенные на рисунке 5. Как видно, полученные экспериментальным путем значения отличаются не более  $2^\circ$  от рассчитанных по формуле (4), что свидетельствует о достоверности полученной формулы.



*Рисунок 4 Экспериментальная установка*



**Рисунок 5. Зависимость угла наклона плоскости ДМН  $\gamma$  от  $\beta$  при  $\alpha=30^\circ$ , полученная по расчетной формуле (а) и экспериментальным путем (б)**

Данная погрешность вычислений вполне допустима для приведенного стенда, так как систематическая погрешность каждого из транспортеров составляет  $0,5^\circ$ . Также нужно учитывать случайную погрешность, вызванную несовершенством органов чувств наблюдателя.

Таким образом, в данной статье была получена и экспериментально проверена расчетная формула по определению угла наклона плоскости ДМН относительно горизонтальной плоскости. Это позволяет существенно увеличить область применения приборов данного класса.

### **Список литературы:**

1. Виноградов С.А., Трофимов А.И.. Ультразвуковой наклономер. Патент РФ № 2084823 МПК: G01C9/22, G01C9/18. Бюл. № 3, 1997. — 12 с.
2. Воронцов А.А., Демин С.Б., Демин Е.С. Магнитострикционный двухкоординатный наклономер. Патент РФ № 2389975. МПК: G01C9/18. Бюл. № 14, 2010. — 10 с.
3. Гриднев Д.Г., Канониди Х.Д., Канониди К.Х.. Наклономер. Патент РФ № 2187829 МПК: G01V7/02. Бюл. № 3, 2002. — 10 с.
4. Таймазов Д.Г., Двухкоординатный струнный наклономер. Патент РФ № 2287777 МПК: G01C9/00. Бюл. № 5, 2004. — 11 с.



# КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДВУХКООРДИНАТНОГО МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО НАКЛОНОМЕРА

***Илюхин Кирилл Николаевич***

*студент 5 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза*

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

***Зюзина Елена Григорьевна***

*студент 5 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза*

*E-mail: [lena\\_412@mail.ru](mailto:lena_412@mail.ru)*

***Ермолаев Николай Александрович***

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент. каф. «Информационные технологии и системы» ПГТА, г. Пенза*

***Воронцов Александр Анатольевич***

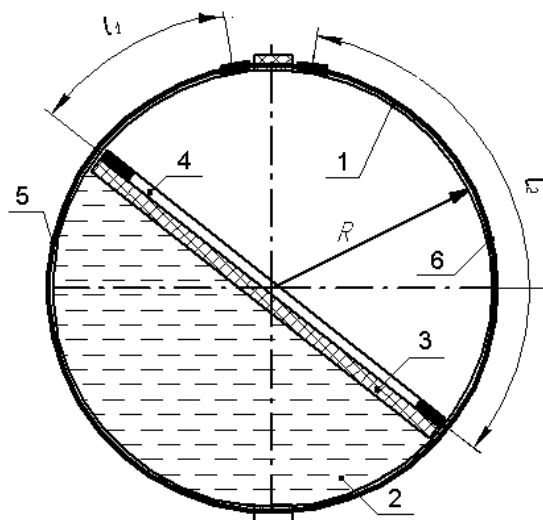
*научный руководитель, аспирант каф. «Электроника и электротехника» ПГТА, г. Пенза*

В настоящее время в промышленности для измерения углов наклона объекта относительно горизонтальной или вертикальной плоскости применяются различные виды наклономеров. По ряду основных параметров: точности, разрешающей способности, стоимости, наибольший интерес вызывают ультразвуковые магнитострикционные приборы. Их принцип действия основан на явлениях продольной магнитострикции, проявляющиеся через эффекты Видемана и Виллари.

Различают однокоординатные и двухкоординатные наклономеры. Один из вариантов последней группы, описан в [1] и представлен на рисунке 1.

Он содержит магнитострикционный преобразователь перемещений, выполненный в виде сферического корпуса 1 из немагнитного материала, например пластика, с заполненной наполовину рабочей жидкостью 2, поплавковым элементом 3 с кольцевым постоянным магнитом, называемого также поляризатором 4, однотипными С-образными звукопроводами 5, 6 из магнитострикционного материала [2]. Для изготовления опытного образца и запуск его в серийное производство, необходим предварительный расчет

параметров элементов конструкции. Поэтому целью данной статьи является создание программы, учитывающей как конструктивные особенности элементов конструкции, а также их массу, размеры и материалы.



**Рисунок 1. Первичный преобразователь двухкоординатного магнитострикционного наклономера**

Так как, с увеличением расстояния от звукопровода до поляризатора происходит резкое уменьшение напряженности магнитного поля, создаваемого поляризатором (П), то возникает необходимость в расчете и создании такой конструкции, где это расстояние было бы минимально. Данное условие выполняется при условии, что  $d_{п} < 2 \cdot R_{с}$ , где  $d_{п}$  — диаметр поляризатора, а  $R_{с}$  — радиус сферического корпуса. Это будет возможно, если ПЛ (поляризатор) будет располагаться симметрично относительно горизонтали, проведенной через центр сферического корпуса.

Для расположения ПЛ (поляризатора) над поверхностью рабочей жидкости (РЖ) необходимо, чтобы средняя плотность поплавкового элемента (ПЭ) и поляризатора была меньше плотности РЖ (рабочей жидкости).

Плотность РЖ (рабочей жидкости) определится по формуле:

$$\rho_{РЖ} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \quad (1)$$

где  $K_i$  и  $\rho_i$  — процентное содержание и плотность парциальной жидкости, входящей в состав РЖ (рабочей жидкости).

Для расширения областей применения накломера, РЖ (рабочая жидкость) должна обладать следующими свойствами:

1. Большой коэффициент вязкости для гашения колебаний, возникающих от поплавкового элемента (ПЭ) с ПЛ (поляризатором) при изменении угла наклона.

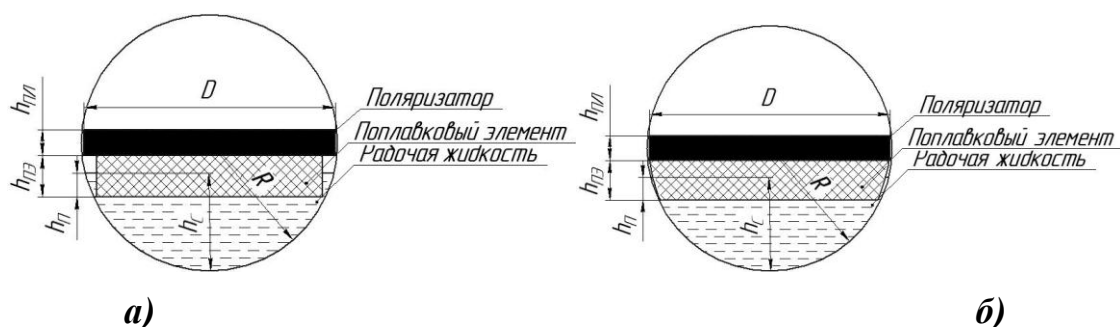
2. Иметь малый коэффициент расширяемости и сжимаемости, что необходимо для работы в большом диапазоне температур.

3. При наличии нескольких жидкостей, они должны быть смешивающимися.

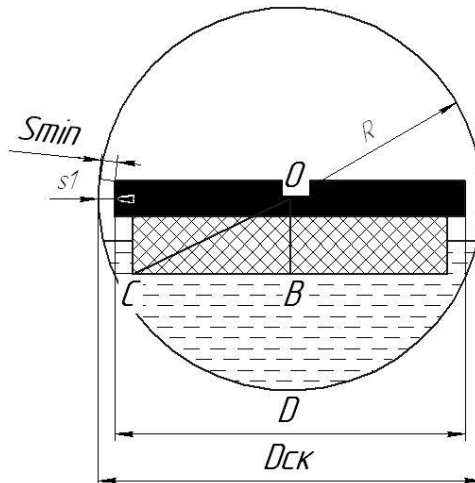
Так как в справочных данных указывают массу и габаритные размеры поляризатора, то вычисление средней плотности поляризатора и поплавкового элемента будет осуществляться по формуле:

$$\langle \rho \rangle = \frac{m_{ПЛ} + m_{ПЭ}}{V_{ПЛ} + V_{ПЭ}} \quad (2)$$

где  $m_{ПЭ}$  и  $m_{ПЛ}$  — массы поплавкового элемента и поляризатора, а  $V_{ПЭ}$  и  $V_{ПЛ}$  — их объемы.



**Рисунок 2. Сферический корпус, содержащий поляризатор, поплавковый элемент а) цилиндрической формы и б) в виде шарового слоя, а также рабочую жидкость**



**Рисунок 3. Сферический корпус. Поясняющий рисунок**

Так как корпус первичного преобразователя будет сферическим, то для обеспечения минимального расстояния от поляризатора до звукопровода возможно использование кольцевого или дискового поляризатора.

Для расчетов объема для кольцевого и дискового поляризатора воспользуемся следующими формулами:

$$V_{пл} = \pi \cdot h_{пл} \cdot \left( \frac{D^2 - d^2}{4} \right) \quad (3)$$

$$V_{пл} = \pi \cdot h_{пл} \cdot \frac{D^2}{4} \quad (4)$$

где  $h_{пл}$ ,  $D$  и  $d$  — высота, внешний и внутренний диаметры поляризатора соответственно. Выбор радиуса сферического корпуса  $R$  будем осуществлять из условия (см. рисунок 3)  $R > \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{h_{пл}}{2}\right)^2}$ , откуда его диаметр  $D_{ск}$  определится по формуле:

$$D_{ск} > \sqrt{D^2 + h_{пл}^2} \quad (5)$$

Также необходимо учитывать изменение объема рабочей жидкости, возникающее вследствие температурного расширения или сжимаемости жидкости, с учетом которого неравенство (5) запишется следующим образом:

$$D_{CK} = k \cdot \sqrt{D^2 + h_{III}^2} \quad (6)$$

где:  $k = 1 + \beta \cdot \Delta T$ ,

$\Delta T$  — рабочий диапазон изменения температур,

$\beta$  — коэффициент объемного расширения жидкости, являющийся справочной величиной.

Так как расстояние  $s_1$  вдоль горизонтальной линии симметрии сферического корпуса от поляризатора до звукопровода согласно рисунку 2

$s_1 = \frac{D_{CK} - D}{2}$ , то учитывая формулу (6) получаем:

$$s_1 = \frac{k \cdot \sqrt{D^2 + h_{III}^2} - D}{2} \quad (7)$$

Минимальное расстояние  $S_{min}$  определится по формуле

$$S_{min} = \frac{\sqrt{D^2 + h_{III}^2} \cdot (k - 1)}{2} \quad (8)$$

Радиус ПЭЦФ  $R_{ПЭ}$  согласно рисунку определится по теореме Пифагора

из  $\triangle OBC$  неравенством:  $R_{ПЭ} < \sqrt{R^2 - (h_{ПЭ} + \frac{h_{III}}{2})^2}$ , откуда его диаметр  $D_{ПЭ}$

будет рассчитан по формуле:

$$D_{ПЭ} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{(\frac{D_{CK}}{2})^2 - (h_{ПЭ} + \frac{h_{III}}{2})^2} \quad (9)$$

Значение диаметра  $D_{ПЭ}$  ПЭСШ, согласно рисунку 1 б, выбираем равным внешнему диаметру  $D$  поляризатора, то есть  $D_{ПЭ} = D$ .

Диаметр ПЭЦФ должен выбираться из условия  $d < D_{ПЭ} < D$  для кольцевого и  $D_{ПЭ} < D$  для дискового поляризатора соответственно.

Расстояние от звукопровода до поляризатора также зависят от глубина погружения в рабочую жидкость поплавкового элемента, что в свою очередь зависит от формы и размеров последнего, а также материала, из которого он

изготовлен. Объем и масса поплавкового элемента диаметром  $D_{ПЭ}$  и высотой  $h_{ПЭ}$ , указанных на рисунках 2 и 3 определится по формулам (10) — (13) соответственно:

1. для поплавкового элемента цилиндрической формы (ПЭЦФ):

$$V_{ПЭ} = \pi \cdot h_{ПЭ} \cdot \frac{D_{ПЭ}^2}{4} \quad (10); \quad m_{ПЭ} = \pi \cdot \rho_{ПЭ} \cdot h_{ПЭ} \cdot \frac{D_{ПЭ}^2}{4} \quad (11)$$

2. для поплавкового элемента в виде шарового слоя (ПЭШС):

$$V_{ПЭ} = \pi \cdot \left( \frac{(D_{ПЭ} - h_{ПШ})^2 \cdot (2D_{ПЭ} + h_{ПШ})}{24} - \frac{(D_{ПЭ} - 2h_{ПЭ} - h_{ПШ})^2 \cdot (2D_{ПЭ} + 2h_{ПЭ} + h_{ПШ})}{24} \right) \quad (12)$$

$$m_{ПЭ} = \pi \cdot \rho_{ПЭ} \cdot \left( \frac{(D_{ПЭ} - h_{ПШ})^2 \cdot (2D_{ПЭ} + h_{ПШ})}{24} - \frac{(D_{ПЭ} - 2h_{ПЭ} - h_{ПШ})^2 \cdot (2D_{ПЭ} + 2h_{ПЭ} + h_{ПШ})}{24} \right) \quad (13)$$

соответственно, где  $\rho_{ПЭ}$  — плотность поплавкового элемента, являющаяся справочной величиной. В качестве материала для изготовления поплавковых элементов отечественными и зарубежными компаниями, такие, как «Сенсор», «Baluff», ОВЕН, Temposonics и другие используют эбонит, фторопласт, нержавеющие стали и т. д..

Таким образом, объединяя формулы (1—4) и (9—13) определяем условие, при котором дисковый (14) и (16) и кольцевой (15) и (17) поляризаторы будут располагаться над поверхностью рабочей жидкости.

1. для ПЭЦФ:

$$\frac{4 \cdot m_{ПШ} + \pi \cdot h_{ПЭ} \cdot D_{ПЭ}^2 \cdot \rho_{ПЭ}}{\pi \cdot (h_{ПЭ} \cdot D_{ПЭ}^2 + h_{ПШ} \cdot D^2)} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \quad (14)$$

$$\frac{4 \cdot m_{ПШ} + \pi \cdot h_{ПЭ} \cdot D_{ПЭ}^2 \cdot \rho_{ПЭ}}{\pi \cdot (h_{ПЭ} \cdot D_{ПЭ}^2 + h_{ПШ} \cdot (D^2 - d^2))} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \quad (15)$$

2. для ПЭШС:

$$\begin{aligned} & \frac{24m_{\text{пл}} + \pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) -}{\pi \cdot ((D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) - (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2) \times} \rightarrow \\ & \rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}})}{\times (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) + 6 \cdot h_{\text{пл}} \cdot D^2)} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & \frac{24m_{\text{пл}} + \pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) -}{\pi \cdot ((D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) - (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2) \times} \rightarrow \\ & \rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}})}{\times (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) + 6 \cdot h_{\text{пл}} \cdot (D^2 - d^2)} < \frac{\sum_{i=1}^n K_i \cdot \rho_i}{100\%} \end{aligned} \quad (17)$$

Из формул (1—4) и (9—13) следует, что средняя плотность поляризатора и поплавкового элемента будет вычисляться по формулам:

1. для дискового и кольцевого поляризатора с использованием ПЭЦФ соответственно:

$$\langle \rho \rangle = \frac{4 \cdot m_{\text{пл}} + \pi \cdot h_{\text{пэ}} \cdot D_{\text{пэ}}^2 \cdot \rho_{\text{пэ}}}{\pi \cdot (h_{\text{пэ}} \cdot D_{\text{пэ}}^2 + h_{\text{пл}} \cdot D^2)} \quad (18) \quad \text{и} \quad \langle \rho \rangle = \frac{4 \cdot m_{\text{пл}} + \pi \cdot h_{\text{пэ}} \cdot D_{\text{пэ}}^2 \cdot \rho_{\text{пэ}}}{\pi \cdot (h_{\text{пэ}} \cdot D_{\text{пэ}}^2 + h_{\text{пл}} \cdot (D^2 - d^2))} \quad (19)$$

2. для дискового и кольцевого поляризатора с использованием ПЭШС соответственно:

$$\begin{aligned} \langle \rho \rangle &= \frac{24m_{\text{пл}} + \pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) -}{\pi \cdot ((D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) - (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2) \times} \rightarrow \\ & \rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}})}{\times (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) + 6 \cdot h_{\text{пл}} \cdot D^2} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \langle \rho \rangle &= \frac{24m_{\text{пл}} + \pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) -}{\pi \cdot ((D_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) - (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2) \times} \rightarrow \\ & \rightarrow \frac{-\pi \cdot \rho_{\text{пэ}} \cdot (D_{\text{пэ}} - 2h_{\text{пэ}} - h_{\text{пл}})^2 \cdot (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}})}{\times (2D_{\text{пэ}} + 2h_{\text{пэ}} + h_{\text{пл}}) + 6 \cdot h_{\text{пл}} \cdot (D^2 - d^2)} \end{aligned} \quad (21)$$

Расчет глубины погружения  $h_{\text{п}}$  для ПЭЦФ и ПЭШС будет осуществляться по формулам (17) и (18) соответственно:

$$h_{II} = \frac{\rho_{IIЭ}}{\rho_{РЖ}} \cdot \left( h_{IIЭ} + \frac{4 \cdot m_{III}}{\pi \cdot \rho_{IIЭ} \cdot D_{IIЭ}^2} \right) \quad (22)$$

$$h_{II} = \sqrt[3]{\frac{\pi(4 \cdot (h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - 9(h_{III} + 2h_{IIЭ}) \cdot ((h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - D_{IIЭ}^2)) - 72V_{II}}{48\pi} + \sqrt{\frac{-(h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 + (h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - D_{IIЭ}^2}{4}}^3 + \frac{-2\pi(h_{III} + 2h_{IIЭ})^3 + 3\pi(h_{III} + 2h_{IIЭ})((h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - D_{IIЭ}^2) + 24 \cdot V_{II}}{16\pi}}^2} + \sqrt[3]{\frac{\pi(4 \cdot (h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - 9(h_{III} + 2h_{IIЭ}) \cdot ((h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - D_{IIЭ}^2)) - 72V_{II}}{48\pi} - \sqrt{\frac{-(h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 + (h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - D_{IIЭ}^2}{4}}^3 + \frac{-2\pi(h_{III} + 2h_{IIЭ})^3 + 3\pi(h_{III} + 2h_{IIЭ})((h_{III} + 2h_{IIЭ})^2 - D_{IIЭ}^2) + 24 \cdot V_{II}}{16\pi}}^2} + \frac{(h_{III} + 2h_{IIЭ})}{2}} \quad (23)$$

где  $V_{II}$  — объем части поплавкового элемента, погруженной в рабочую жидкость, для ПЭЦФ и ПЭШС определяемые по формулам (24) и (25) соответственно:

$$V_{II} = \frac{\pi \cdot D_{IIЭ}^2 \cdot h_{II}}{4} \quad (24)$$

$$V_{II} = \frac{(\pi \cdot \rho_{IIЭ} \cdot (D_{IIЭ} - h_{III})^2 \cdot (2D_{IIЭ} + h_{III}) - \pi \cdot \rho_{IIЭ} \cdot (D_{IIЭ} - 2h_{IIЭ} - h_{III})^2 \cdot (2D_{IIЭ} + 2h_{IIЭ} + h_{III}) + 24m_{III}) \cdot \langle \rho \rangle}{24\rho_{IIЭ} \cdot \rho_{РЖ}} \quad (25)$$

Выведем формулу для расчета объема рабочей жидкости, необходимой для достижения минимального расстояния между поляризатором и звукопроводом.

Объем рабочей жидкости найдем, вычитая из полученного объема шарового сегмента  $V_C$  объем части поплавкового элемента  $V_{II}$ , погруженного в рабочую жидкость.



$$V_{РЖ} = V_C - V_{II} \quad (26)$$

Объем шарового сегмента  $V_C$  высотой  $h_C$  определится по формуле где  $R$  — радиус сферического корпуса.

$$V_C = \pi \cdot h_C^2 \cdot \left( R - \frac{h_C}{3} \right) \quad (27)$$

Высота  $h_C$ , согласно рисунку 2, определится по формуле:

$$h_C = \left( R - \frac{h_{III}}{2} - h_{IIЭ} + h_{II} \right) \quad (28)$$

Решая совместно уравнения (20—28) получаем формулу для расчета объема рабочей жидкости ПЭЦФ и ПЭШС соответственно:

$$V_{РЖ} = \left( \frac{\pi \cdot ((D_{СК} - h_{III} - 2h_{IIЭ} + 2h_{II})^2 \cdot (2D_{СК} + h_{III} + 2h_{IIЭ} - 2h_{II}) - 6 \cdot D_{IIЭ}^2 \cdot d_{II})}{24} \right) \quad (29)$$

$$\begin{aligned} V_{РЖ} = & \left( \frac{\pi \cdot (D_{СК} - h_{III} - 2h_{IIЭ} + 2h_{II})^2 \cdot (2D_{СК} + h_{III} + 2h_{IIЭ} - 2h_{II})}{24} - \right. \\ & \left. - \frac{(\pi \cdot \rho_{IIЭ} \cdot (D_{IIЭ} - h_{III})^2 \cdot (2D_{IIЭ} + h_{III}))}{24 \rho_{IIЭ} \cdot \rho_{РЖ}} + \right. \\ & \left. + \frac{\pi \cdot \rho_{IIЭ} \cdot (D_{IIЭ} - 2h_{IIЭ} - h_{III})^2 \cdot (2D_{IIЭ} + 2h_{IIЭ} + h_{III}) + 24m_{III}}{24 \rho_{IIЭ} \cdot \rho_{РЖ}} \cdot \langle \rho \rangle \right) \quad (30) \end{aligned}$$

где:  $D_{СК}$  — диаметр сферического корпуса первичного преобразователя.

Исходя из всего написанного ранее, авторами статьи был разработана программа по расчету конструкции первичного преобразователя «Расчет ДМН», экранная форма которого приведена на рисунке 4.

В ней в качестве поплавкового элемента рассматривались ПЭ, изготовленные из пробки и пенопласта марки М35. В качестве рабочей жидкости использовалась смесь, состоящая из 80 % глицерина и 20 % спирта.

**Вариант ДМН с использованием сферического корпуса**

**Входные данные**

Форма ПМ	<input type="text" value="Кольцевой"/>	Внешний диаметр ПМ (Dм), мм	<input type="text" value="110"/>	Рабочая жидкость:	
Материал для ПЭ	<input type="text" value="Вспененный эбонит"/>	Внутренний диаметр ПМ (dм), мм	<input type="text" value="90"/>	Спирт, %	<input type="text" value="20"/>
Режим расчета	<input type="text" value="Ручной"/>	Высота ПМ (hм), мм	<input type="text" value="5"/>	Глицерин, %	<input type="text" value="80"/>
Расположение ПМ	<input type="text" value="на поверхности ПЭ"/>	Толщина стенки ПЭ (d1), мм	<input type="text" value="0,5"/>	Диапазон изменения температуры dT, К	<input type="text" value="40"/>
Марка ЗП	<input type="text" value="42НХТЮ"/>	Толщина корпуса (u), мм	<input type="text" value="2"/>	Амплитуда токового импульса записи ix, мА	<input type="text" value="50"/>
Марка ПМ	<input type="text" value="NdFeB"/>	Диаметр ЗП (dЗП), мм	<input type="text" value="1"/>		

Для ручного расчета: Если ПМ находится на поверхности ПЭ, Отношение Dпэ к Dм

Для автоматического расчета: Введите шаг h, мм

**Выходные данные**

Объем РЖ, л	<input type="text" value="0,186055665420523"/>	Плотность (ПЭ+М), кг/м3	<input type="text" value="881,64573861638"/>	Масса ПМ, г	<input type="text" value="116,238928182822"/>
Диаметр СК с учетом расширения жидкости, мм	<input type="text" value="113"/>	Плотность РЖ, кг/м3	<input type="text" value="1168"/>	Объем ПМ, мм3	<input type="text" value="15707,963267949"/>
Диаметр СК без учета расширения жидкости, мм	<input type="text" value="110,113577727726"/>	Расстояния		Диаметр ПЭ (Dпэ), мм	<input type="text" value="104,5"/>
		hmin, мм	<input type="text" value="2,8864222722738"/>	Высота ПЭ (hпэ), мм	<input type="text" value="18,9"/>
		hmax, мм	<input type="text" value="3"/>	Глубина погружения (hпогр), мм	<input type="text" value="15,648804176638"/>

**Рекомендуемые значения**

Mmin, А/м	<input type="text" value="+"/> +	Mmax, А/м	<input type="text" value="+"/> +	Moptmin, А/м	<input type="text" value="+"/> +	Moptmax, А/м	<input type="text" value="+"/> +
-----------	----------------------------------	-----------	----------------------------------	--------------	----------------------------------	--------------	----------------------------------

**Рисунок 4. Экранная форма программы по расчету первичного преобразователя ДМН**

Результаты расчетов, полученные программно для различных диаметров поляризаторов и сферических корпусов что при выборе сферического корпуса диаметром менее 50 мм расстояние между звукопроводом и поляризатором достигает 5 % от внешнего диаметра, что свидетельствует о необходимости его выбора при расчетах исходя из условия  $D_{СК} > 50$  мм. При увеличении диаметра это значение уменьшается. Также стоит отметить, что значительное увеличение диаметра позволяет уменьшить это отношение, но и способствует увеличению массы как поляризатора, так и ДМН в целом. Как показывают результаты моделирования программы, наиболее приемлемым для моделирования автор видит выбор диаметра сферического корпуса в интервале 90—120 мм, что отображено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

## Входные данные программы «Расчет ДМН»

№ п/п	Входные данные для расчетов						
	Поляризатор				Поплавковый элемент		$\Delta T, K$
	Внешний диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Высота h, мм	Материал	Материал	форма	
1	100	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
2	100	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	сегм. сф.	20
3	100	90	6	SmCo	Пробка	цилиндр	20
4	100	90	6	SmCo	Пробка	сегм. сф.	20
5	100	90	6	Альнико	Пробка	цилиндр	20
6	100	90	6	Альнико	Пробка	сегм. сф.	20
7	100	90	6	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20
8	100	90	6	Nd-Fe-B	П/П М35	сегм. сф.	20
9	100	90	6	SmCo	П/П М35	цилиндр	20
10	100	90	6	SmCo	П/П М35	сегм. сф.	20
11	100	90	6	Альнико	П/П М35	цилиндр	20
12	100	90	6	Альнико	П/П М35	сегм. сф.	20
13	110	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
14	110	90	6	Nd-Fe-B	Пробка	сегм. сф.	20
15	110	90	6	SmCo	Пробка	цилиндр	20
16	110	90	6	SmCo	Пробка	сегм. сф.	20
17	110	90	6	Альнико	Пробка	цилиндр	20
18	110	90	6	Альнико	Пробка	сегм. сф.	20
19	110	90	6	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20
20	110	90	6	Nd-Fe-B	П/П М35	сегм. сф.	20
21	110	90	6	SmCo	П/П М35	цилиндр	20
22	110	90	6	SmCo	П/П М35	сегм. сф.	20
23	110	90	6	Альнико	П/П М35	цилиндр	20
24	110	90	6	Альнико	П/П М35	сегм. сф.	20
25	120	100	6	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
26	120	100	6	Nd-Fe-B	Пробка	сегм. сф.	20
27	120	100	6	SmCo	Пробка	цилиндр	20
28	120	100	6	SmCo	Пробка	сегм. сф.	20
29	120	100	6	Альнико	Пробка	цилиндр	20
30	120	100	6	Альнико	Пробка	сегм. сф.	20
31	120	100	6	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20
32	120	100	6	Nd-Fe-B	П/П М35	сегм. сф.	20
33	120	100	6	SmCo	П/П М35	цилиндр	20
34	120	100	6	SmCo	П/П М35	сегм. сф.	20
35	120	100	6	Альнико	П/П М35	цилиндр	20
36	120	100	6	Альнико	П/П М35	сегм. сф.	20
37	20	18	2	Nd-Fe-B	Пробка	цилиндр	20
38	20	18	2	SmCo	Пробка	цилиндр	20
39	20	18	2	Альнико	Пробка	цилиндр	20
40	20	18	2	Nd-Fe-B	П/П М35	цилиндр	20

Таблица 2.

## Выходные данные программы «Расчет ДМН»

№ п/п	Рассчитанные данные								
	Сфери- ческий корпус	Рабочая жидкость		Поплавковый элемент			Ср. плот- ность ПЭ+ ПЛ	Расстояние от края ПЛ до звукопровода	
		Диаметр	Средняя плотность	Объем,л	Вы- сота, мм	Диа- метр, мм		Глубина погруже- ния, мм	hminмм
1	102	1168	0,1689	11,1	98	9,90	959,41	1,82	2
2	102	1168	0,1393	11,1	100	9,81	936,69	1,82	2
3	102	1168	0,1695	11,1	98	8,14	1037,3	1,82	2
4	102	1168	0,1403	11,1	100	8,08	1032,7	1,82	2
5	102	1168	0,1687	11,1	98	9,49	902,09	1,82	2
6	102	1168	0,1389	11,1	100	9,43	898,28	1,82	2
7	102	1168	0,1678	11,1	98	7,20	738,38	1,82	2
8	102	1168	0,1368	11,1	100	7,16	734,21	1,82	2
9	102	1168	0,1683	11,1	98	8,14	834,98	1,82	2
10	102	1168	0,1376	11,1	100	8,10	830,25	1,82	2
11	102	1168	0,1676	11,1	98	7,36	699,73	1,82	2
12	102	1168	0,1365	11,1	100	7,32	695,79	1,82	2
13	112	1168	0,1549	23,1	99	20,46	935,30	1,84	2
14	112	1168	0,1361	23,1	110	19,24	863,21	1,84	2
15	112	1168	0,1593	23,1	99	22,56	1031,14	1,84	2
16	112	1168	0,1406	23,1	110	21,32	948,97	1,84	2
17	112	1168	0,1532	23,1	99	19,62	896,96	1,84	2
18	112	1168	0,1348	23,1	110	18,84	828,90	1,84	2
19	112	1168	0,1463	23,1	99	16,03	732,76	1,84	2
20	112	1168	0,1278	23,1	110	15,61	658,42	1,84	2
21	112	1168	0,1502	23,1	99	18,12	828,61	1,84	2
22	112	1168	0,1317	23,1	110	17,34	744,18	1,84	2
23	112	1168	0,1448	23,1	99	15,19	694,43	1,84	2
24	112	1168	0,1302	23,1	110	14,68	624,11	1,84	2
25	122	1168	0,1952	25,3	108	29,53	837,12	1,85	2
26	122	1168	0,1784	25,3	108	28,14	773,55	1,85	2
27	122	1168	0,1997	25,3	108	21,69	919,24	1,85	2
28	122	1168	0,1804	25,3	108	19,84	846,78	1,85	2
29	122	1168	0,1934	25,3	108	18,98	804,28	1,85	2
30	122	1168	0,1761	25,3	108	18,02	744,26	1,85	2
31	122	1168	0,1848	25,3	108	14,90	631,52	1,85	2
32	122	1168	0,1692	25,3	108	14,12	565,96	1,85	2
33	122	1168	0,1887	25,3	108	16,84	713,63	1,85	2
34	122	1168	0,1732	25,3	108	16,07	639,18	1,85	2
35	122	1168	0,1833	25,3	108	14,13	598,67	1,85	2
36	122	1168	0,1688	25,3	108	13,24	536,67	1,85	2
37	21	1168	0,0011	3,6	18,8	3,495	1013,00	0,90	1
38	21	1168	0,00098	4,2	18,2	4,199	1052,74	0,90	1
39	21	1168	0,00106	3,6	18,8	3,348	970,31	0,90	1
40	21	1168	0,00103	3,6	18,8	2,805	812,90	0,90	1

## Список литературы:

1. Воронцов А.А., Демин С.Б., Демин Е.С. Магнитострикционный двухкоординатный наклономер. Патент РФ № 2389975. МПК: G01C9/18. Бюл. № 14, 2010. — 10 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНТАКТНОГО НАЖАТИЯ

*Маркин Денис Игоревич*

*студент 4 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза*

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

*Мешкова Оксана Александровна*

*студент 5 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза*

*E-mail: [po4ta1994@mail.ru](mailto:po4ta1994@mail.ru)*

*Ермолаев Николай Александрович*

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент. каф. «Информационные технологии и системы» ПГТА, г. Пенза*

*Карпухин Эдуард Владимирович*

*научный руководитель, доцент каф. «Электроника и электротехника» ПГТА, г. Пенза*

Тепловой режим работы высокочастотных вакуумных выключателей, переключателей и реле (высокочастотные вакуумные приборы коммутации — ВВПК) при пропускании тока высокой частоты зависит от омического сопротивления цепи их замкнутых контактов на высокой частоте, которое определяется геометрическими размерами токопроводников и контактным нажатием. Поэтому обеспечение нормального теплового режима ВВПК, являющегося гарантией надежной и долговечной их работы при эксплуатации, требовало установления взаимосвязи допустимого тока высокой частоты с геометрическими размерами их токопроводников и контактным нажатием. Для этого необходимо знать температуру в зоне контактирования, на поверхности токопроводящих элементов внутренней арматуры и внешней поверхности выводов (оболочки) при установившемся тепловом режиме.

Знание температуры в зоне контактирования позволяет установить достаточность контактного нажатия и определить возможность изменения при этом фазового состояния материала контактов. С последним связано повышение вероятности диффузионного сваривания контактов в вакууме, их саморазмыкание при «взрыве» контактного мостика, интенсификация процессов газо- и паровыделения из контактов и токопроводников. В свою очередь, температура элементов вакуумплотной оболочки определяет термостойкость вакуумплотных швов, ускоряет диффузию газов внутрь вакуумплотной оболочки и старение материалов ее элементов.

Расположение контактов в высоком вакууме и специфика прохождения по ним тока высокой частоты не позволяют измерять температуру непосредственно в контактной зоне и на поверхности их токопроводников. Представление о температуре этих элементов могут дать только аналитические соотношения. Они известны для тепловых расчетов замкнутых контактов на постоянном и переменном токе промышленной частоты [1; 4; 7—11; 17—19]. Однако эти соотношения не учитывают специфику прохождения тока высокой частоты и условия охлаждения контактной зоны и токопроводников в вакууме, а поэтому не могут использоваться для тепловых расчетов ВВПК. В связи с изложенным, возникла проблема получения аналитических соотношений для теплового расчета контактов ВВПК, которая решалась в настоящей работе.

Математическое моделирование взаимосвязи допустимого тока высокой частоты с геометрическими размерами токопроводников ВВПК и контактным нажатием проведено для контактной пары полусфера-плоскость, в котором заданы установившаяся температура высокочастотного токопроводника  $T_{у.пр}$ , его периметр  $\Pi$ , длина  $L$ , удельное электрическое сопротивление  $\rho$ , теплопроводность  $\lambda$ , коэффициент теплоотдачи  $K_0$  [1], магнитная проницаемость  $\mu$  и температурный коэффициент электрического сопротивления  $\alpha$ . Заданы также температура окружающей среды  $T_0$ , пропускаемый ток высокой частоты  $I_f$ , его частота  $f$ .

Для рассматриваемой пары применима одномерная сферическая модель, для которой должно выполняться равенство  $2a_0 = \pi b$  ( $b$  — радиус замещающей сферы [8]). Математической основой модели служат краевые задачи сопряжения [9]. Для нахождения температур нагрева элементов контактной зоны в вакууме составим уравнения теплового баланса [10] и объединим их условиями сопряжения [9]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial t} &= a_1^2 \left( \frac{\partial T_1}{\partial r_1^2} + \frac{2\partial T_1}{r_1 \partial r_1} + \frac{g_1}{r_1^4} \right); \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} &= a_2^2 \left( \frac{\partial T_2}{\partial r_2^2} + \frac{2\partial T_2}{r_2 \partial r_2} + \frac{g_2}{r_2^4} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где:  $t$  — время  $> 0$ ;

$a_1^2 = \lambda_1 / c_1 m_1$  и  $a_2^2 = \lambda_2 / c_2 m_2$  — коэффициенты температуропроводности;

$\lambda_1$  и  $\lambda_2$ ,  $m_1$  и  $m_2$ ,  $c_1$  и  $c_2$  — коэффициенты теплопроводности, удельной массы и удельной теплоемкости материалов контактной группы;

$g_1 = I_{f1}^2 \rho_1 / 4\pi^2 \lambda_2$  и  $g_2 = I_{f2}^2 \rho_2 / 4\pi^2 \lambda_2$  — коэффициенты, характеризующие удельную мощность локальных источников тепла.

Для рассматриваемой системы уравнений в вакууме справедливы начальные и граничные условия идеального теплового контакта [7]:

$$T_1(r_1, 0) = T_2(r_2, 0) \text{ и } \frac{\partial T_1(\infty, t)}{\partial r_1} = \frac{\partial T_2(\infty, t)}{\partial r_2} = 0. \quad (2)$$

В совокупности (1 и 2) приводятся к следующим уравнениям:

$$T_1(b, 0) = T_2(b, 0) \text{ и } \lambda_1 \frac{\partial T_1(b, t)}{\partial r_1} \Big|_{r_1=b} = -\lambda_2 \frac{\partial T_2(b, t)}{\partial r_2} \Big|_{r_2=b} = 0. \quad (3)$$

Решение (3) найдено с помощью интегрального преобразования Лапласа [2, 3, 5, 6, 12—16] в следующем виде:

$$T(0, t) = I_f^2 \frac{\rho_1 \varphi_1(z_1) + \rho_2 \varphi_2(z_2)}{4\pi^2 b^2 (\lambda_1 + \lambda_2)}, \quad (4)$$

где:

$$\varphi_1(z_1) = \int_0^{\infty} \frac{\operatorname{erfc}(\varepsilon/2\sqrt{z_1})}{(1+\varepsilon)^3} d\varepsilon; \quad \sqrt{z_1} = \mu_1\sqrt{t}, \mu_1 = \sqrt{\frac{\lambda_1}{\gamma_1 c_1 b^2}};$$

$$\varphi_2(z_2) = 0 = \int_0^{\infty} \frac{\operatorname{erfc}(\varepsilon/2\sqrt{z_2})}{(1+\varepsilon)^3} d\varepsilon; \quad \sqrt{z_2} = \mu_2\sqrt{t}, \mu_2 = \sqrt{\frac{\lambda_2}{\gamma_2 c_2 b^2}},$$

где:  $\varepsilon = (\alpha + \lambda)$ .

Из (4) при  $t \rightarrow \infty$  (установившийся тепловой режим), получено следующее соотношение для расчета установившейся температуры контактной зоны  $T_{y.kz.}$  при пропускании тока высокой частоты:

$$T_{y.kz.} = I_f^2 \frac{(\rho_1 + \rho_2)}{16\pi^2 a_0^2 (\lambda_1 + \lambda_2)}. \quad (5)$$

Поскольку температура окружающей среды  $T_0$  может отличаться от нуля, а нагрев контактной зоны дополнительно происходит за счет выделяемого тепла в токопроводниках  $T_{y.np.}$ , то общая (максимальная) температура контактной зоны  $T_{m.kz.}$  определяется выражением:

$$T_{m.kz.} = T_{y.kz.} + T_{y.np.} + T_0. \quad (6)$$

При этом изотерма максимальной температуры в контактной зоне, при прохождении через нее тока высокой частоты, будет расположена по окружности радиусом  $a_0$ , ибо плотность тока высокой частоты и потери максимальны на поверхности цилиндра, эквивалентного контактному переходу с радиусом  $a_0$ .

Зависимость температуры нагрева в любой точке токопроводников от выделяемой в зоне контактирования мощности потерь может быть рассчитана по следующему известному выражению [7, 9, 10, 18]:

$$T(x) = T_{y.kz.} \left( 1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{x}{a_0} \right), \quad (7)$$



где  $x$  — текущая координата по направлению вдоль токопроводника или параллельно зоне контактирования.

В случае, когда температура окружающей среды не равна нулю, выражение (7) принимает вид:

$$T(x) = (T_{y.кз} + T_0) \left( 1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arg} \operatorname{tg} \frac{x}{a_0} \right). \quad (8)$$

При одновременном учете температуры нагрева токопроводников пропускаемым через них током высокой частоты выражение (7) преобразуется к виду:

$$T(x) = T_{m.кз} \left( 1 + \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{x}{a_0} \right). \quad (9)$$

Для нахождения максимальной температуры в контактной зоне необходимо знать температуру нагрева токопроводников от величины пропускаемого через них тока высокой частоты. Специфика его прохождения указывает на целесообразность применения в ВВПК тонкостенных токопроводников. Для них допустимо выравнивание температуры по периметру и сечению и связанное с этим усреднение величин внутренних источников тепла ( $g$ ) и коэффициента теплопередачи ( $K$ ). Поэтому нагрев таких токопроводников током высокой частоты может быть сведен к решению двумерной задачи теплопередачи для установившегося теплового процесса [7, 10, 17, 18].

Выделяемое при пропускании тока высокой частоты тепло  $dQ_1$  в единице длины токопроводника  $dx$  за время  $dt$  определяется выражением:

$$dQ_1 = I_f^2 R_f dt \quad (Bm \cdot c), \quad (10)$$

где:  $I_f$  — А (действ. знач.),

$R_f$  — Ом.

На повышение температуры токопроводника на  $dT$  расходуется тепло, определяемое известным соотношением [17]:

$$dQ_2 = cmS_n dT, (Bm \cdot c), \quad (11)$$

где:  $c$  — удельная теплоемкость единицы веса материала токопроводника, Вт •с/град.;

$S_n$  — поперечное его сечение, см<sup>2</sup>;

$m$  — удельный вес материала токопроводника, г/см<sup>3</sup>.

В вакууме отсутствует теплоотдача за счет конвекции, поэтому отвод тепла идет за счет излучения ( $K_{из}$ ) с боковой поверхности  $S_6$  (см<sup>2</sup>) и теплопроводности ( $K_T$ ) вдоль токопроводника:

$$dQ_2 = K_o S_6 (T - T_0) dt, (Bm \cdot c), \quad (12)$$

где:  $T$  и  $T_0$  — температура токопроводника и окружающей среды,

$C$ ;  $K_o = K_{из} + K_T$  — общий коэффициент теплоотдачи, равный для круглого токопроводника  $(8—13) \cdot 10^{-4}$  Вт/см<sup>2</sup> •°С и для прямоугольного —  $(6—9) \cdot 10^{-4}$  Вт/см<sup>2</sup> •°С [16].

С учетом (10—12), уравнение теплового баланса запишется в виде:

$$I_f^2 R_f dt = cmS_n dT + K_o S_6 (T - T_0) dt, \quad (13)$$

которое после преобразования и разделения по переменным преобразуется к следующему виду:

$$dt = \frac{cmS_n}{I_f^2 R_0 - K_o S_6 (T - T_0)} dT, \quad (14)$$

а с учетом температурной зависимости сопротивления токопроводника, уравнение (14) принимает вид:

$$dt = \frac{cmS_n}{\left[ I_f^2 R_0(f) + K_o S_6 T_0 \right] + \left[ I_f^2 R_0(f) \alpha + K_o S_6 \right] T} dT, \quad (15)$$

где:  $R_0(f)$  — активное сопротивление токопроводника на высокой частоте при температуре  $0^\circ\text{C}$ .

После интегрирования (15) по переменной  $t$  от нуля до  $t$ , по переменной  $T$  от  $T_n$  (температура наружной поверхности вывода) до  $T$ , получаем:

$$T = \frac{I_f^2 R_0(f) + K_o S_\delta T_0}{K_o S_\delta - I_f^2 R_0(f) \alpha} (1 - e^{-t/\tau}) + T_n^{-t/\tau}, \quad (16)$$

где:  $\tau = cmS_\pi / (K_o S_\delta - I_f^2 R_0(f) \alpha)$  — постоянная времени нагрева токопроводника до установившейся температуры в секундах. При  $t$ , стремящемся к бесконечности,  $T = T_{y.np}$ , т. е. равна установившейся температуре токопроводника, а поэтому из (16) имеем:

$$T_{y.np} = \frac{I_f^2 R_0(f) + K_o S_\delta T_0}{K_o S_\delta - I_f^2 R_0(f) \alpha}, \quad (17)$$

где:  $\alpha$  — температурный коэффициент сопротивления.

В начальный момент пропускания тока высокой частоты температура наружной поверхности вывода равна температуре окружающей среды, т. е.  $T_n = T_o$ . Учитывая это, после подстановки (17) в (16) имеем:

$$T = T_{y.np} (1 - e^{-t/\tau}) + T_n^{-t/\tau}. \quad (18)$$

Выражение (18) позволяет найти температуру токопроводника, с неизменным по длине сечением, в любой момент времени пропускания тока высокой частоты.

Поскольку в ВВПК токопроводники имеют переменное сечение, необходимо их температуру рассчитывать с учетом повышенного нагрева локального участка с меньшим сечением. Для определения изменения температуры нагрева токопроводника по длине в этом случае составим тепловой баланс для его элемента длиной  $dx$  с сечением  $S_\pi$ , отстоящего

от участка с меньшим сечением на расстоянии  $x$ . Температура нагрева сечений, ограничивающих участок  $dx$ , соответственно равна:  $T + \frac{\partial T}{\partial x} \partial t$ .

Тогда количество тепла, входящего в элемент  $dx$  за время  $dt$ , равно:

$$\partial Q | x | = -\lambda S_n \frac{\partial T}{\partial x} \partial t, \quad (19)$$

а выходящего из него за время  $dt$ :

$$\partial Q | x + dx | = -\lambda S_n \frac{\partial T}{\partial x} \partial t - \lambda S_n \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} dx \partial t. \quad (20)$$

Оставшееся при этом в элементе  $dx$  за время  $dt$  количество тепла будет равно:

$$dQ_1 = \partial Q | x | - \partial Q | x + dx | = \lambda S_n \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} dx \partial t. \quad (21)$$

Оно суммируется с теплом  $dQ_2$ , выделенным в элементе  $dx$  при прохождении по токопроводнику тока высокой частоты:

$$dQ_2 = I_f R_f dx dt. \quad (22)$$

Полученное элементом  $dx$  тепло частично идет на его нагрев:

$$dQ_3 = cm S_n \frac{\partial T}{\partial x} dx dt, \quad (23)$$

а частично отдается им в окружающую среду:

$$dQ_4 = K_o S_o (T - T_0) dx dt, \quad (24)$$

в результате тепловой баланс элемента  $dx$  имеет вид:

$$dQ = dQ_1 + dQ_2 - dQ_3 - dQ_4. \quad (25)$$

После подстановки вместо  $dQ$  их выражений, проведения преобразований и учета зависимости сопротивления от температуры получим следующее

дифференциальное уравнение второго порядка для температуры перегрева  $V$  суженного участка токопроводника:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} - \frac{cm\partial V}{\lambda\partial t} + \frac{I_f^2 R_0(f)}{\lambda S_n} (1 + \alpha V) - \frac{K_o S_\sigma}{\lambda} V = 0. \quad (26)$$

Оно описывает изменение температуры как по длине токопроводника  $x$ , так и по времени пропускания  $t$  тока высокой частоты. Для ВВПК решение уравнения найдем для частного случая, когда требуется определить установившуюся температуру на расстоянии  $x$  от суженного участка. При этом максимальную температуру его примем одинаковой по всей длине. При установившемся режиме  $\partial V/\partial t = 0$ , а поэтому уравнение (26) принимает вид:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{I_f^2 R_0(f)}{\lambda S_n} (1 + \alpha V) - \frac{K_o S_\sigma}{\lambda} V = 0. \quad (27)$$

Частное решение уравнения (27) при  $\partial V/\partial t = 0$  позволяет определить установившуюся температуру перегрева  $V_{y.np}$  однородного токопроводника при отсутствии суженного участка:

$$V_{y.np} = \frac{I_f^2 R_0(f) (1 + \alpha T_{y.np})}{K_o S_\sigma S_n}. \quad (28)$$

С учетом (28), общее решение уравнения (27) имеет вид [6]:

$$V = V_{y.np} + V_c = V_{y.np} + C_1 e^{ax} + C_2 e^{-ax}, \quad (29)$$

где  $V_c$  — температура перегрева суженного участка,  $a = \sqrt{K_o S_\sigma / \lambda}$ . Из граничных условий при  $x=1$  и  $x=0$  находим, что  $C_1 = 0$  и  $C_2 = V_{max} - V_{y.np}$ . После их подстановки выражение (29) принимает вид:

$$V = V_{y.np} + (V_{max} - V_{y.np}) e^{-ax}. \quad (30)$$

По аналогии с выражением для максимальной температуры перегрева суженного участка  $V_{max}$  при пропускании тока промышленной частоты [15]

выражение для  $V_{\max}$  применительно к току высокой частоты, после преобразования, принимает вид:

$$V_{\max} = \frac{I_f^2 R(f) (1 + \alpha T_{y.np}) + 2\lambda a S_n V_{y.np}}{2\lambda a S_n K_o (S_{\delta c} + S_c) - I_f^2 R_o(f) \alpha}, \quad (31)$$

где:  $S_{\delta c}$  — площадь боковой поверхности,

$S_c$  — поперечное сечение суженного участка.

Как правило, при разработке ВВПК задаются номинальные величины пропускаемого тока и напряжения на конкретной частоте рабочего диапазона, а также температура окружающей среды при номинальном токе. Допустимая температура элементов ВВПК зависит от применяемых материалов. Поэтому при расчете она выбирается по наименее теплостойкому материалу. При известности указанных характеристик, полученные выше в данном подразделе формулы для температуры нагрева и распределения ее вдоль токопроводника позволяют установить взаимосвязь тока высокой частоты с геометрическими размерами токопроводника, поэтому выражение (17) преобразуем к виду:

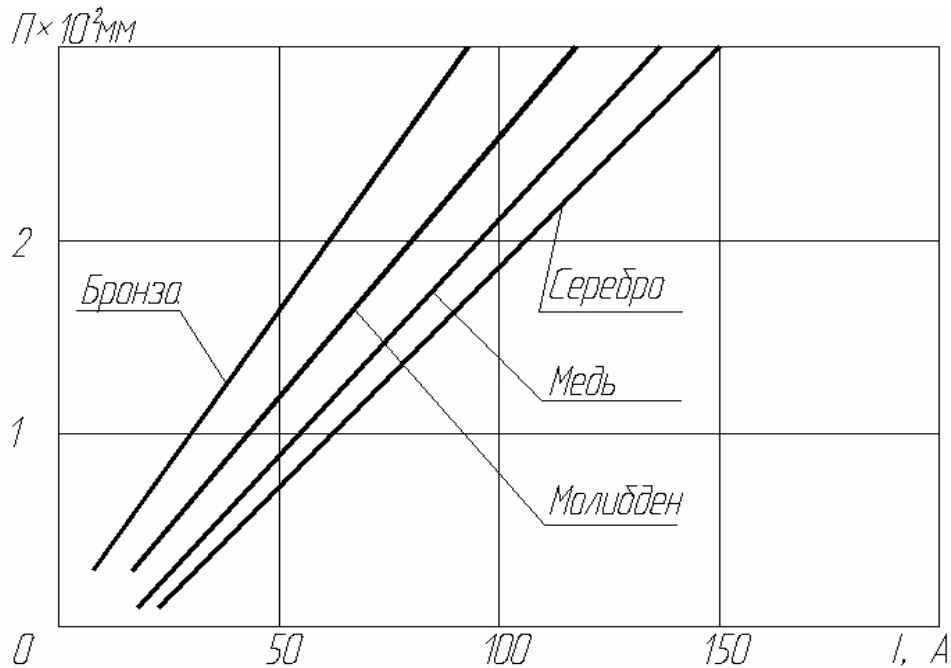
$$I_f^2 R(f) = K_o S_{\delta} \frac{T_{y.np} - T_0}{1 + \alpha T_{y.np}}. \quad (32)$$

После подстановки  $R_o(f) = \rho_0 L / \Pi \delta$  и  $S_{\delta} = \Pi L$  в (32) и решения полученного равенства относительно периметра токопроводника  $\Pi$ , получим следующее выражение для его расчета по заданному току высокой частоты при длине токопроводника 1 см:

$$\Pi = I_f \sqrt{\frac{\rho_0 (1 + \alpha T_{y.np})}{K_o \delta (T_{y.np} - T_0)}}. \quad (33)$$

В соответствии с (33) величина тока определяется периметром токопроводника  $\Pi$ , допустимой его температурой  $T_{y.np}$ , температурой окружающей среды  $T_0$  и коэффициентом теплоотдачи  $K_o$ . Рассчитанные по (33)

зависимости периметра для токопроводников длиной 1 см из меди, серебра, молибдена и бронзы БрБ2, по заданному току частотой 30 МГц при  $T_{y,np}=125\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $T_0=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , приведены на рис. 1.



**Рисунок 1. Зависимость периметра токопроводника длиной 1 см, от тока частотой**

**30 МГц в вакууме при температуре теплорассеивающего элемента  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и нормальном давлении воздуха вокруг ВВПК**

Эти зависимости использованы для выбора диаметра  $D$  круглого, ширины  $h$  и толщины  $t$  плоского токопроводников созданных отечественных ВВПК. Указанные размеры могут быть рассчитаны и по следующим полученным в работе из (33) формулам:

$$D = \frac{I_f}{\pi} \sqrt{\frac{\rho_0(1 + \alpha T_{y,np})}{K_o \delta (T_{y,np} - T_0)}}; \quad (34)$$

$$h = \frac{I_f}{2} \sqrt{\frac{\rho_0(1 + \alpha T_{y,np})}{K_o \delta (T_{y,np} - T_0)}} - t, \text{ (если задана } t) \quad (35)$$

$$t = \frac{I_f}{2} \sqrt{\frac{\rho_0(1 + \alpha T_{y,np})}{K_o \delta (T_{y,np} - T_0)}} - h, \text{ (если задана } h). \quad (36)$$

При задании отношения ширины к толщине  $n = h/t$  формулы для их расчета принимают вид:

$$h = \frac{nI_f}{2(n+1)} \sqrt{\frac{\rho_0(1+\alpha T_{y.np})}{K_o \delta (T_{y.np} - T_0)}}, \quad (37)$$

$$t = \frac{nI_f}{2(n+1)} \sqrt{\frac{\rho_0(1+\alpha T_{y.np})}{K_o \delta (T_{y.np} - T_0)}}, \quad (38)$$

где:  $\rho_0$  — удельное электрическое сопротивление материала токопроводника при температуре 20 °С.

При использовании в ВВПК токопроводников с переменным по длине сечением, под диаметром в формуле (34) понимается приведенный диаметр токопроводника  $D_{np}=(D_{max}+D_{min})/2$ , а под шириной в формулах (35 и 37) — приведенная ширина  $h_{np}=(h_{max}+h_{min})/2$  при неизменной толщине.

Взаимосвязь тока  $I_f$  с длиной находилась для токопроводника с эффективным рабочим сечением на высокой частоте 1 мм<sup>2</sup>. Для этого, по аналогии с изложенным выше, составлялся тепловой баланс для токопроводника неизменного сечения, с учетом выделения тепла не только при прохождении по нему тока высокой частоты, но и тепла, выделяемого на контактном переходе. После решения полученного дифференциального уравнения второго порядка [4, 6, 7, 9, 11, 19] для установившейся температуры токопроводника, логарифмирования и преобразования полученного выражения относительно тока, в данной работе получено следующее выражение:

$$I_f = \frac{\gamma \sqrt{\frac{\gamma(T_{y.np} - T_0)}{\pi \mu f K_o (1 + \alpha T_{y.np})}}}{L^2} \left[ \ln \frac{T_{y.np} - T_0}{T_{кз} - T_{y.np}} \right]^{4/3}. \quad (39)$$

Из (39) следует, что на высоких частотах токопроводник должен иметь минимальную длину и выполняться из немагнитного металла с высокой рабочей температурой и высокими электро- и теплопроводностью.



Рассчитанные по (39) зависимости длины токопроводников с эффективным рабочим сечением  $1 \text{ мм}^2$  по заданному току частотой 30 МГц для меди, серебра, молибдена и бронзы БрБ2 (рис. 2) использованы при разработке конструкций созданных отечественных ВВПК.

Для расчета активного сопротивления и индуктивности замкнутых контактов на высокой частоте также необходимо знать взаимосвязь тока с контактным нажатием при упругой  $F_{к.у}$  и пластической  $F_{к.п}$  деформации. С этой целью преобразуем известное выражение для допустимого тока через контактный переход  $I_{ко}$  [8] относительно радиуса зоны контактирования  $a_0$ :

$$\alpha_0 = \frac{I_{ко}}{4} \sqrt{\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2\gamma_1\gamma_2(\lambda_1 + \lambda_2)T_{кз}}}. \quad (40)$$

В случае упругой деформации одного из элементов контактной пары полусфера-плоскость ( $R_a = \infty$ ), из (40) и формулы Герца [8] получим следующее выражение для расчета контактного нажатия ( $F_{ку}$ ) ВВПК:

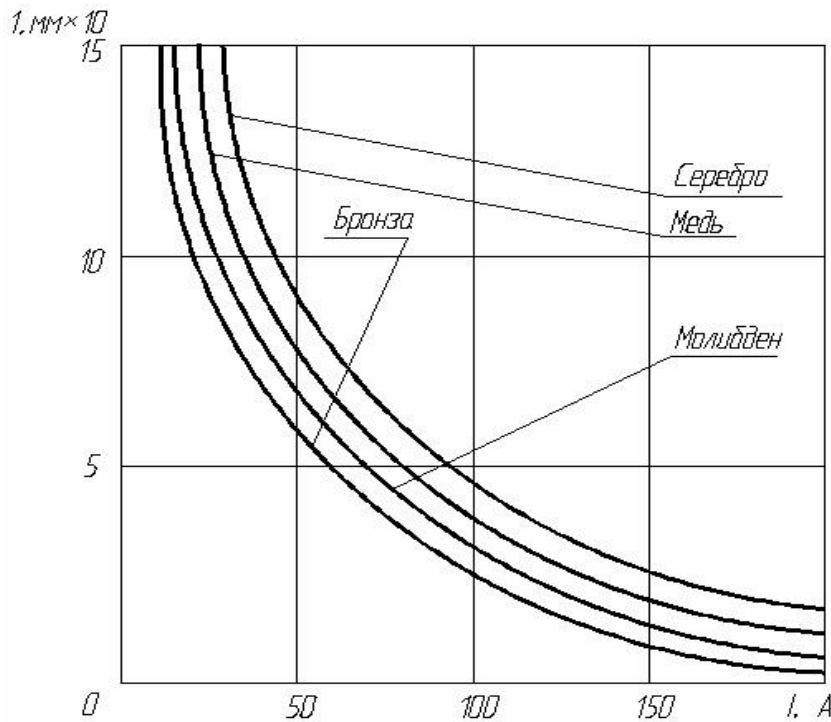
$$F_{ку} = \frac{4E_1E_2}{3R[E_2(1-\sigma_1^2) + E_1(1-\sigma_2^2)]} \left[ \frac{I_{ко}(\gamma_1 + \gamma_2)}{32\gamma_1\gamma_2(\lambda_1 + \lambda_2)T_{кз}} \right]^{3/2} \delta, \quad (41)$$

а для пластической деформации  $F_{кп}$  из (40) и формулы Герца [8] получим:

$$F_{кп} = \frac{\pi \cdot HB \cdot I_{ко}^2 \cdot (\gamma_1 + \gamma_2)}{32\gamma_1\gamma_2(\lambda_1 + \lambda_2)T_{кз}}, \quad (42)$$

где:  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ ,  $E_1$  и  $E_2$  — пределы прочности на смятие и модули упругости материалов контактов;

HB — твердость по Бринеллю у контакта из более мягкого металла.



**Рисунок 2. Зависимость допустимой длины токопроводника с эффективным рабочим сечением  $1 \text{ мм}^2$  на частоте  $30 \text{ МГц}$  от тока в вакууме при температуре теплорассеивающего элемента  $100^\circ \text{C}$  и нормальном давлении воздуха вокруг ВВПК**

С учетом требования конструктивного запаса по току высокой частоты  $K_T$  в 1,2 раза, устойчивости к механическим нагрузкам  $K_M$  в 1,5 раза, запаса по контактному нажатию из-за износа подвижных сочленяемых поверхностей при длительной коммутации  $K_{и}=1,05$  и электродинамической силы расталкивания контактов  $F_3$  [2], выражения для контактного нажатия получены в данной работе в следующем виде:

- при упругой деформации:

$$F_{ку} = K_u \left\{ \frac{4K_T E_1 E_2}{3R [E_2 (1 - \sigma_1^2) + E_1 (1 - \sigma_2^2)]} \left[ \frac{I_{ко} (\gamma_1 + \gamma_2)}{32 \gamma_1 \gamma_2 (\lambda_1 + \lambda_2) T_{кз}} \right]^{3/2} + K_M mg \right\} + F_3, \quad (43)$$

- при пластической деформации:

$$F_{ку} = K_u \left[ \frac{K_T \pi H_\delta I_{ко}^2 (\gamma_1 + \gamma_2)}{32 \gamma_1 \gamma_2 (\lambda_1 + \lambda_2) T_{кз}} + K_y mg \right] + F_3, \quad (44)$$

- при пластической деформации обоих контактов:

$$F_{кy} = K_u \left[ \frac{K_T \pi H_{\delta} I_{кз}^2 (\gamma_1 + \gamma_2)}{64 \gamma_1 \gamma_2 (\lambda_1 + \lambda_2) T_{к0}} + K_y mg \right] + F_{\text{э}}, \quad (45)$$

где:  $H_{B1}$  и  $H_{B2}$  — твердость по Бринеллю материалов контактов;

$g$  — ускорение силы тяжести;

$m$  — масса подвижных элементов узла подвижного контакта и подвижных элементов электромагнита;

$R$  — радиус сферы контакта.

Поскольку на частотах до граничной частоты  $f_0$  в токопрохождении участвует все сечение а-пятна, то для расчета электродинамической силы расталкивания контактов при пропускании через них тока высокой частоты можно воспользоваться известным соотношением [2] в следующем преобразованном для диапазона высоких частот виде:

$$F_{\text{э}} = \sqrt{2} I r_f^2 \ln \left( \frac{R}{a_0} \right) 10^{-7}. \quad (46)$$

Для контактной группы на переключение необходимо учитывать уменьшение контактного нажатия между замкнутыми контактами от электродинамической силы притяжения  $F_{\text{эн}}$  между вторым неподвижным и подвижным контактами. Для расположенных в вакууме ( $\varepsilon=1$ ) электродов она рассчитывается по следующему известному выражению [19]:

$$F_{\text{эн}} = \frac{1}{8\pi} \left( \frac{U}{h} \right)^2 S^2, \quad (47)$$

где:  $U$  — рабочее напряжение (ампл.знач.);

$h$  — длина межконтактного зазора;

$S$  — площадь поверхностей, между которыми возникает  $F_{\text{эн}}$ .

Из (43—45) следует, что для повышения пропускаемого тока высокой частоты необходимо повышать контактное нажатие. Применимость этих выражений для расчета контактного нажатия созданных ВВПК подтверждена

многократными результатами их испытаний на пропускание заданного тока высокой частоты и воздействие механических нагрузок.

### **Заключение**

Полученные аналитические соотношения позволяют на этапе проектирования ВВПК по заданному току высокой частоты и рабочему напряжению рассчитать требуемые размеры токопроводящих элементов и контактного нажатия и оценить термический режим работы контактной группы ВВПК при пропускании заданного тока высокой частоты. Применимость соотношений подтверждена многократными испытаниями созданных отечественных ВВПК на пропускание заданного тока высокой частоты и устойчивость к воздействию механических нагрузок, а также при длительной их эксплуатации в радиопередающей аппаратуре различного назначения.

### **Список литературы:**

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики. М.: Наука, 1984. — 383 с.
2. Бочкарев В.С. Особенности работы высокочастотных вакуумных выключателей и переключателей в высокочастотных цепях// Электронная техника. Сер.5. Радиодетали и радиокомпоненты. — 1985. — Вып. 4 (61). С. 39—42.
3. Брон О.Б. Электрические аппараты с водяным охлаждением. М.: Энергия, 1967. — 325 с.
4. Бугров Я.С., Никольский В.И. Высшая математика. Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции одного переменного. М.: Наука, 1981. — 448 с.
5. Дульнев Г.Н., Тарновский Н.Н. Тепловые режимы электронной аппаратуры. Л.: Энергия, 1971. — 246 с.
6. Залесский А.М., Кукеков Г.А. Тепловые расчеты электрических аппаратов. М.: Энергия, 1967. — 379 с.
7. Зарубин В.С. Инженерные методы решения задач теплопроводности. М: Энергоатомиздат, 1983. — 328 с.
8. Исакова А.В. Определение температуры перегрева контактных пар из разных металлов/ Электрические контакты: Науч.-техн. сб. М.: Энергия, 1967.С. 92—96.
9. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям /Пер. с англ./ М.: Наука, 1979. — 536 с.

10. Ким Е.И., Омельченко В.Т., Харин С.Н. Математические модели тепловых процессов в электрических контактах. лма-Ата: Наука, 1977. — 236 с.
11. Корн Г., Корн Н. Справочник по математике / Пер. с англ./ М.: Наука, 1974. — 831 с.
12. Краус А.Д. Охлаждение электронного оборудования /Пер. с англ./ Л.: Энергия, 1971. — 247 с.
13. Кузовлев В.А. Техническая термодинамика и основы теплопередачи. М.: Высшая школа, 1975. — 303 с.
14. Кукеков Г.А. Проектирование выключателей переменного тока высокого напряжения. М.: Госэнергоиздат, 1961. — 256 с.
15. Новиков Ю.Н. Теория и расчет электрических аппаратов. Л.: Энергия, 1970. — 328 с.
16. Соболев С.Н. Расчет и конструирование низковольтной электрической аппаратуры. М.: Высшая школа, 1972. — 256 с.
17. Хольм Р. Электрические контакты/ Пер. с нем./ М.: ИЛ, 1961. — 464 с.
18. Цой П.П. Методы расчета задач тепломассопереноса. М.: Энергоатомиздат, 1984. — 416 с.
19. Шилов Г.Е. Математический анализ. Функции одного переменного. Ч. 1, 2. М.: Наука, 1969. — 546 с.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖЭЛЕКТРОДНЫХ ЕМКОСТЕЙ ВВПК

**Шувалова Ирина Владимировна**  
студент 4 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза  
E-mail: [irinashuvalova@me.com](mailto:irinashuvalova@me.com)

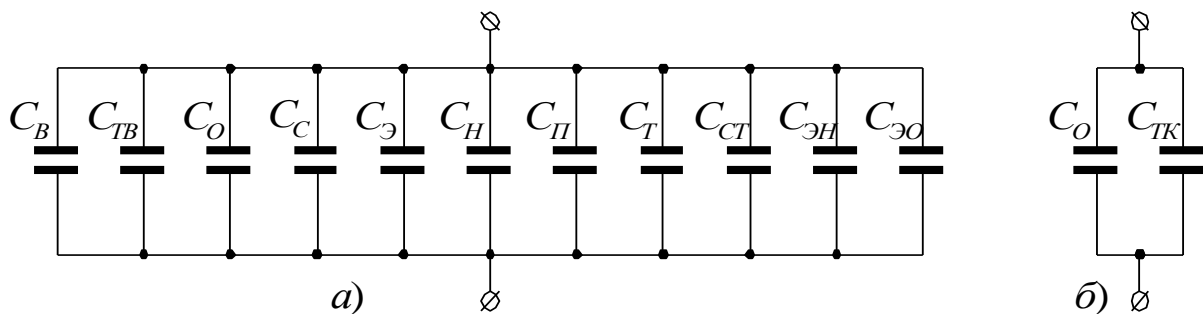
**Кожевникова Вероника Дмитриевна**  
студент 3 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза  
E-mail: [veronikakojev@mail.ru](mailto:veronikakojev@mail.ru)

**Ермолаев Николай Александрович**  
научный руководитель, канд. тех. наук, доцент. каф. «Информационные  
технологии и системы» ПГТА, г. Пенза

**Карпухин Эдуард Владимирович**  
научный руководитель, доцент каф. «Электроника и электротехника» ПГТА,  
г. Пенза

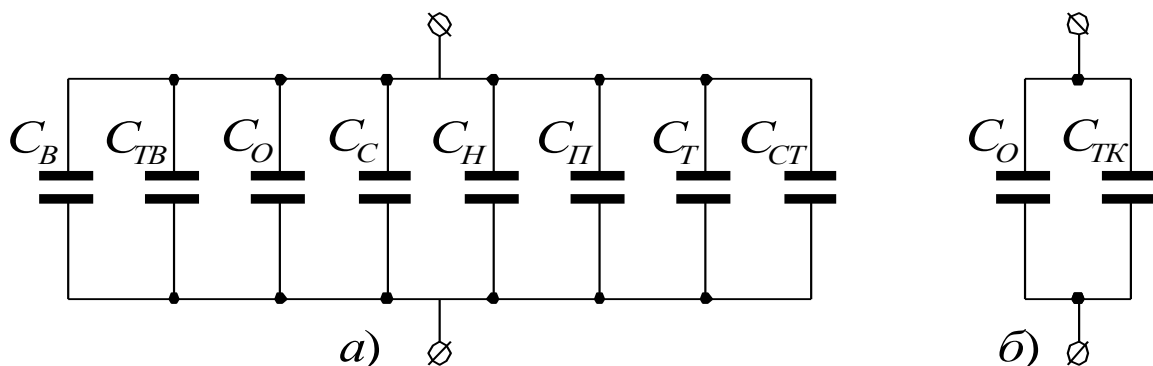
Важными параметрами высокочастотных вакуумных выключателей, переключателей и реле (высокочастотные вакуумные приборы коммутации — ВВПК) являются межэлектродные емкости: межконтактная  $C_{\text{мк}}$  (емкость между разомкнутыми контактами), замкнутых контактов  $C_{\text{зк}}$  (емкость замкнутых контактов относительно корпуса электромагнита — «земли») и свободного контакта  $C_{\text{св}}$  (емкость свободного контакта относительно корпуса электромагнита). Обусловлено это тем, что они определяют мощность потерь энергии высокой частоты через ВВПК за счет емкостных токов при их работе с разомкнутыми и замкнутыми контактами, что в итоге снижает мощность сигнала, передаваемого в антенну от радиопередающего устройства. Кроме того, в совокупности с индуктивностью токопроводящих элементов ВВПК они определяют и их собственную резонансную частоту, а следовательно, и максимальную рабочую частоту. Отмеченное вызывает необходимость расчета емкости непосредственно на этапе проектирования ВВПК для уточнения, при необходимости, либо их конструктивного исполнения, либо рассчитанных или выбранных размеров основных элементов и изоляционных промежутков.

В основу моделирования межэлектродных емкостей ВВПК положен принцип составления эквивалентных электрических схем распределения частичных емкостей при замкнутом и разомкнутом положении контактов ВВПК, предложенный в [1]. При этом несколько соединенных вместе проводников рассматривались как один проводник, а не имеющих между собой электрического соединения — как система многих проводников, определенным образом расположенных в пространстве относительно друг друга. Составленные с учетом этого эквивалентные электрические схемы распределения частичных емкостей, применительно к различным конструкциям ВВПК [2—13], представлены на рис. 1—8.

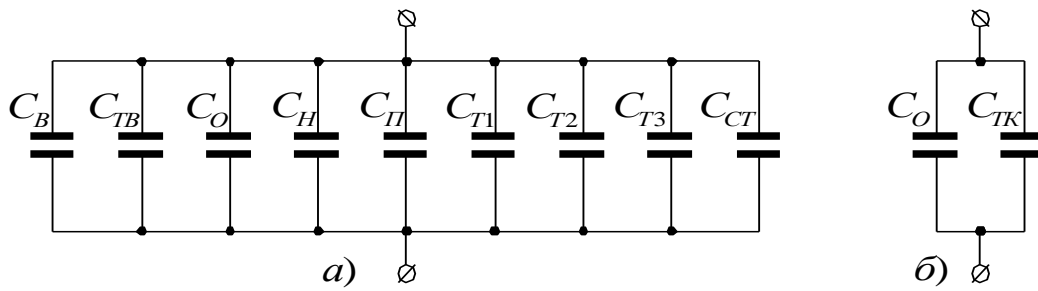


**Рисунок 1. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей вакуумного выключателя типа В7В-1 [2].**

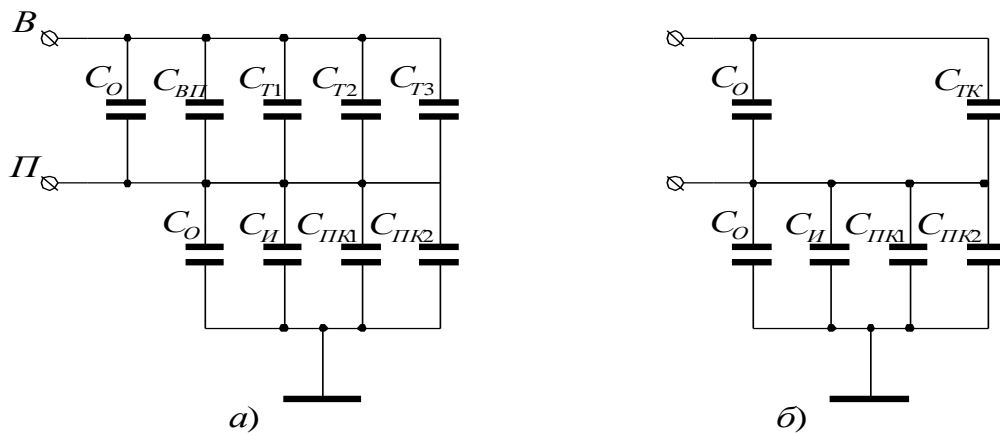
$C_{ЭН}$  — емкость между экраном и неподвижным контактом,  $C_{ЭО}$  — емкость между экраном и основанием неподвижного контакта



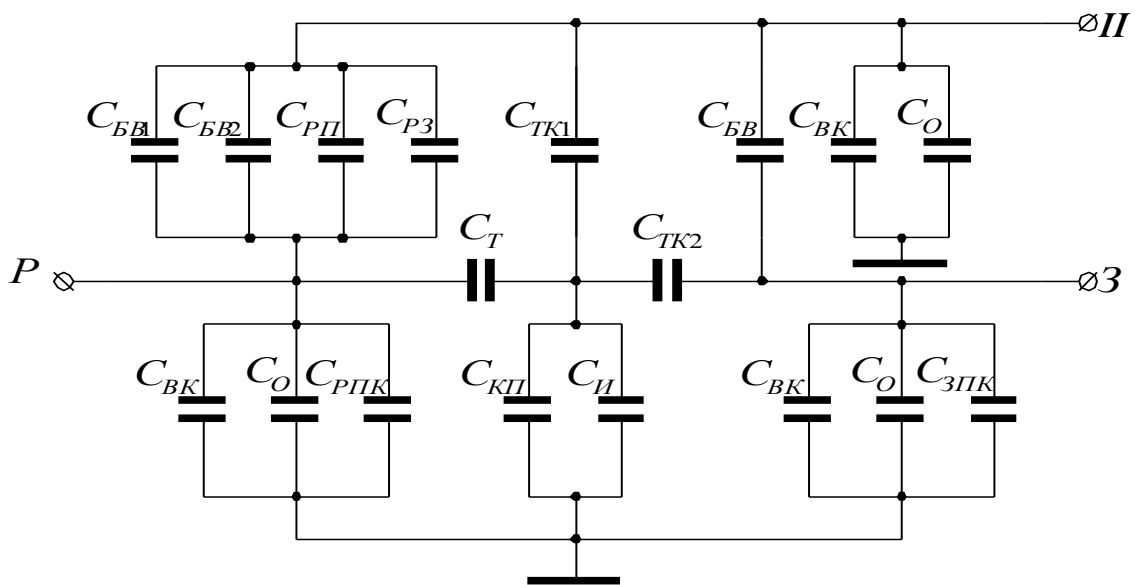
**Рисунок 2. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей вакуумного выключателя типа В9В-1 [3]**



**Рисунок 3. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей вакуумного выключателя типа В15В-1 [4]**

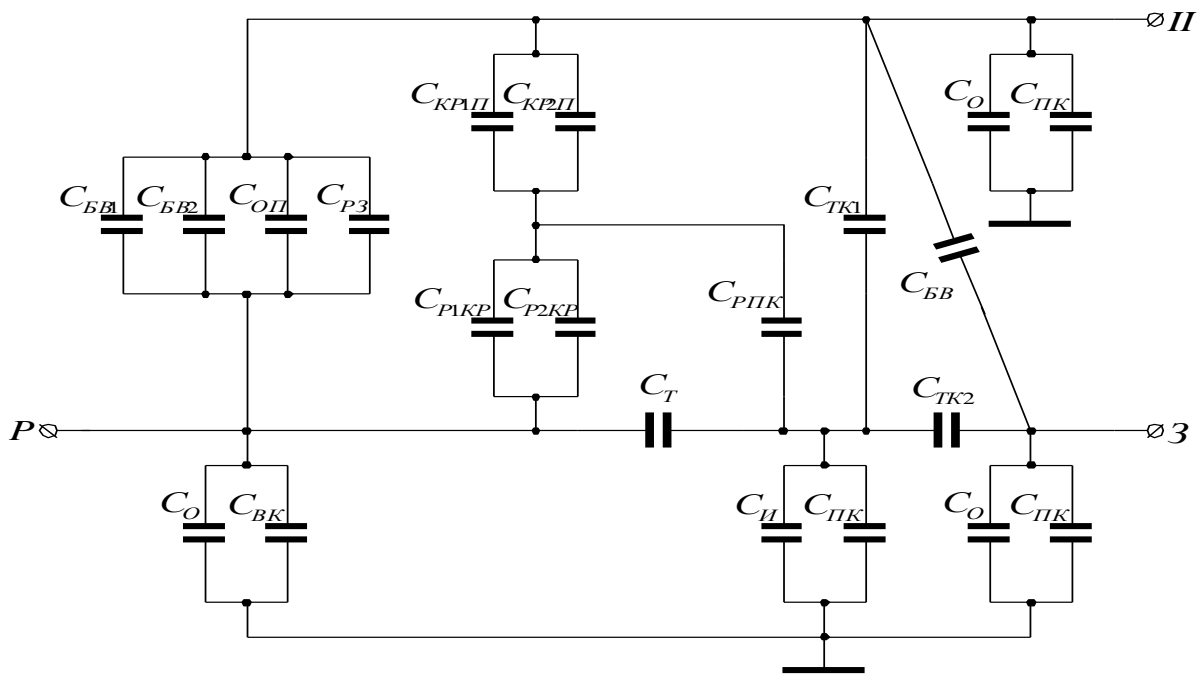


**Рисунок 4. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей вакуумных выключателей типа В1Д-1 (В1В-1), В2Д-1, В1А-1 и др. [5—7]**

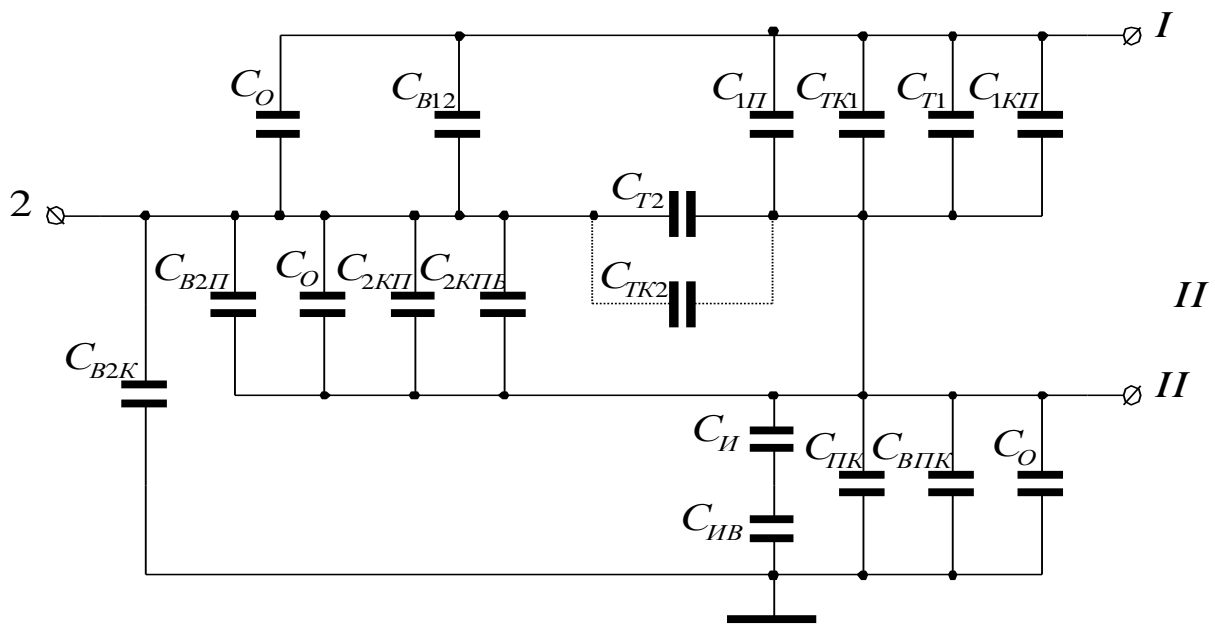


**Рисунок 5. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей ВП типа П1Д-1 и П1Д-3 [8, 9]**

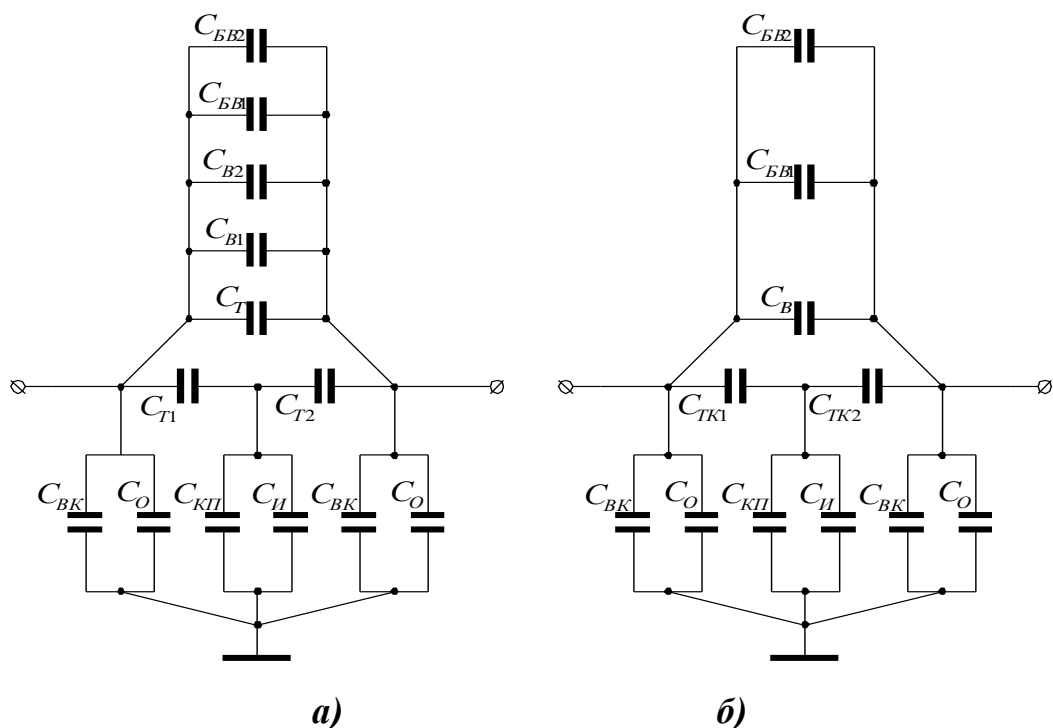




**Рисунок 6. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей вакуумных переключателей типа П1В-1, П2Д-2 и др. [10]**



**Рисунок 7. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей вакуумного переключателя типа П1Д-2, П2Д-2, П4Д-1 [10—13] (подвижный контакт замкнут на вывод 1, пунктиром — на вывод 2 [11—13])**  $C_{В}$  — емкость между выводами 1 и 2 вне керамики,  $C_{КПБ}$  — емкость между выводом 1, 2 и контактной пластиной,  $C_{ПК}$ ,  $C_{ВПК}$  — емкость переключающего контакта вне и внутри оболочки относительно корпуса,  $C_{ИВ}$  — емкость изолирующей втулки



**Рисунок 8. Эквивалентная схема распределения частичных емкостей ВВ типа В1Д-2 и др.  $C_{BK}$  — емкость вывод-корпус,  $C_{КП}$  — емкость пластина контактная — корпус,  $C_{И}$  — емкость изолятора,  $C_{БВ}$  — боковая емкость между выводами**

Общими для всех схем обозначениями частичных емкостей являются:  $C_{В}$  — емкость выводов по их длине;  $C_{ТВ}$  — торцевая емкость выводов (фланцев), свободных от диэлектрика оболочки;  $C_{О}$  — емкость диэлектрической оболочки;  $C_{С}$  — емкость между свободными частями оснований;  $C_{Н}$  — емкость неподвижного контакта по длине;  $C_{Т}$  — торцевая емкость контактов;  $C_{СТ}$  — емкость между внутренними поверхностями контактов;  $C_{ТК}$  — торцевая емкость замкнутых контактов;  $h$  — расстояние между соответствующими элементами ВВПК; а) — контакты разомкнуты, б) — контакты замкнуты. Расшифровка обозначений остальных частичных емкостей, присущих конкретной конструкции ВВПК, приведены непосредственно на каждой из приведенных рис. 1—8 схем. Аналогично составляются эквивалентные электрические схемы распределения частичных емкостей и для других конструктивных исполнений ВВПК. При этом точность расчета межэлектродных емкостей зависит от полного учета частичных емкостей при составлении эквивалентной электрической схемы их распределения.

Межэлектродные емкости ВВПК моделировались путем решения составленной эквивалентной электрической схемы методом контурных токов, с применением метода конформных преобразований для приведения элементов сложного профиля к одному из простых профилей, формулы для расчета которых даны в [14].

Полученные в результате моделирования схем формулы для расчета межэлектродных емкостей ВВПК различного конструктивного исполнения имеют следующий вид:

- мощные вакуумные выключатели без привода (рис. 1—3) с коаксиальным расположением цилиндрических (трубчатых) токопроводников и диэлектрической оболочки (В7В-1, В9В-1, В15В-1)]:

$$C_{i\dot{e}} = \sum_{i=1}^m \tilde{N}_i, \quad C_{зк} = C_o + C_{тк}; \quad (1)$$

- вакуумные выключатели со встроенным электромагнитом (рис. 4) и расположением выводов по боковой поверхности диэлектрика оболочки (В1В-1, В2В-1, В1А-1 и др.):

$$C_{мк} = C_m + 2(C_{\epsilon} + C_{\dot{o}\epsilon} + C_{\epsilonк} + C_o) + C_{\epsilon},$$

$$C_{зк} = 2(C_{\text{в}} + C_o) + C_{\epsilon}, \quad (2)$$

где:  $C_{\epsilon} = \frac{C_{т1}(C_{т2} + C_{кп} + C_{и})}{C_{т1} + C_{т2} + C_{кп} + C_{и}}, C_{\text{св}} = C_{\text{в}} + C_o + \frac{C_{т1}(C_{кп} + C_{и})}{C_{т1} + C_{кп} + C_{и}};$

- вакуумные переключатели (рис. 5) со встроенным электромагнитом и расположением выводов на боковой или торцовой поверхности диэлектрических оболочек (П1Д-1, П1Д-3, П1В-1, П2Д-1 и др.):

$$C_{мк} = C_{т} + \frac{C_{\epsilon1}C_{\epsilon2}}{C_{\epsilon1} + C_{\epsilon2}}, \quad (3)$$

$$\text{где: } C_{\varepsilon 1} = 2C_{\text{сб}} + C_{\text{рп}} + C_{\text{рз}}, \quad C_{\varepsilon 2} = \frac{C_{\text{р1кр}} + C_{\text{р2кр}})(C_{\text{кр1п}} + C_{\text{кр2п}} + C_{\text{пкр}})}{C_{\text{р1кр}} + C_{\text{р2кр}} + C_{\text{кр1п}} + C_{\text{кр2п}} + C_{\text{пкр}}},$$

$$C_{\text{эк}} = C_o + \frac{(C_{\text{вк}} + C_{\varepsilon 1})C_{\varepsilon 2}}{C_{\text{вк}} + C_{\varepsilon 1} + C_{\varepsilon 2}} + \frac{(C_m + C_{\text{мк1}} + C_{\text{мк2}})C_{\text{эк3}}}{C_m + C_{\text{мк1}} + C_{\text{мк2}} + C_{\text{эк3}}},$$

$$C_{\text{эк3}} = \frac{(C_{\text{р1кр}} + C_{\text{р2кр}})(C_{\text{кр1п}} + C_{\text{кр2п}})}{C_{\text{р1кр}} + C_{\text{р2кр}} + C_{\text{кр1п}} + C_{\text{кр2п}}}, \quad C_{\text{св}} = 2C_{\text{обв}} + C_{\text{рп}} + C_{\text{т}} + C_{\varepsilon 4},$$

$$\text{где: } C_{\varepsilon 4} = \frac{(C_{\text{вк}} + C_o + C_{\text{рпк}})(C_{\text{кп}} + C_{\text{и}} + 2C_{\text{вк}} + 2C_o + C_{\text{зкп}})}{C_{\text{рпк}} + C_{\text{кп}} + 3C_{\text{вк}} + 3C_o + C_{\text{зкп}}},$$

• ВВПК на включение и переключение стержневого типа со встроенным электромагнитом (В1Д-2, В2Д-3, П1Д-2 П4Д-1 и др.):

$$C_{\text{мк}} = \frac{(C_o + C_{\text{вп}} + C_{\text{т1}} + C_{\text{т2}} + C_{\text{т3}})(C_o + C_{\text{и}} + C_{\text{пк1}} + C_{\text{пк2}})}{2C_o + C_{\text{и}} + C_{\text{пк1}} + C_{\text{пк2}} + C_{\text{тк}}}, \quad (4)$$

$$C_{\text{зк}} = 2C_o + C_{\text{и}} + C_{\text{пк1}} + C_{\text{пк2}} + C_{\text{тк}}.$$

Индексы в обозначениях частичных емкостей означают наименование соответствующих элементов ВВПК. Частичные емкости в выражениях (1—4) рассчитываются по известным формулам, приведенным в [14, 15], в следующем преобразованном для расчета частичных емкостей ВВПК виде:

$$C_{\text{в}} = \frac{4\pi^2 R}{\ln(32 \frac{R}{L}) - \frac{1}{64} (\frac{L}{R})^2 [\ln(32 \frac{R}{L}) - 2]}, \quad (5)$$

где:  $R$  и  $L$  — радиус и длина цилиндрического трубчатого вывода (контакта), причем погрешность расчета при  $L/R < 2$  составляет не более  $\pm 3\%$  [14]:

$$C_{\text{мв}} = 0,08864 \pi \varepsilon (D_{\text{в}}^2 - D_o^2) / 4h, \quad (6)$$

где:  $D_{\text{в}}$  и  $D_o$  — внешние диаметры выводы (фланца) и диэлектрика оболочки;

$$C_o = 0,08864 \pi \varepsilon (D_o^2 - d_o^2) / 4h, \quad (7)$$

где:  $d_o$  — внутренний диаметр изоляционной оболочки;

$$C_c = 0,08864 \pi \varepsilon (d_o^2 - D_k^2) / 4h, \quad (8)$$

где:  $D_k$  — внешний диаметр цилиндрического контакта (токопроводника);

$C_3$  — рассчитывается по формуле (5), где  $R$  и  $L$ , соответственно, радиус и длина цилиндрического (трубчатого) экрана;

$C_{п}$ ,  $C_{и}$  — рассчитываются по формуле (5), где  $R$  и  $L$ , соответственно, радиус и длина цилиндрических контактов;

$$C_r = 0,8854 \varepsilon \pi [(D_k + 0,5d_k)^2] / 4h, \quad (9)$$

где:  $d_k$  — внутренний диаметр контактирующих торцами контактов.

В случае конструктивного исполнения выключателя по [4],  $C_r$  определяется суммой частичных емкостей:

$$C_r = C_{r1} + C_{r2} + C_{r3}, \quad (10)$$

где:  $C_{m1} = 0,241h / \lg \frac{d_n}{d_n}$ ,  $C_{m2} = 0,884 \frac{[(D_n + D_n)^2 - (d_n - d_n)^2]}{8(h_1 + h_2)}$ ,

$$C_{m3} = 0,884 \frac{\pi}{4h} [(d_n + 0,5h)^2 - d_{н.вн}^2 - \frac{4}{\pi} (\pi d_n - 12d_n)(d_n - d_{н.вн})],$$

где:  $D_n$  и  $D_n$ ;  $d_n$  и  $d_n$  — диаметры наружные (н) и внутренние неподвижного и подвижного контактов;

$d_{н.вн}$  — внутренний диаметр токосъемника,

$h_1$  и  $h_2$  — длина перекрытия в кольцевом зазоре и между торцами неподвижного и подвижного контактов.

При замкнутом положении контактов торцовая емкость контактов ВВПК определяется, в основном, величиной сближения их контактирующих поверхностей в местах отсутствия металлического контакта. При этом величина максимального сближения контактирующих поверхностей зависит от физических свойств материала контактов, шероховатости контактирующих поверхностей и величины контактного нажатия. С учетом этого, формула [15]

для торцевой емкости замкнутых контактов  $C_{тк}$ , применительно к контактной группе ВВПК «полусфера-плоскость», принимает вид:

$$C_{тк} = \frac{11,64\varepsilon_0 \sqrt{RF_k} (1-k)^2}{E \sqrt{A_M^3}} \left[ 1 + \frac{(H_M - A_M)^2}{A_M^2} + 2 \ln \left( \frac{0,5 \sqrt{A_M} + \sqrt{H_M - A_M}}{\sqrt{A_M (H_M - A_M)}} \right) \right], \quad (11)$$

где:  $A_M$  — наибольшее внедрение, мм;

$R$  — приведенный радиус микронеровностей, мм;

$H_M$  — максимальная высота микровыступов, мм;

$E$  — модуль упругости первого рода, кгс/мм<sup>2</sup>;

$$A_M = \left[ \frac{0,75(1-\mu^2)\pi Q_c H_M \sqrt{R}}{K\nu(\nu-1)bE} \right]^{2/(2\nu+1)}, \quad (12)$$

где:  $R = (R_1 - R_2)/2$ ,  $E = (E_1 - E_2)/2$ ,  $H_M = H_{M1} + H_{M2}$ ;  $\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \Phi.M$ ;

$$Q_c = \frac{0,432^3 \sqrt{E^2 F_k}}{\sqrt[3]{\Gamma}} \quad (\text{для пары полусфера-плоскость}),$$

а  $Q_c$  — контактное нажатие на единицу кажущейся поверхности, кгс/мм<sup>2</sup>;

$b$ ,  $R$ ,  $\nu$  и  $\mu$  — основные параметры шероховатых поверхностей, зависящие от вида обработки, приведены табл. 1 [15].

**Таблица 1.**

**Параметры шероховатых поверхностей**

Вид обработки	$R, \text{мкм}$	$H_M, \text{мкм}$	$\nu$	$K$	$B$	$\mu$
Полирование ▽8 – ▽9	300—500	0,35—0,5	3	0,12	5—10	0,3
Шлифование ▽6 – ▽7	150—300	0,3—0,2	3	0,10	4—6	0,3
Точение грубое-	10—200	1—20	2	0,4	1—4	0,3

В случае контактирования цилиндрических контактов по торцевой плоскости, формула для расчета их торцевой емкости получена в следующем виде:

$$C_{тк} = 0,0884 \frac{\varepsilon\pi}{4H_M} \left[ (D_k + 0,5H_M)^2 - d_k^2 - \frac{4}{\pi} S_{эфф.к} \right], \quad (13)$$

где:  $S_{эфф.к} = 4 \pi a_0$ .

При расчете емкостей по формулам (4), расчет входящих в них частичных емкостей проводим по следующим соотношениям [14]:

$$C_r = 0,0884 \varepsilon S/h, \quad C_b = \frac{2\pi L\varepsilon}{\ln\left(\frac{2L}{r}\right) - 1}, \quad (14)$$

$$C_o = 0,0884 \pi \varepsilon r t/h, \quad (15)$$

где:  $t$  — толщина стенки оболочки;

$$C_{об} = 4 \pi \varepsilon L / \ln\left(\frac{2h}{r}\right) - D_1, \quad (16)$$

где:  $D_1 = \ln(1 + \sqrt{4h^2/L^2} + 2h/L + 0,307)$ ;

$$C_{вк} = 2 \pi \varepsilon r L / \ln\left(\frac{2h}{r}\right) - D_1, \quad (17)$$

$$C_r = 0,0884 \varepsilon S/h, \quad (18)$$

$$C_{и} = 0,0884 \pi \varepsilon d_{и}^2 / 4h_b, \quad (19)$$

$$C_{кп} = 0,0884 \varepsilon S_{пл} / h, \quad (20)$$

а частичная емкость  $C_{тк}$  — рассчитывается по формуле (13).

В формулах (2—4) частичные емкости рассчитываются по ниже приведенным соотношениям. Емкость  $C_{об}$ , с учетом керамического корпуса, определяется по соотношению [14]:

$$C_{об} = \frac{4}{3} \pi \varepsilon \left( \frac{L}{\ln \frac{h}{r} \sqrt{3}} + \frac{L_k}{\ln \frac{h_k}{R} \sqrt{3}} \right). \quad (21)$$

Для расположенных под углом двух прямоугольных пластин или пластины контактирующей с полуплоскостью (разомкнутый и замкнутый контакты), емкость определяется по следующему соотношению [14]:

$$C_{рз} = \pi \varepsilon L \left[ \ln \frac{2\sqrt{1+\lambda^2} - 2\lambda \cdot \cos v}{1-\lambda} \right]^{-1}, \quad (22)$$

где:  $v > 90^\circ$ ,  $\lambda > 0,5$ ;  $\lambda = \sqrt{\frac{d}{1+a}}$ ,  $a = t/2$ ,

$d$  — расстояние от концов контактов до точки их пересечения,

$t$  — толщина контактной пластины.

Емкость разомкнутый — переключающий контакт  $C_{pn}$  определяется по следующему соотношению [14]:

$$C_{pn} = 2\pi\epsilon L / \ln(1/k), \quad (23)$$

где:  $0 < k < 1$  — параметр, определяемый системой уравнений [14]:

$$\lambda = V_0(x)(\tau - v/2\pi) / V_0(\tau), \lambda = V_0(x)(\tau - v/2\pi) / V_0(\tau); \quad (24)$$

а  $V_0(x)$  — эта функция,  $\lambda = \sqrt[4]{2d / (2d + \tau)}$ ,  $0 < \tau < 0,5$ .

Остальные частичные емкости определяются по следующим приведенным ниже соотношениям:

$$C_n = 0,08864\epsilon S / h, C_n = 0,08864\pi\epsilon d_n^2 / 4h_n, C_{kn} = 0,08864\epsilon S_{nl} / h. \quad (25)$$

### Заключение

Полученные аналитические соотношения позволяют на этапе проектирования ВВПК рассчитать межэлектродные емкости и произвести необходимые конструктивные изменения для обеспечения заданных значений емкостей. Применимость соотношений подтверждена расчетами при проектировании ВВПК различного конструктивного исполнения.

### Список литературы:

1. Бочкарев В.С. Исследование, разработка основ проектирования и создание серии высоковольтных вакуумных приборов коммутации для СВ, КВ и УКВ диапазонов радиочастот. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Пенза, 1994 г. — 585 с.
2. Бочкарев В.С. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 562014 кл. Н01Н 33/66 на «Вакуумный выключатель высокого напряжения», опубликованное 12.07.77.
3. Бочкарев В.С., Трущенко Э.В., Голова Р.П. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 295152 кл. Н01Н 33/66 на «Вакуумный выключатель», опубликованное 01.04.71.



4. Бочкарев В.С., Трущенко Э.В., Голова Р.П. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 467417 кл. Н01Н 33/66 на «Вакуумный выключатель», опубликованное 23.07.75
5. Бочкарев В.С., Коновалов А.Т. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 305517 кл. Н01Н 33/66 на «Вакуумный выключатель», опубликованное 27.07.71.
6. Бочкарев В.С., Буц В.П., Криштаб Ю.Б. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 748553 кл. Н01Н 33/66 на «Вакуумный выключатель», опубликованное 17.07.80.
7. Бочкарев В.С. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 883997 кл. Н01Н 33/66 на «Вакуумный выключатель высокого напряжения», опубликованное 12.07.77.
8. Бочкарев В.С., Буц В.П., Голова Р.П., Криштаб Ю.Б. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 826443 кл. Н01Н 33/66 на «Высоковольтный вакуумный переключатель», опубликованное 10.05.81.
9. Бочкарев В.С. Описание изобретения к патенту РФ № 1756963 кл. Н01Н 33/66 на «Высоковольтный вакуумный переключатель», опубликованное 11.06.93.
10. Бочкарев В.С. Описание изобретения к патенту РФ № 2064702 кл. Н01Н 33/66 на «Высоковольтный вакуумный переключатель», опубликованное 11.06.93.
11. Бочкарев В.С. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 1146741 кл. Н01Н 33/66 на «Высоковольтный вакуумный переключатель», опубликованное 23.03.85.
12. Бочкарев В.С., Коновалов А.Т., Кулаков М.М., Кузнецов Н.А. Описание изобретения к патенту РФ № 2066891 кл. Н01Н 33/66 на «Высоковольтный вакуумный переключатель», опубликованное 26.09.96.
13. Бочкарев В.С., Коновалов А.Т., Кулаков М.М., Кузнецов Н.А. Описание изобретения к патенту РФ № 2076371 кл. Н01Н 33/66 на «Высоковольтный вакуумный переключатель», опубликованное 27.03.97.
14. Иоссель Ю.Я., Качанов Э.С., Струнский М.П. Расчет электрической емкости. М.: Энергоиздат, 1981. — 288 с.
15. Рене В.Т. Электрические конденсаторы. Л.: Энергия, 1969. — 602 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

**Шувалова Ирина Владимировна**

студент 4 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза

E-mail: [irinashuvalova@me.com](mailto:irinashuvalova@me.com)

**Володин Василий Анатольевич**

студент 4 курса, ФИОТ, ПГТА, г. Пенза

E-mail: [Yahuu92@mail.ru](mailto:Yahuu92@mail.ru)

**Ермолаев Николай Александрович**

научный руководитель, канд. тех. наук, доцент каф. «Информационные технологии и системы» ПГТА, г. Пенза

**Карпухин Эдуард Владимирович**

научный руководитель, доцент каф. «Электроника и электротехника» ПГТА, г. Пенза

Магнитострикционные преобразователи перемещений (МПП) нашли применение во многих отраслях современной промышленности. Работая в составе систем автоматического регулирования, они позволяют решать широкий круг задач и гарантируют высокую точность полученных результатов. Их отличает широкая область возможного применения, низкая себестоимость, простота конструкции, высокое быстродействие и разрешающая способность [1, 2].

Принцип работы МПП основан на возбуждении и считывании акустических сигналов в среде магнитострикционного звукопровода [1, 2].

Известно, что на этот процесс в наибольшей степени оказывают влияние внешние дестабилизирующие факторы среды, такие как температура  $T$  и упругие напряжения  $P_x$  [2]. В связи с этим возникает необходимость учета этих факторов при проведении математического моделирования МПП на УЗВ кручения.

Создание в среде ферромагнетика продольных  $P_n$  или крутильных  $P_k$  напряжений приводит к нарушению исходной доменной структуры

в результате сложных обменных энергетических процессов, зависящих от предыстории состояния материала. Это в свою очередь вызывает изменение магнитной восприимчивости  $\chi$ , магнитной проницаемости  $\mu$ , коэффициента магнитострикции  $\lambda$ , удельного электрического сопротивления  $\rho$ , материала [3].

Установлено, что изменение магнитной восприимчивости  $\chi$  ферромагнитного материала звукопровода МПП под действием растягивающих напряжений  $P_n$  происходит по закону [2]:

$$\chi_{P_n} = \pm [\chi_0 + G_r (1 + k_{P_n})^2], \quad (1)$$

где:  $\chi_0$  — начальная магнитная восприимчивость материала,

$G_r$  — коэффициент энергетических потерь на гистерезис,

$k_{P_n}$  — коэффициент продольного напряжения.

Изменение магнитной восприимчивости  $\chi_{P_n}$  (1) приводит к изменению магнитной проницаемости  $\mu_{P_n}$  и коэффициента магнитострикции  $\lambda_{P_n}$  в соответствии с выражениями [2]:

$$\mu_{P_n} = \mu(1 - k_{P_n}), \quad (2)$$

$$\lambda_{P_n} = \pm \lambda(1 + k_{P_n}). \quad (3)$$

Графики зависимостей (2), (3) для сплава Ю14 приведены на рисунке 1.

Как видно на рисунке 1, с ростом растягивающих напряжений  $P_n$  магнитная проницаемость  $\mu$  уменьшается, а коэффициент магнитострикции  $\lambda$  увеличивается.

Другим фактором, заметно влияющим на параметры магнитострикционного звукопровода МПП, является температура  $T$  окружающей среды. Её воздействие учитывается через коэффициент температурного изменения  $k_T$ , определяемый в соответствии с выражением [2]:

$$k_T = \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{1/n}, \quad (4)$$

где:  $T$  — текущее значение температуры,

$T_c$  — температура фазового перехода второго рода (точка Кюри),

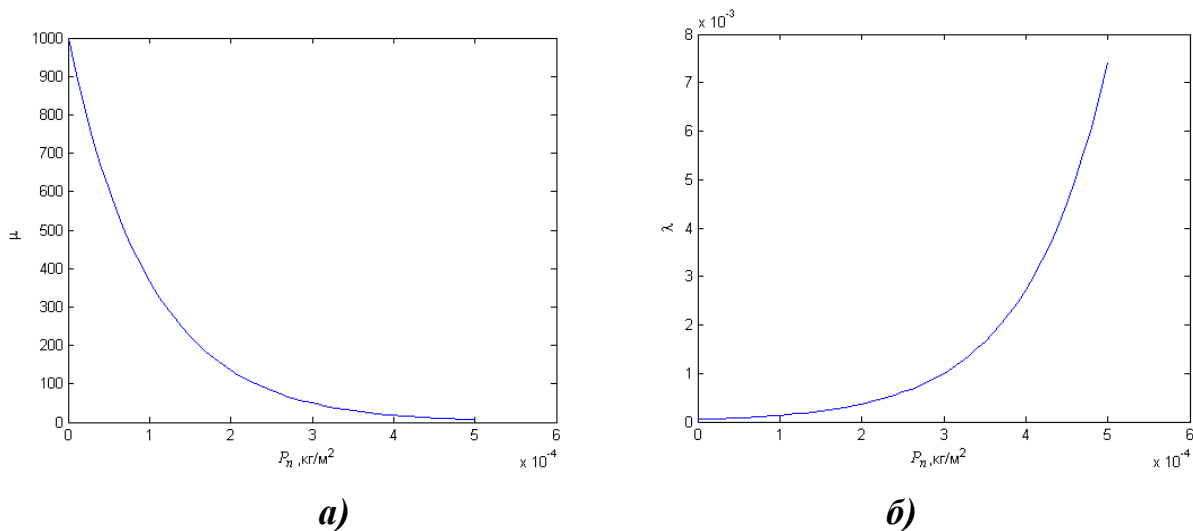
$n = 2, 3, 4$  — показатель влияния температуры на параметр материала.

Исследования показывают, что повышение температуры  $T$ , приводит к изменению коэффициента магнитострикции  $\lambda_T$  по зависимости [2]:

$$\lambda_T = \pm \lambda \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}}, \quad (5)$$

а магнитная проницаемость  $\mu_T$  материала магнитострикционного звукопровода МПП изменяется в соответствии с выражением [2]:

$$\mu_T = \mu \cdot \sqrt[3]{1 - \frac{T}{T_c}}. \quad (6)$$



**Рисунок 1. Влияние растягивающего усилия  $P_n$  на магнитную проницаемость  $\mu$  (а) и коэффициент магнитострикции  $\lambda$  (б) сплава Ю14**

Результаты моделирования (5) и (6) для различных магнитострикционных материалов звукопровода МПП приведены на рисунке 2.

Еще одним фактором, влияющим на коэффициент магнитострикции  $\lambda$  материала магнитострикционного звукопровода МПП, является гистерезис

магнитострикции, возникающий при наличии продольного магнитного поля постоянного магнита в зоне магнитоупругого преобразования. При этом коэффициент магнитострикции  $\lambda$  изменяется в зависимости от напряженности  $H_{o.п}$  продольного поля в соответствии с известным выражением [2]

$$\lambda_H = |\lambda| \left[ \frac{k_c}{H_c} \cdot \frac{(H_{o.п} - H_c)^2}{K_H + (H_{o.п} - H_c)^2} \right], \quad (7)$$

где:  $k_c$  — коэффициент коэрцитивности;

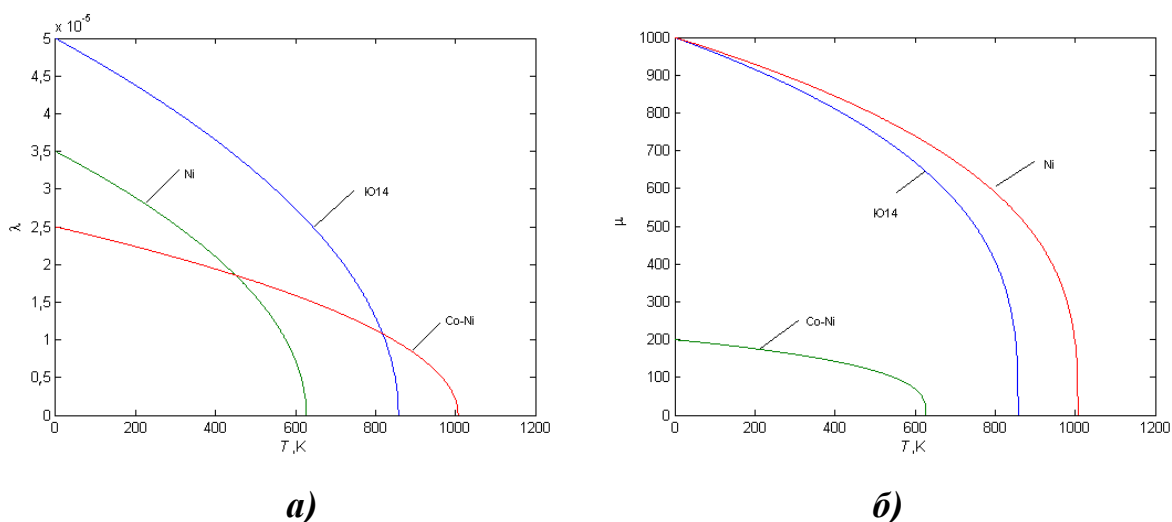
$K_H$  — коэффициент напряженности магнитного поля,

$H_c$  — коэрцитивная сила ферромагнетика.

Для учета совместного влияния рассмотренных дестабилизирующих факторов, воспользовавшись выражениями (2) — (7), окончательно запишем:

$$\mu_{P_n, T} = \mu (1 - k_{P_n})^3 \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}}; \quad (8)$$

$$\lambda_{P_n, T, H} = \lambda_H (1 + k_{P_n}) \sqrt{1 - \frac{T}{T_c}}. \quad (9)$$

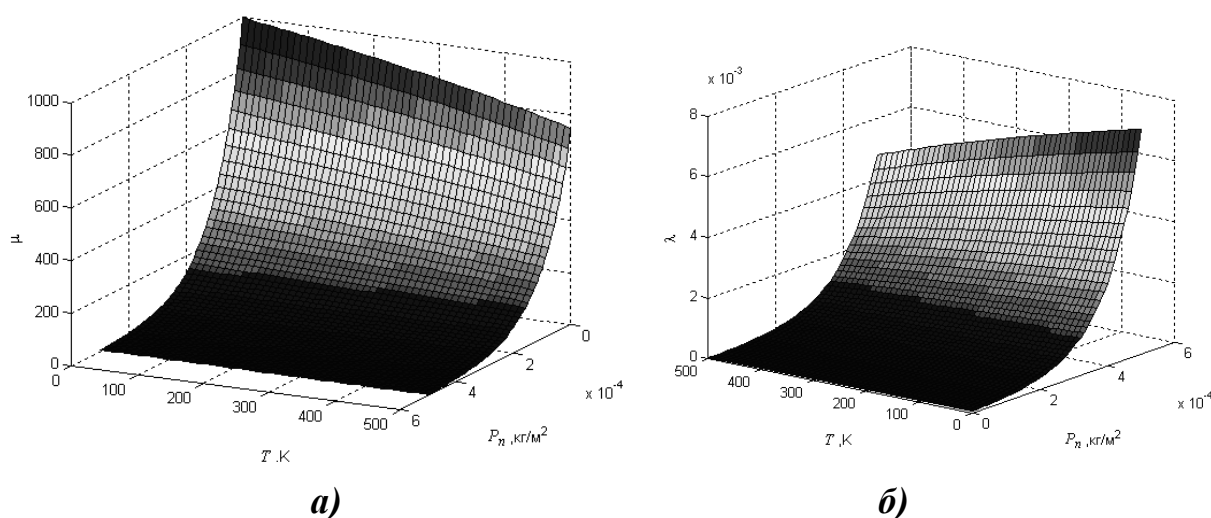


**Рисунок 2. Зависимости коэффициента магнитострикции  $\lambda$  (а) и магнитной проницаемости  $\mu$  (б) от температуры  $T$**

Модели выражений (8), (9) для сплава Ю14 приведены на рисунке 3.

Как было показано в ряде работ [2, 3], влияние отмеченных внешних дестабилизирующих факторов среды на электрические параметры магнитострикционного звукопровода МПП, является незначительным и при моделировании им можно пренебречь.

В результате, под действием геликоидального магнитного поля в среде магнитострикционного звукопровода МПП формируются УЗВ кручения, распространяемые в обе стороны от места прямого магнитострикционного преобразования.



**Рисунок 3. Совместное влияние температуры  $T$  и растягивающих усилий  $P_n$  на магнитную проницаемость  $\mu$  (а) и коэффициент магнитострикции  $\lambda$  (б)**

Таким образом, проведенное моделирование показывает, что изменение температуры  $T$  и наличие растягивающих усилий  $P_n$  в значительной степени влияют на основные характеристики МПП на УЗВ кручения. При этом увеличение упругих напряжений  $P_x$ , можно использовать в качестве температурной компенсации, для поддержания значения коэффициента магнитострикции  $\lambda$  в рабочем диапазоне и тем самым расширить температурный диапазон данного вида преобразователей перемещений.

## Список литературы:

1. Демин С.Б. магнестриктсионные системы для автоматизации технологического оборудования: монография. Пенза: ИИЦ ПГУ, 2002. — 182 с.
2. Карпухин Э.В. моделирование магнитных полей магнестриктсионных преобразователей перемещений / Э.В. Карпухин, С.Б. Демин, А.А. Воронцов, Н.А. Ермолаев // наука и образование — 2011: сб. Статей международной нтк. Мурманск: МГТУ, 2011. — с. 85—91.
3. Надеев А.И. математическая модель прохождения магнестриктсионного импульса по цилиндрическому звукопроводу/А.И. Надеев, А.И. Мащенко, И.П. Мащенко// сборник научных трудов агту. Серия «морская техника и технология». Астрахань: АГТУ, 2000. — с. 150—155.

## СЕКЦИЯ 7.

### ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ХМЕЛЯ ЛИСТЬЯМИ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИВА

***Махнева Екатерина Юрьевна***

*студент 5 курса, кафедра МАХиПП БТИ (филиал) АлтГТУ им. И.И. Ползунова,  
г. Бийск*

*E-mail: [nysha-00@mail.ru](mailto:nysha-00@mail.ru)*

***Павлов Игорь Николаевич***

*научный руководитель, канд. тех. наук, доцент, БТИ (филиал) АлтГТУ им. И.И.  
Ползунова, г. Бийск*

Одной из актуальных тем 21 века является борьба за здоровый образ жизни. Выражение «Человек-это то, что он ест» знает, наверное, каждый. Однако не каждый готов до конца осознать, что в таком случае мы, жители городов, представляем собой говорящие токсины, красители и консерванты. Ведь 80 % от общей массы вредоносных веществ мы получаем из еды, 5 % через воздух и 15 % через напитки и воду.

Третьим по популярности в мире напитком после воды и чая и самым популярным алкогольным напитком в мире является пиво.

Пиво — слабоалкогольный напиток, получаемый спиртовым брожением солодового суслу (чаще всего, на основе ячменя) с помощью пивных дрожжей, с добавлением хмеля [5]. Пиво распространено во множестве стран мира и пользуется популярностью благодаря своим вкусовым качествам и аромату. Существует около тысячи сортов пива. Вкусовые характеристики разных видов могут кардинально отличаться.

Одним из важнейших компонентов пива, оказывающим влияние на формирование специфического вкуса и запаха, является хмель.

В качестве сырья для приготовления пивного суслу хмель стал применяться не сразу. Так древние германцы для придания пиву характерного



вкуса использовали дубовую кору, листья ясеня и даже бычью желчь. Для пивоварения используют женские шишки сорта хмеля обыкновенного.

Большинство историков склонны приписывать основы хмелеводства и хмеля-пивоварения славянским народам [1]. Существует мнение, что именно у славян во время великого переселения народов на территории Римской империи в IV—VII веках был принят обычай подмешивать хмель к напиткам. Известно почти доподлинно, что именно в наших землях стали впервые выращивать хмель как сельскохозяйственную культуру. Было это еще во времена Киевской Руси. Хотя исторические источники уверяют, что и в то время продолжали активно собирать дикий хмель, и доля хмеля культурного составляла не более 10—15 % от вала.

И что интересно: когда образованная Европа еще и не слышала об использовании в пивоварении хмеля, наши предки, наоборот, уже не могли представить себе этот напиток в другом приготовлении. То есть, шли в этом деле в авангарде пивной технологической мысли.

На Запад хмель, как считает большинство историков, попал именно от славян. Первыми в тех местах в пивоварении его стали применять монахи-бенедиктинцы в Южной Германии. Чуть позже технологию переняли монастыри других орденов (францисканцы и августинцы), а затем он попал в светское пивоварение. Происходило это в X—XI вв. С применением хмеля пиво заметно прибавило «прочности» и перестало быть столь скоропортящимся продуктом. Уже в XIII в. стали варить пиво, способное сохраняться несколько месяцев. Назвали его «мартовским».

Хмель обыкновенный — это многолетнее двудомное растение семейства коноплевые, с длинным, шнуровидным, ползучим корневищем. У женских растений соцветия представляют собой плотные шишки, собранные из 20—60 цветков. В нижней части шишек в клетках образуется лупулиновые железы с горькими веществами. Размножается семенами и вегетативно [8].

Хмель распространен почти во всех районах европейской части на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, на дальнем Востоке и в Средней Азии. Растет на влажных и сырых плодородных почвах в черноольховых лесах [2].

Хмель является также лекарственным растением, идущим на приготовление препаратов с успокоительным (седативным), мочегонным и противовоспалительным действием, используется для приготовления так называемого успокоительного чая в смеси с другими растениями.

Семейство коноплевые содержат психоактивные вещества, каннабиноиды. Это химическое вещество, оказывающее дурманящее воздействие, сосредоточено главным образом в клейкой золотистой смоле, которая выделяется из цветков на женских растениях [7].

Также в шишечках хмеля содержится 8-пренилнаргенин — вещество, относящееся к классу фитоэстрагенов (фито — растение, эстроген — женский половой гормон), что придает хмелю эстрогенную активность. Содержание фитоэстрагенов в хмеле достигает значительных величин от 20 до 300 мг на 1 кг растительной массы. В самом готовом продукте-пиве их количество достигает до 36 мг/л. Этого количества достаточно для оказания отчетливого гормонального воздействия на организм человека.

Мужчина, потребляя пиво, в существенной степени замещает в собственном организме мужской гормон на женский. Раньше мужской гормон давал ему активность, волевые качества, стремление к победе, желание лидировать, а теперь мы получаем безвольное, апатичное существо промежуточного рода, способное лишь лежать на диване и тупо смотреть в телевизор. Далее могут появиться раздражительность и стервозность. Фигура такого существа тоже меняется — расширяется таз, жир откладывается по женскому типу — на бедрах. Мышцы живота слабеют, и появляется «пивной живот». По некоторым данным, в запущенных случаях из этих грудей начинает сочиться молозиво. Сердце, вынужденное каждый день перекачивать излишнее количество жидкости, поступающей с пивом, заметно увеличивается

в размерах, его стенки становятся более тонкими и дряблыми, снаружи оно зарастает жиром.

Женский организм работает сложнее и изящнее мужского, в нем каждый месяц гормональный фон существенным образом меняется, и вторжение в этот тонкий механизм введением фитоэстрогенов или других гормональных препаратов грозит серьезными последствиями вплоть до бесплодия. В нормальном состоянии организм женщины сам вырабатывает столько эстрогена, сколько ей в данный момент нужно. Если женщина пьет пиво, то таким образом вводит в свой организм дополнительное количество женского гормона. Все это ставит под вопрос пригодность такой женщины для продолжения рода. Действие хмеля на женщин было давно известно. Так, их старались не использовать для сборки «шишечек» хмеля на плантациях.

В связи с этим и стоит цель изучить возможность замены хмеля подобным по его свойствам продуктом с целью предотвращения пагубного воздействия хмеля на организм.

Задачи:

1. Изучить историю происхождения хвойного пива.
2. Рассмотреть компонентный состав хвои сосны и ели.
3. Произвести сравнительный анализ хвои и хмеля. Отметить полезные свойства хвои для организма человека.
4. Выделить основные аспекты влияния различных факторов на химический состав хвои.
5. Указать применение хвои в различных отраслях промышленности.
6. Объектами исследования являются хвоя сосны, хвоя ели, шишки хмеля обыкновенного.

В истории пивоварения нет точной даты, с момента которой пошла традиция варить пиво из молодой хвои. Изучив историю пивоварения, выяснили, что первый рецепт хвойного пива придумали несколько веков назад жители Северной Европы. Существуют рецепты пива, сохранившиеся с XIX века. Люди в домашних условиях готовили так называемый хвойный

отвар, который они называли пивом, но без добавления хмеля. Но европейцы о хвойном пиве к 21 веку забыли, зато у жителей Канады, США, Австралии оно пользуется весьма неплохой популярностью. Это очевидно, так как в северных широтах сосны и ели растут в изобилии, поэтому именно они впервые предложили заменить хмель хвоей сосны. Но хвойными растениями не только заменяли недостающие компоненты пива, но и не допускали отравления загрязненной водой среди воинов и моряков за счет бактерицидных свойств хвои.

В процессе работы была рассмотрена только хвоя двух пород деревьев, это связано с тем, что, во-первых, исторически было упомянуто, что использовалась именно хвоя, во-вторых, от общей массы дерева хвоя занимает более 60 % [9] (Таблица 1).

**Таблица 1.**

**Механический состав древесной зелени**

Порода	Механический состав древесной зелени, % общей массы	Кора	Древесина
ель	64,90	16,30	18,80
сосна	80,99	10,64	8,35

Хвойные — это крупная, древняя группа голосеменных растений. К хвойным относятся кедр, кипарис, пихта, можжевельник, лиственница, ель, сосна, секвойя, тис и каури. Но так как в истории пивоварения были упомянуты два вида хвойных — это ель и сосна, рассмотрим их в качестве замены хмеля.

Сосна — это типовой род хвойных деревьев семейства сосновые. Существует около 120 видов сосны. Сосны — вечнозеленые, богатые смолой деревья, очень крупные, реже мелкие. Побеги у сосны двух типов: длинные и укороченные. Листья на длинных побегах игольчатые сидят пучками по 2—5 штук [6].

Этот вид сосны широко распространен в Евразии, начиная с Испании и Великобритании и далее на восток до бассейна реки Алдан и среднего течения Амура в Восточной Сибири, образует чистые насаждения и растет вместе

с елью, березой, осиной. Малотребовательна к почвенно-грунтовым условиям. Отличается светолюбием, хорошо возобновляется на лесосеках и пожарищах.

Ель — род древесных растений из семейства хвойных. Около 12 видов вечнозеленых высоких деревьев с красивой пирамидальной вершиной. Листья (хвои) четырехгранные или плоские, острые. Наиболее распространена обыкновенная ель, образующая огромную площадь распространения в северной и средней Европе, Финляндии, Европейской России, затем она переходит Урал и, занимая почти всю Сибирь, распространяется до Алтая и Амура. Молодые верхушки веток собирают в мае, незрелые шишки и смолу — в июне — сентябре [4].

Химический состав ели изучен недостаточно. В хвое дерева обнаружены эфирное масло (до 0,15—0,25 %), витамин С (до 860 мг), каротин, дубильные вещества (до 10 %). В последнее время в хвое ели обыкновенной обнаружены токоферолы (витамин Е) и полипrenoлы – биологически активные вещества.

Лесной фонд в Алтайском крае занимает площадь 4375,1 тыс. гектаров, что составляет 26 % территории региона, в том числе, территория, покрытая лесами — 3635,6 тыс. гектаров. Запасы древесины оцениваются в 527 млн. куб. м, запас спелых и перестойных насаждений составляет 30 % покрытой лесом площади. В то же время запас спелых и перестойных насаждений хвойных пород, представляющих особенный интерес, занимает лишь 11 % лесов. Ежегодная возможность заготовки древесины составляет более 4 млн. куб. м.

Влияние различных факторов на химический состав хвои. Состав биологически активных веществ древесной зелени непостоянен и зависит от многих факторов: географических и метеорологических условий, погоды, возраста растения и массы зелени. Наибольшее количество хлорофилла наблюдается в конце лета начале осени, но в отдельные годы и в зимний период. Желтых пигментов накапливается больше всего к осеннее — зимнему периоду. Уровень аскорбиновой кислоты в зимнее время достигает 5000—6000 мг/кг, а летом снижается до 2500—3000 мг/кг сухого вещества. В хвое молодых побегов содержится 2200—2300 мг/кг. Наибольшая

концентрация витамина Е в летние месяцы (178 мг/кг), зимой не более 40 мг/кг в расчете на сырую массу. в хвое 2—3 летних деревьев наибольшая концентрация витамина Е. Витамин К в хвое больше зимой.

Продолжительность хранения — важный фактор состава хвои. Концентрация витамина С на 3—4 сутки резко снижается. Хранение на морозе предотвращает разрушение витамина С. Хранение хвои под открытым небом в 3,5 зимних месяца не уменьшило содержание С (потеря 3—11 %). Благодаря большому количеству витаминов и доступности их в зимнее время, когда других зеленых кормов не имеется, хвоя может служить прекрасным средством восполнения недостатков рационов биологически активными веществами. Основной компонентный состав хвои ели, сосны и хмеля представлены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Основной компонентный состав хвои сосны, хвои ели и шишек хмеля**

Название вещества	Содержание в хвое сосны	Содержание в хмеле	Содержание в хвое ели
Эфирное масло	до 1 %	0,5—1,2 %	от 0,15 до 0,25
Смола	от 10 до 12 %	15—20 %	от 8 до 10 %
Дубильные вещества	до 5 %	до 3,5 %	до 10 %
Витамины К, Е, С	до 0,3 %	витамины С, В, В1, В3, Е, РР	до 0,35 %
Пряные вещества	от 1,2 до 1,5 %	—	от 0,5 до 1 %
Жиры	до 3 %	до 1,5 %	до 2 %
Крахмал	20 %	до 5 %	до 18 %
Горькие вещества	до 5 %	от 16 до 19 %	до 3,5 %
Белок	—	от 12 до 20 %	—

Особое значение для производства пива имеют такие вещества, как горькие вещества, дубильные вещества, белок, хмелевое масло.

Горькие вещества (хмелевые смолы) обладают очень высокой поверхностной активностью и благодаря этому повышают стойкость пены, эти вещества тормозят развитие в пиве микроорганизмов.

В свою очередь дубильные вещества обладают несколькими важными для пивовара свойствами: способностью связываться с солями железа, образуя

соединения с черноватым оттенком, способностью осаждать белковые вещества. Именно дубильные вещества влияют на образование в пиве помутнений, влияют на его вкус и цвет.

Хмелевое масло (масло эфирное) — это пахучая смесь жидких летучих веществ, выделенных из растительных материалов.

Сопоставив состав хмеля и хвои сосны обыкновенной по основным для пивоварения компонентам, можно сделать вывод:

1. Дубильных веществ в хвое на 1,5 % — 2 % больше, чем в хмеле.
2. Горьких веществ в хмеле в 4 раза больше, чем в хвое.
3. Масло эфирное — приближенно равное процентное содержание (до 1,5 %).

Анализируя процентное содержание, видим, что возможность замены хмеля хвоей сосны существует.

В целом хвоя имеет ряд преимуществ по своим лечебным свойствам. Водный настой, отвар — при профилактике и лечении гипо- и авитаминоза С, а также в виде лечебных ванн. Хлорофилловая паста (наружно) — при ожогах, ранах, некоторых кожных болезнях. В хозяйственных целях из хвои получают ароматное масло, широко используемое в парфюмерной промышленности для изготовления духов, мыла, сосновой воды. Из хвои после отгонки эфирного масла получают грубоволокнистую массу «Иглей» («Сосновая шерсть»), используемую в мебельном производстве как набивочный материал, для изготовления веревок, канатов и др.

Хвойная мука — витаминный концентрат для сельскохозяйственных животных. Настой и отвар хвои, скипидар — в ветеринарии. Хвоя обладает выраженным фитонцидным действием, поэтому в сосновых лесах строят санатории и больницы для больных туберкулезом. Из молодых побегов и шишек получают красную краску. Канифоль идет для изготовления пластырей, а также применяется в мыловаренной, бумажной и лакокрасочной промышленности. Из скипидара готовят душистые вещества (с запахом ландыша, розы, фиалки и т. д.), применяющиеся в парфюмерии. Скипидар используют в лакокрасочной промышленности как растворитель и

при производстве лаков. Уголь сосны — в технике, медицине и др. Настой хвои сосны — инсектицид против яблонной плодовой гнили, крыжовниковой и смородиновой огневки. Янтарь из смолы сосны — материал для изготовления ювелирных изделий. Древесина — один из основных строительных материалов. Из нее изготавливают мачты, бревна, доски, корзинную и кровельную лучину, получают дрова, уголь, стружку, используют в жилищном и гидротехническом строительстве. В ней, в общей сложности, содержится в 6 раз больше витаминов, чем в лимонах и апельсинах.

Однако и от сосны можно ждать неприятностей. Препараты из хвои, почек, шишек сосны противопоказаны при гломерулонефрите. Хвойные препараты, принимаемые в неумеренных дозах, могут вызвать воспаление слизистой желудочно-кишечного тракта, паренхимы почек, а также головную боль, общее недомогание.

В исследуемой работе были выявлены особенности сбора и обработки хвои. Древесная зелень хвойных пород деревьев содержит от 65 % до 75 % хвои, от 15 % до 20 % коры, от 10 % до 15 % древесины.

Заготовка хвои возможна почти во всех областях северной и средней полосы европейской части страны и Сибири. Заготовка хвойной лапки производится на срубленных деревьях в течение всего года путем обламывания побегов с хвоей [3]. Но наиболее полноценными по химическому составу являются побеги, молодой сосны или ели собранные весной, растущие их боковых ветвей длиной от 5 до 8 см.

Выяснилось, чем тоньше побеги, тем больше доля хвои, поэтому наиболее ценными являются побеги диаметром до 0,6 см. Для переработки хвои возможно использовать измельчитель-пневмосортировщик ИПС-1.0.

Подводя итог выше сказанному, можно сделать вывод, что в ходе данной работы были выявлены основные аспекты возможности замены хмеля листьями хвойных пород деревьев, в данном случае сосны и ели, в производстве пива.



## Список литературы

1. Булгаков Н.И. Биохимия солода и пива. М.: Пищевая промышленность, 1996. — 488 с.
2. Кунце В. Технология солода и пива. СПб.: изд. профессия, 2001. — 912 с.
3. Левин Э.Д., Репях С.М. Переработка древесной зелени. М.: Лесная промышленность, 1984. — 248 с.
4. Луганский Н.А. Лесоведение и лесоводство: термины, понятия, определения: учебное пособие / Н.А. Луганский, С.В. Залесов. — Урал. гос. Лес. техн. академия. Екатеринбург, 1997. — 101 с.
5. Мальцев П.М. Технология солода и пива. М.: Пищевая промышленность, 1964. — 857 с.
6. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М, Наука, 1964. — 190 с.
7. Сабурова О. Пиво. Лекарство или яд. 2007. — 160 с.
8. Салатников С.С. Биология и агротехника хмеля. — М.: 1971. — 240 с.
9. Ягодин В.И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени. Изд. Ленинградского университета, Л.: 1981. — 224 с.

## **СЕКЦИЯ 8.**

### **РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА**

#### **ДИММЕР ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ И СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ**

*Полищук Сергей Игоревич*  
*студент 3 курса, кафедра радиоэлектронных средств БГУИР, г. Минск*  
*E-mail: [sergey4ever@mail.ru](mailto:sergey4ever@mail.ru)*

*Позняк Александр Анатольевич*  
*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, доцент БГУИР, г. Минск*

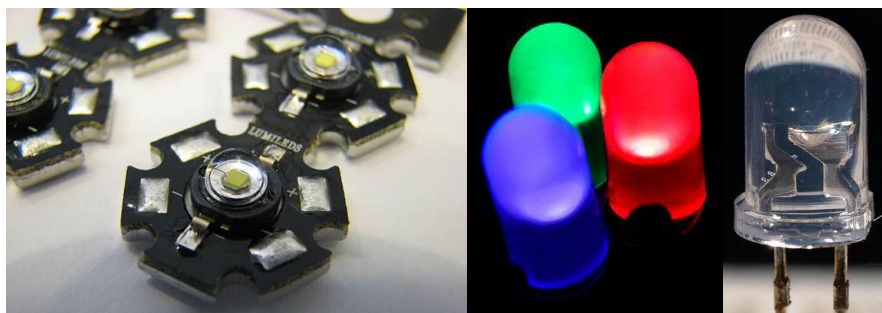
#### **Введение**

Целью данной работы является проектирование и изготовление устройства управления яркостью источников света (диммер), а также программного обеспечения для ее функционирования. В процессе разработки были изучены: принципы регулирования яркости источников света; управление биполярными и полевыми транзисторами методом ШИМ; цифровой протокол передачи данных DMX-512 и шумоподавление при приеме цифровых данных. В результате проведенной работы были изготовлены партии 12-канальных и 9-канальных диммеров, успешно примененных при создании систем освещения и декоративной подсветки в Музее природы Национального парка Республики Беларусь «Беловежская пуща» и в дискотеке г. Бреста «СИТИ».

#### **Современные светодиодные источники**

Со временем человек обустроил свою жизнь так, что для своей жизнедеятельности ему стало не хватать естественных источников света, и он начал задумываться над получением искусственных источников света. Самым первым искусственным источником света был огонь. Открытие электричества привело к активному развитию электрических источников света, таких как лампы накаливания, люминесцентные лампы и прочие. Продолжительное время они занимали прочную позицию среди искусственных источников света.

Прогресс не стоит на месте, и с развитием полупроводниковой промышленности стало динамично развиваться твёрдотельное (светодиодное) освещение (*Solid-State Lighting* — *SSL*) — новая быстро развивающаяся отрасль промышленности, возникшая на стыке полупроводниковой электроники и светотехники. Главные преимущества *SSL* — высокая светоотдача и длительный рабочий ресурс [4], позволяющие в разы снизить затраты на электроэнергию и эксплуатационные расходы для осветительной аппаратуры. На данный момент среди электрических источников света — светодиодные являются самыми надёжными, экономичными, экологичными и безопасными, не содержащими вредных веществ [4, 5, 6].



***Рисунок 1. Различные полупроводниковые светодиоды***

Что касается достоинств светодиодов (рис. 1), то к ним следует причислить сверхдолгий срок службы (до  $10^5$  ч) [7]; низкое энергопотребление; высокую светоотдачу; возможность работы при низких температурах; широкий температурный диапазон эксплуатации; чистоту цвета, то есть возможность получения любого цвета и оттенка излучения светодиодов; высокий уровень безопасности, обеспечиваемый малым тепловыделением светодиодов и низким питающим напряжением, что дает возможность их использования под водой, в условиях с высокими требованиями к взрывозащищенности и других специальных условиях применения; компактные установочные размеры; варьируемая направленность излучения; простота электромонтажа и легкость крепления к любой поверхности, существенно облегчающие и удешевляющие монтаж и ремонт, стойкость к механическим воздействиям; безинерционность;

возможность управления через контроллеры [1], диммеры — устройства регулирования яркости источников света; экологическая и пожарная безопасность, отсутствие побочного. У Фила инфракрасного (ИК) излучения и слабый нагрев [4, 6].

### **Системы управления светодиодами**

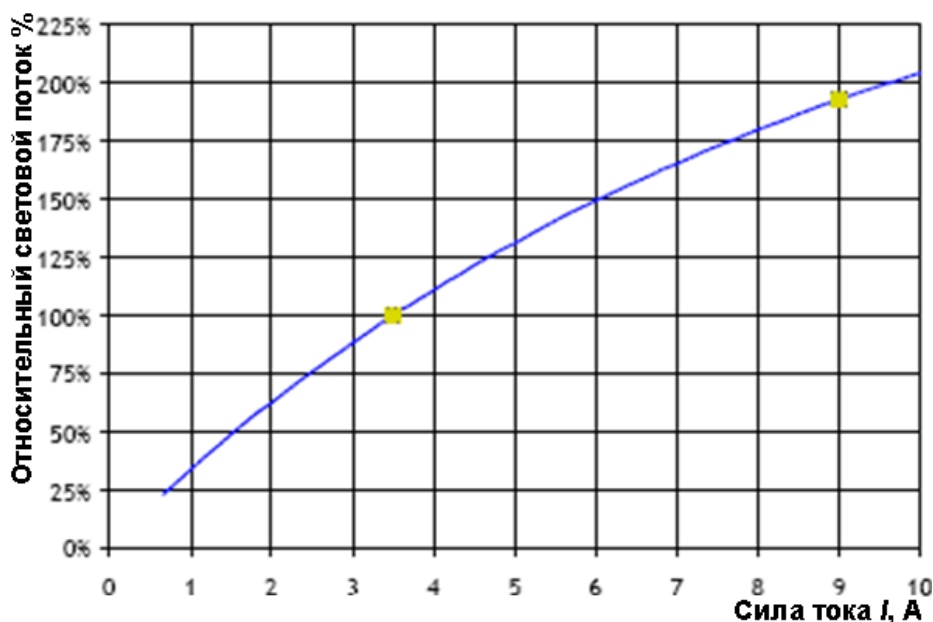
На данный момент существуют различные варианты систем управления: от простого, когда свето-динамические эффекты генерируются программным обеспечением, заложенным в контроллер светодиодного светильника, до самого сложного, когда с помощью специализированного программного обеспечения можно создавать сценарии светодиодной подсветки любой сложности. Системы управления можно разделить на три вида:

- внутренний контроллер светильника;
- система управления на базе модулей и внешних световых пультов;
- система управления на базе персонального компьютера (ПК).

Каждая из систем имеет множество вариантов и подстраивается под конкретный проект. Самая простая (внутренний контроллер светильника) предполагает автономное управление, когда свето-динамический эффект генерируется программным обеспечением, заложенным в контроллер светильника. Эффекты-могут быть различными: переливы цвета, «бегущие огни», диммирование. Более функциональной является система управления на базе модулей и внешних световых пультов. Она состоит из контроллера и пульта дистанционного управления. Управление светодиодными светильниками осуществляется по протоколу *DMX-512*. Эта система позволяет устанавливать предварительно запрограммированные режимы работы, управлять яркостью светильников во всех режимах, варьировать цветовую гамму подсветки, а также скорость смены цветов. Внешние пульты — идеальный вариант управления небольшим количеством светодиодных светильников. Наиболее функциональным вариантом является система управления на базе ПК. Она состоит из ПК, специализированного программного обеспечения, конвертера *USB/RS-485*, сплиттера. Управление

светильниками также осуществляется по протоколу *DMX-512*. Персональный компьютер с установленным на него специализированным программным обеспечением служит источником управляющего сигнала. Для работы вне помещений могут использоваться встраиваемые компьютеры с расширенным температурным диапазоном. Система управления на базе ПК имеет наиболее широкие возможности из всех рассматриваемых систем. Она позволяет:

- применять любые цвето-динамические эффекты для группы, состоящей из одинаковых светильников;
- создавать, сохранять и редактировать сценарии светодиодной подсветки произвольной длительности, состоящие из произвольного количества цвето-динамических эффектов;
- накладывать эффекты друг на друга;
- выбирать цветовую гамму подсветки, её насыщенность, яркость;
- просматривать созданный сценарий светодиодной подсветки в режиме реального времени;
- выбирать светильники, к которым будет применяться созданный видеоэффект.

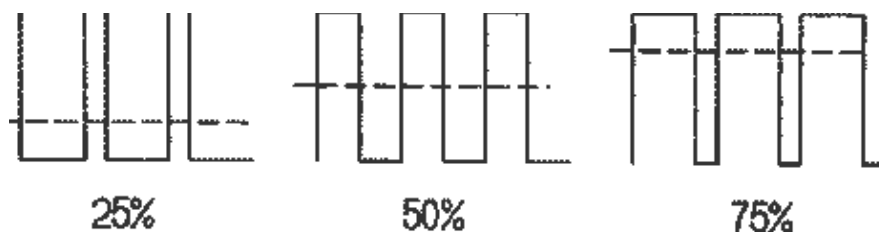


**Рисунок 2. Влияние силы тока на световой поток**

Диммирование — изменение яркости светодиода. Оно реализуется на двух уровнях: непосредственно внутри светильника и с помощью внешних контроллеров. Диммирование внутри светильника может осуществляться аналоговым методом, а также методом широтно-импульсной модуляции (ШИМ). При аналоговом методе для регулировки светового потока просто меняется сила тока. С её увеличением световой поток светодиода увеличивается, но, чем больше сила тока, тем меньше это увеличение [1, 2]. Таким образом, с увеличением силы тока светоотдача светодиода (отношение светового потока к потребляемой мощности) уменьшается (рис. 2). К тому же, увеличение силы тока сказывается на ходе деградации светодиодов по мере наработки, и, соответственно, на общем сроке их службы. Также меняются спектральные характеристики светодиода. Для цветных светодиодов это приводит к цветовому искажению, для белых — к изменению цветовой температуры. По всем перечисленным причинам данный метод можно считать неудобным в использовании. Более эффективен метод широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Суть его заключается в том, что на светодиод подается не постоянный, а импульсно модулированный ток, причем ширина импульсов и пауз между ними может изменяться. Проще говоря, ШИМ — это соотношение времени включенного и выключенного состояния светодиода (рис. 3) при неизменной амплитуде сигнала. Другими словами, ШИМ есть импульсный сигнал постоянной частоты и переменной скважности, то есть отношения периода следования импульса к его длительности. С помощью задания скважности (длительности импульсов) можно менять среднее напряжение на выходе ШИМ, что как раз и иллюстрирует рис. 3. Если переключение происходит на частоте выше 70 Гц, то «мерцание» на таких высоких частотах незаметно для зрительного восприятия человеком. ШИМ возможна благодаря безинерционности светодиодов, именно это качество делает их незаменимыми, когда необходимо высокое быстродействие. Внешняя регулировка яркости возможна за счёт использования того же внешнего ШИМ (в этом случае все светильники будут светить с одинаковой яркостью), либо за счёт использования

протокола *DMX-512*, позволяющего обращаться к каждому светильнику в отдельности и корректировать параметры его работы (в том числе, и яркость).

### DMX-управление

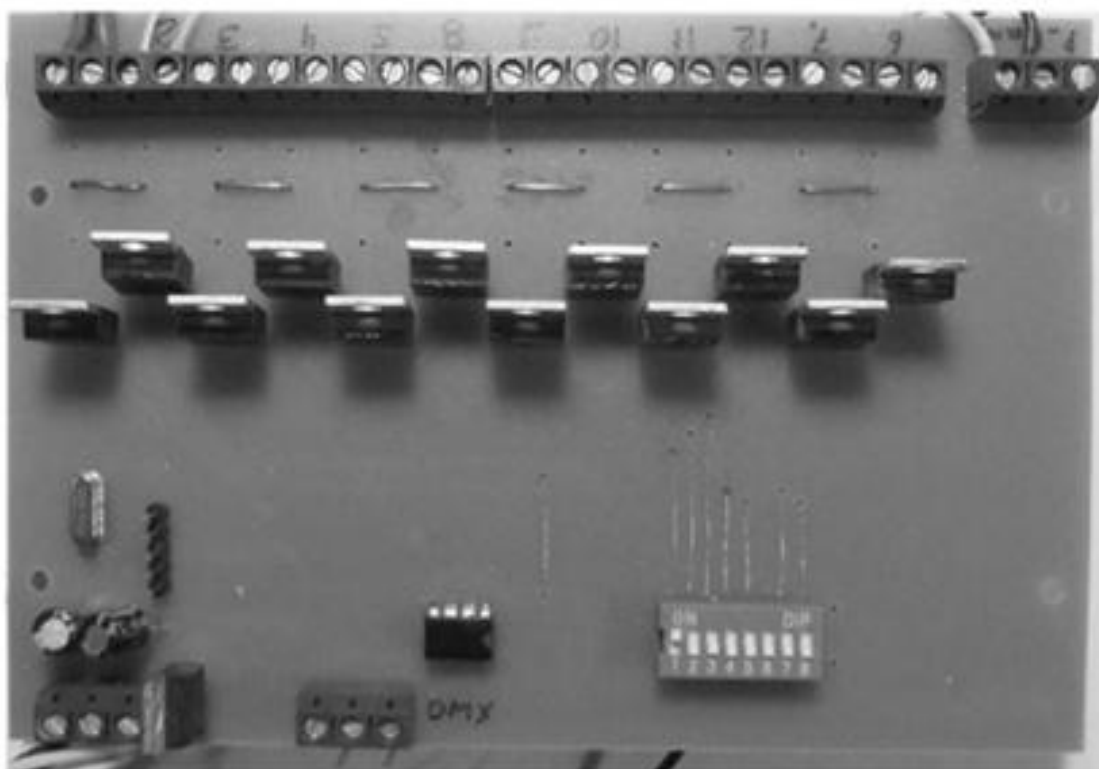


*Рисунок 3. Диаграмма включения по методу ШИМ*

*DMX-512* — стандарт, описывающий метод цифровой передачи данных между контроллерами и световым, а также дополнительным оборудованием. Он описывает электрические характеристики, формат данных, протокол обмена данными и способ подключения. Этот стандарт предназначен для организации взаимодействия между контроллерами и оконечными устройствами, произведенными разными производителями. *DMX-512* — сокращение от английского *Digital Multiplex* с 512 индивидуальными информационными каналами.

*DMX-512* создан на основе стандартного промышленного интерфейса *EIA/TIA-485* (известного как *RS-485*). Для передачи данных используется кабель с двумя проводниками в общем экране с трёх-контактным разъемом *XLR*. На самом дальнем от управляющего устройства конце линии обязательно ставится терминатор. Корректная работа сети *DMX-512* (особенно при использовании длинных кабелей) возможна только в том случае, когда от передающего устройства к принимающему идет одна единственная линия. В линию может быть включено до 32 устройств, расположенных как угодно по всей её длине. Стандарт *DMX-512* позволяет управлять по одной линии связи одновременно 512 каналами (один прибор может использовать иногда несколько десятков каналов). По одному каналу передается один параметр прибора, например: в какой цвет окрасить луч, какой рисунок выбрать и т. п. Каждый прибор имеет определенное

количество управляемых дистанционно параметров и занимает соответствующее количество каналов в пространстве *DMX-512*. Протокол *DMX-512* имеет ряд преимуществ и недостатков, но он получил большое распространение и сейчас де-факто является главным стандартом создания большинства светотехнических систем. Светильники подключаются к шине управления параллельно. Если один из светильников выходит из строя, то остальные будут продолжать работать. При этом неработающий светильник можно снять, заменить его и т. п. Исключение составляет короткое замыкание на линии управления или её обрыв. В этом случае светильники перестают управляться.



*Рисунок 4. Диммер для светодиодов, версия 1*

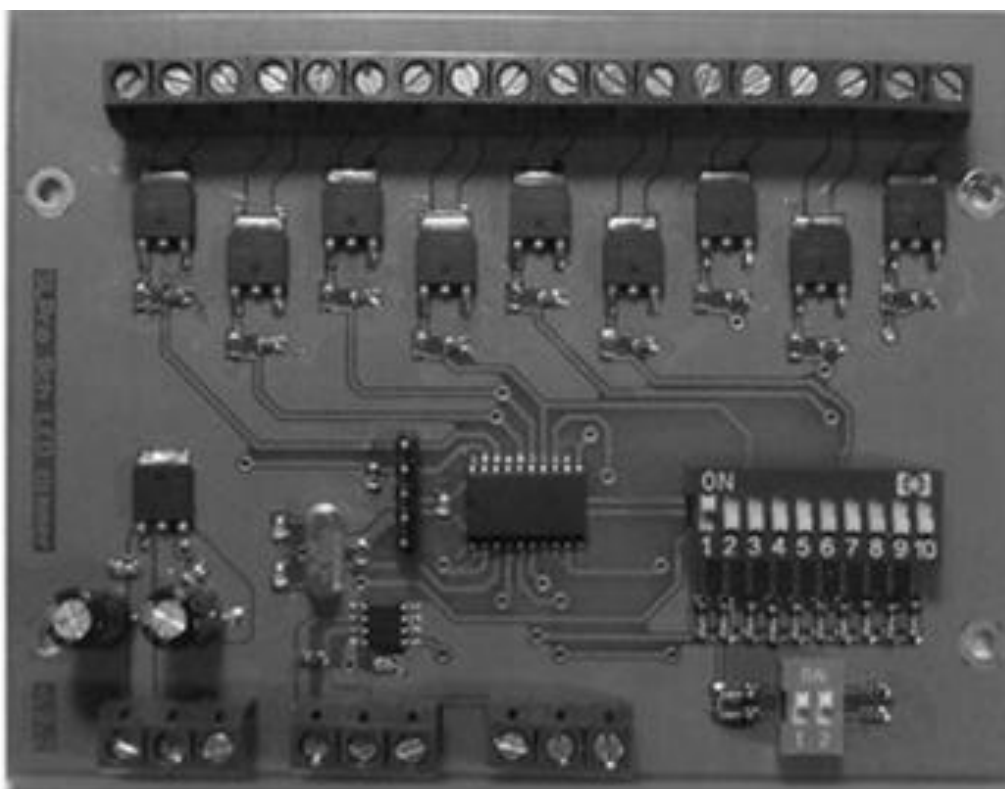
### **Диммер для светодиодов**

Разработанное и изготовленное мной устройство является цифровым диммером, работающим по протоколу *DMX-512*, и на сегодняшний день имеет уже несколько версий. На рис. 4 показана фотография первой версии этого устройства. Основой цифрового диммерного блока является микроконтроллер, преобразующий по определенному алгоритму принимаемую цифровую



информацию в сигналы управления светодиодных источников. Этим микроконтроллером является *PIC16F690* фирмы *Microchip*. Он имеет достаточное количество оперативной памяти, а также достаточную производительность для обработки получаемой информации и установления яркости 12-ти источников света. Алгоритм чтения данных протокола *DMX-512* и регулировка яркости 12-ти каналов осуществляется по написанной мной микропрограмме (микропрограмма (англ. *firmware*) — системное программное обеспечение, встроенное («зашитое») в аппаратное устройство, и хранящееся в его энергонезависимой памяти).

Как уже говорилось ранее, данные *DMX* передаются по двум проводам, с использованием метода симметричной передачи данных. Это такой метод, при котором сигналы в этих проводах синфазные. Данный способ позволяет значительно увеличить помехозащищенность передаваемого сигнала. Современный протокол *RS-485* основывается на этом же принципе передачи. Устройство позволяет использовать два питающего напряжения: одно служит для подключения силовой нагрузки, другое, маломощное, для питания микроконтроллера. Это сделано для случаев, когда питающее напряжение нестабильно и имеет пульсации, что может повлечь сбой контроллера и, как следствие, нестабильную работу устройства. Управление нагрузкой производится с помощью 12-ти мощных полевых транзисторов. Полевые транзисторы работают в ключевом режиме. В открытом состоянии токопроводящий канал имеет сопротивление порядка мОм, это означает, что при номинальной нагрузке тепловыделение на транзисторе будет составлять порядка нескольких мВт. Данное обстоятельство позволяет использовать транзисторы без теплоотводящей пластины. Управление нагрузкой с помощью биполярных транзисторов при низких напряжениях неэффективно.



*Рисунок 5. Диммер для светодиодов, версия 2*

Нагрузкой в данном случае являются светодиодные источники света. Установленные полевые транзисторы в номинальном режиме без радиатора и специальных мер для охлаждения могут работать при токе 7 А. Пиковое значение тока составляет 53 А. Очевидно, что при токе в 7 А на всех 12-ти каналах, суммарная мощность устройства получится 1000 Вт с входным током 84 А. Изготовление печатных плат для таких токов требуют определённых технологий. Вследствие этого было сделано ограничение номинального тока одного канала, который должен составлять не более 3 А. На данный момент реализована вторая версия данного диммера (рис. 5). Принципиальное отличие от первой версии заключается в возможности крепления новой платы на *DIN*-рейку (жаргонное название металлического профиля, применяемого в электротехнической промышленности, который используется для крепления различного модульного оборудования, такого как автоматические выключатели, устройства защитного отключения и т. п. в электрических щитах), а также в том, что новая плата практически полностью выполнена по *SMD* технологии (от англ. *Surface Mount Technology* — технология

поверхностного монтажа печатных плат). Основным преимуществом данной технологии является то, что она может быть полностью механизирована. Печатная плата изготовлена с использованием маски, что обеспечивает коррозионную устойчивость печатных проводников на протяжении продолжительного периода времени эксплуатации, в том числе и в неблагоприятных условиях.

Корпус устройства зависит от условий, в которых оно будет применяться. Это может быть как бес корпусная система, если устройство применяется в подвесных потолках, так и абсолютно герметичная система, если устройство находится на улице и должно стабильно, безотказно и безопасно функционировать при любых погодных условиях.

Устройство имеет демо-режим для проверки работоспособности всех подключенных к данному диммеру светильников, предусмотренный для того случая, если провести линию *DMX* еще не представляется возможным. Данный режим по очереди включает с первого по двенадцатый канал (источник света).

Технические характеристики устройства:

- номинальное напряжение питания: 12/24 В (постоянный ток);
- номинальный ток на канал: 3 А (12 В постоянного тока);
- максимальный ток на канал: 7 А (12 В постоянного тока);
- количество каналов: 12;
- интерфейс: *DMX-512*;
- интерфейсный кабель: витая пара;
- максимальное напряжение питания: 33 В;
- пиковое значение тока на канал: 35 А;
- диапазон рабочих температур: от -20 до +65°C;
- возможность подключения следующих источников света:
  1. светодиодные источники,
  2. галогенные лампы,
  3. люминесцентные лампы (с соответствующим балластом).

Как уже было сказано, в разработанной мной конструкции диммера реализовано 12 каналов [4]. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, потому что он позволяет подключить к себе 4 *RGB* ленты, во-вторых, количество лент чётное и можно выполнить условие симметричности в декорируемом объекте.



**Рисунок 6. Пользовательское окно приложения**

Для управления диммерами для светодиодов было изготовлено устройство для связи их с компьютером по стандарту *USB 2.0* [8]. Это позволяет использовать изготовленное мной устройство как с настольными, так и с портативными компьютерами. Данное устройство преобразует протокол компьютера *USB* в протокол управления световыми приборами (*DMX*). Написанное программное обеспечение на момент написания данной статьи (пользовательский интерфейс показан на рис. 6) позволяет

создавать 18 «сцен» (сцена — свето-динамическая композиция), с возможностью плавных переходов между ними. Световая композиция каждой сцены детально настраивается с помощью 512 регуляторов, каждый для своего источника света. Все сцены затем можно объединить в один сценарий, с заданием всех необходимых временных интервалов. Для работы со светом в режиме реального времени предусмотрены программируемые кнопки. Программное обеспечение (управляющее приложение) было разработано мной в среде разработки *Borland Delphi*. Микропрограмма для контроллера, принимающего данные от ПК и отправляющего их по *DMX* написана в среде разработки *Mikro C*. Микропрограмма для микроконтроллера *PIC16F690*, установленного на плате диммера, написана в *MPLAB IDE*.

### **Применение светодиодного освещения в национальном парке «Беловежская пуща»**

По утверждению республиканских средств массовой информации Национальный парк «Беловежская пуща» стал самым популярным туристическим объектом в Беларуси в 2009 г. За год пущу посетили более 235 тысяч туристов [3].

В этом же году было начато оборудование нового здания музея. Большое количество экспонатов, экскурсии на разных языках, современное световое, звуковое и мультимедийное оформление должны, по мнению работников парка, увеличить поток посетителей «Беловежской Пуши».

Как уже было отмечено ранее, светодиоды используются в первую очередь для решения дизайнерских задач, архитектурной и ландшафтной подсветки. Благодаря таким своим качествам, как наличие полного диапазона цветов, динамическое управление цветом, длительный срок службы, низкое энергопотребление и пожаробезопасность, применение светодиодных источников в музее не имеет альтернативы.

Во-первых, это одно из тех мест, в которых возможность технического обслуживания ограничена.

Во-вторых, светодиодные источники имеют долгий срок службы [7]. После анализа характеристик и условий работы светодиодных источников, мной была составлена таблица 1, в которой приведён срок службы светодиодов в зависимости от суточной продолжительности работы (общий срок службы был принят равным 50000 ч).

**Таблица 1.**

**Зависимость срока службы светодиода от продолжительности свечения  
в сутки**

Суточная продолжительность свечения, ч	Минимальный расчётный срок службы, лет
24	5,7
18	7,4
12	11,4
8	17,1

Это говорит о том, что замена светодиодных светильников потребует не ранее, чем через 10 лет.

Очевидно, что для освещения музея, экспонатов, реализации замыслов художников и дизайнеров требовалось огромное количество светодиодных источников и, соответственно, сложная система управления яркостью и режимами их работы. Разработанное мною устройство удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Проект освещения экспонатов экспозиции музея был разработан профессиональными художниками и предъявлял высокие требования к методам реализации технических задач как локальной подсветки, так и общего освещения. При создании системы освещения, во исполнение художественного проекта, необходимо было решить целый ряд инженерно-технических задач (рис. 7).



*Рисунок 7. Обсуждение наиболее важных аспектов освещения с главным художником*

Основной проблемой, требующей решения, являлось создание возможности простого и динамичного управления системой освещения, а также его максимальной пожаробезопасности.

Такому требованию удовлетворяют только светодиодные светильники с напряжением питания 12 В. Для получения стабилизированного напряжения были использованы импульсные блоки питания (рис. 8а), мощностью 150 Вт.

Каждый зал имеет около 8 диорам (диорама — небольшая часть зала, в которой представлены экспонаты одной тематики). Они включают в себя как основные элементы, так и «побочные», которые создают эффект загадочности, таинственности экспозиции. Эти элементы по задумке художника должны были быть видны не со всех сторон диорамы, а лишь когда их находишь. Игра цвета, фона, подсвечивание отдельных элементов экспонатов должны создавать глубокое эмоциональное впечатление.

На каждой музейной диораме необходимо было произвести монтаж 15—20 светодиодных источников света (рис. 10). Применялись 2 типа источников: точечные (рис. 9б) и линейные (рис. 9а). Диорама делится на две части: подпотолочная и напольная, где и были вмонтированы диммеры. Это позволило избежать применения большого количества проводов между частями диорамы. Монтаж блоков питания производился, исходя из равномерного распределения нагрузок.



**Рисунок 8. Примененные: а — блок питания, б — 12-ти канальный диммер**

По предварительным расчётам, для монтажа первых двух залов необходимо было изготовить 40 диммеров. Для этого была разработана печатная плата устройства, составлен перечень необходимых элементов. Платы были изготовлены производственным способом с нанесением масок и химических составов, для улучшения качества печатных плат. Монтаж радиокомпонентов производился вручную.



**Рисунок 9. Источники света: а — линейные, б — точечные**

Управляет световым шоу в залах *DMX*-пульт с энергонезависимой памятью и *mp3*-плеер с *DMX*-выходом. Применение сконструированных и изготовленных диммеров позволило максимально реализовать световые сценарии дизайнеров.





*Рисунок 10. Процесс монтажа источников света и диммеров*

### **Заключение**

Как уже отмечалось ранее, светодиодное освещение имеет значительное преимущество в сравнении с традиционными источниками искусственного освещения. Механическая прочность, экологичность, энерго-эффективность — это только небольшая часть из достоинств светодиодов, но их достаточно для выявления большого будущего для светодиодного освещения во многих сферах жизни человека. На основании столь высокой перспективности такого типа освещения, мной было разработано устройство для регулирования яркости источников света и система управления, на базе современного ПК. Данное устройство имеет высокую практическую значимость, подтверждением того является изготовление небольшой партии таких устройств и их успешное применение в музее природы Национального парка «Беловежская пуца» и диско-клубе «СИТИ» г. Брест.

### **Список литературы:**

1. Настоящее и будущее светодиодов // Полупроводниковая светотехника. URL: [http://www.intiled.ru/publications/statya\\_ppsvt\\_febr2011.html](http://www.intiled.ru/publications/statya_ppsvt_febr2011.html) (дата обращения: 20.03.2011).
2. Никифоров С. Проблемы, теория и реальность светодиодов для современных систем отображения информации высокого качества (часть 2) // SCREENS. — 2005. — № 10. URL: <http://www.screens.ru/ru/2005/10.html> (дата обращения: 18.11.2009).
3. Пастушенко Т. Беловежская пуца стала самым популярным туристическим объектом в Беларуси в 2009 году // TUT. BY / Новости: ежедн. интернет-изд 2010. 14 янв. URL: <http://news.tut.by/summer/157821.html> (дата обращения: 15.01.2010).

4. Полищук С.И. Диммер для светодиодов и система освещения на его основе / С.И. Полищук// Электронная библиотека БГУИР. URL: [http://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_68052.pdf](http://www.bsuir.by/m/12_100229_1_68052.pdf) (дата обращения: 31.10.2011).
5. Полищук С.И. Диммер для светодиодов и система освещения на его основе // Моделирование, компьютерное проектирование и технология производства электронных средств: материалы 47-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск 25—29 апреля 2011 г./ редкол.: М.П. Батура [и др.]. Минск: БГУИР, 2011. С. 17.
6. Полищук С.И. Диммер и система освещения на светодиодах // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ 2012»: Материалы 8-й Международной молодежной научно-технич. конф., Севастополь, Украина, 23—27 апреля 2012 г., Севастополь: изд-во СевНТУ, 2012. С. 175.
7. Полищук С.И. Расчет надежности системы управления яркостью светодиодного освещения // Информационные технологии и управление: материалы 48-й СНТК БГУИР, Минск 7—11 мая 2012 г./ редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. Минск: БГУИР, 2012. С. 54.
8. Полищук С.И. Система управления освещением с USB интерфейсом // Информационные технологии и управление: материалы 47-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск 25—29 апреля 2011 г./ редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. Минск: БГУИР, 2011. С. 21.

## **СЕКЦИЯ 9.**

### **ТЕХНОЛОГИИ**

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GPS-ТЕХНОЛОГИЙ В РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ СТУДЕНЧЕСКОГО ГОРОДКА ЮЗГУ**

***Воронцова Елена Сергеевна***

*студент 4 курса, кафедра экспертизы и управления недвижимостью, г. Курск*

*E-mail: [elenka2152@mail.ru](mailto:elenka2152@mail.ru)*

***Капустин Владимир Корнелиевич***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент ЮЗГУ, г. Курск*

Для обеспечения крупномасштабных съемок, удовлетворения потребностей проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений в городах строят геодезическую основу, состоящую из пунктов государственной геодезической сети, геодезических сетей сгущения и съемочных сетей.

Городская полигонометрия благодаря ряду преимуществ и использованию высокопроизводительной техники является передовым и перспективным методом построения планового геодезического обоснования в городах.

Однако, появление принципиально новых технических средств — спутниковых геодезических приемников потребовало существенного пересмотра традиционных подходов к проблеме реконструкции существующих городских геодезических сетей. В связи с переходом топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений реконструкция городских геодезических сетей позволяет на практике наиболее рационально и эффективно с требуемой точностью определять координаты и высотные отметки пунктов земной поверхности. Это обеспечивает сохранность системы координат, в которой ранее были выполнены крупномасштабные съёмки территории городов, но не решает проблему потребности городских геодезических сетей в периодической реконструкции. Возникает вопрос

о необходимости экспертизы качества геодезических сетей города, так как существует ряд факторов, способных повлиять на результат работ, предусматривающих использование городской координатной основы.

Так, на период возведения главного корпуса Курского политехнического института (в настоящее время ЮЗГУ) геодезическая сеть на территории студенческого городка была представлена несколькими пунктами. К настоящему времени все пункты были утрачены. Кроме того, на основании сведений КУРСКГЕОДЕЗИЯ ГУДП доступные геодезические пункты в непосредственной близости от студенческого городка так же не сохранились.

Было принято решение о реконструкции геодезической сети на территории студенческого городка ЮЗГУ. В 2011 году были закреплены долговременные пункты «пп А», «пп G», «пп F» (рис. 1).

Координаты и высотные отметки этих пунктов определялись от базовых станций КУРСКГЕОДЕЗИЯ ГУДП с применением GPS-технологии. Точность определения координат пунктов соответствовала полигонометрии 1-го разряда.

В 2012 году в процессе дальнейшего развития сети был заложен долговременный пункт «пп С», точные координаты которого были получены в ходе спутникового наблюдения GPS-приёмниками «STRATUS SOKKIA». При исполнении статической съёмки два GPS приёмника были установлены на известной и неизвестной точках в течение всего времени исследования. Подготовительным этапом наблюдений являлась установка приёмника на штатив с трегером. После чего приёмник приводился в горизонтальное положение и центрировался с помощью кругового уровня. Значение имеет и определение высоты антенны, которая измерялась специальной GPS рулеткой. Все данные записывались в журнал. Процесс накопления информации от спутников для измеряемых векторов занимал 30...40 минут, причем время окончания съёмки определялось по индикаторной панели для каждого из приёмников.

Полученные в ходе спутниковых наблюдений данные обрабатывались с помощью компьютерной программы Spectrum Survey.

Позиционирование системы координированных углов капитальных зданий и контроль наблюдений были произведены с помощью электронного тахеометра 3Та5Р. При обработке результатов контрольных наблюдений невязка в треугольниках не превысила 0,4'.

В ходе проведения работы по реконструированию геодезической сети территории студенческого городка для каждого пункта были получены координаты и высотные отметки, значение которых можно представить в виде таблицы.

**Таблица 1.**

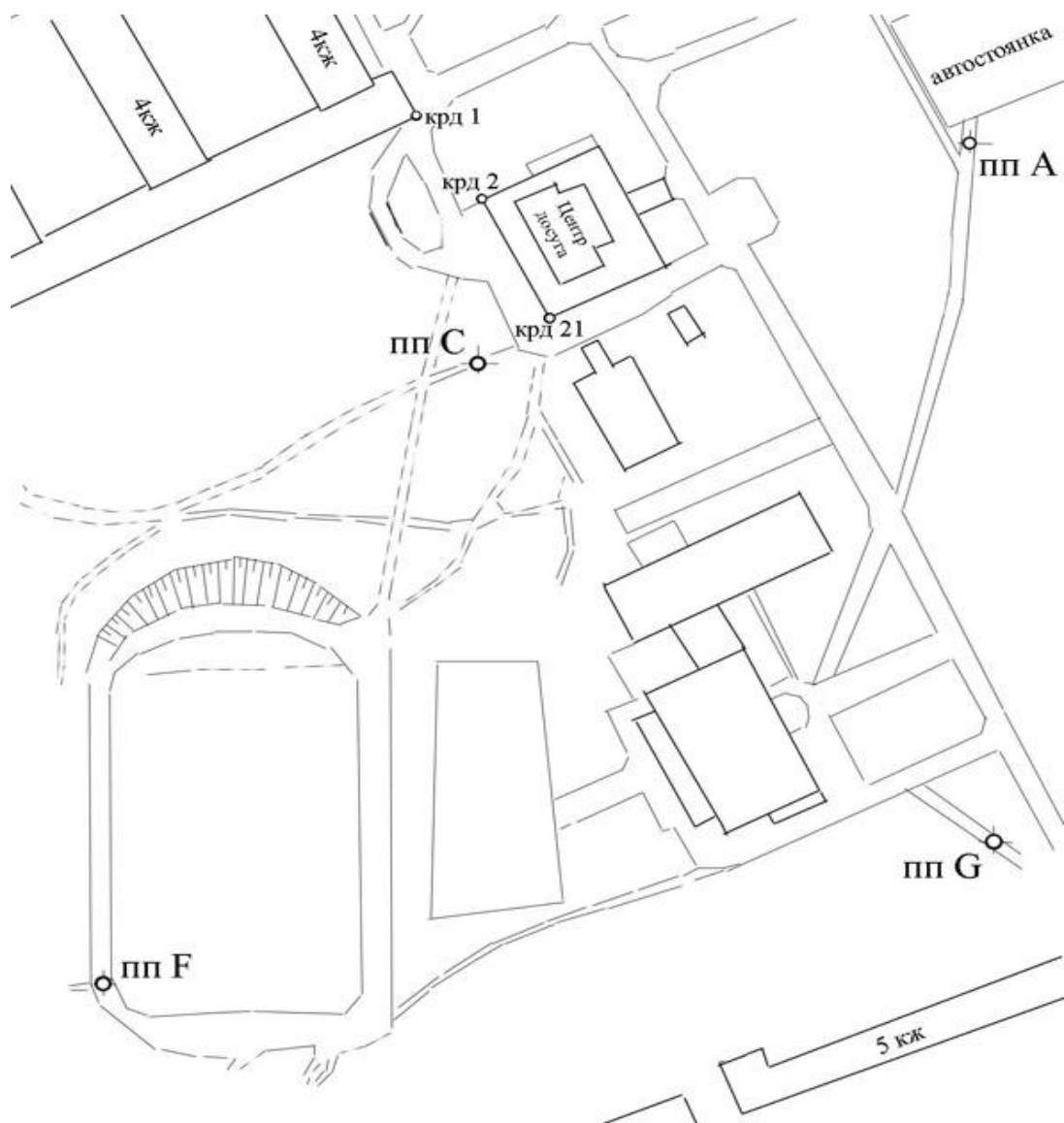
**Сводная ведомость реконструированных точек**

№№ пп	Наименование	Координаты, м		Отметки Н, м
		Х, м	У, м	
1	пп А	19 735,61	23 149,55	241,308
2	пп С	19 648,72	22 988,99	-
3	пп G	19 508,05	23 143,97	240,900
4	пп F	19 457,20	22 886,94	241,090
5	крд 1	19 738,05	22 978,51	-
6	крд 2	19 711,14	22 999,33	-
7	крд 21	19 673,27	23 019,33	-

Проведенная работа имеет несколько прикладных значений.

Первое. Позволяет студентам в ходе учебных и практических занятий работать с реальными геодезическими объектами, производить измерения и съёмки на уровне самых современных требований.

Второе. Ограждение границы земельного участка студенческого городка ЮЗГУ, достигающего площади в 24 га, в настоящее время не завершено в полном объёме. Это не представляется возможным по причине наличия незаконных строений на территории, принадлежащей студенческому городку. Снос таких строений возможен будет по решению суда, которое принимается только при наличии разбивки на местности границы земельного участка по координатам с точностью 10 см. Реконструированная геодезическая сеть обеспечивает требуемую точность работ.



**Рисунок 1. Схема расположения геодезических пунктов**

### **Список литературы:**

1. Капустин В.К. Учебный геодезический полигон: методические указания по организации учебной геодезической практики / Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2008. — 60 с.
2. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. ГКИНП (ОНТА)-01-271-03. (утв. Приказом Роскартографии от 13.05.2003 № 84-пр). [электронный ресурс] — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Тревога И.С., Шевчук П.М. Городская полигонометрия. М.: Недра, 1986. — 199 с.

## СЕКЦИЯ 10.

### ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Дудник Ольга Владимировна*

*студент 4 курса, кафедра «Управление эксплуатационной работой» СГУПС,  
г. Новосибирск*

*E-mail: [dudnik\\_olya@mail.ru](mailto:dudnik_olya@mail.ru)*

*Ушаков Виктор Михайлович*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент СГУПС, г. Новосибирск*

На современном этапе развития промышленности в условиях рыночной экономики основной задачей является увеличение количества готовой продукции с сохранением всех присущих ей качеств. В ее решении основной акцент делается на снижение эксплуатационных расходов и стоимости транспортировки, связанных с производством [3, с. 83].

Для возможности разработки решений были проведены исследование инфраструктуры и обработка статистических данных использования вагонов, результаты которых позволили выявить наиболее значимые технологические параметры, приводящие к невыполнению нормативной величины простоя вагонов при перевозке наиболее массовых грузов.

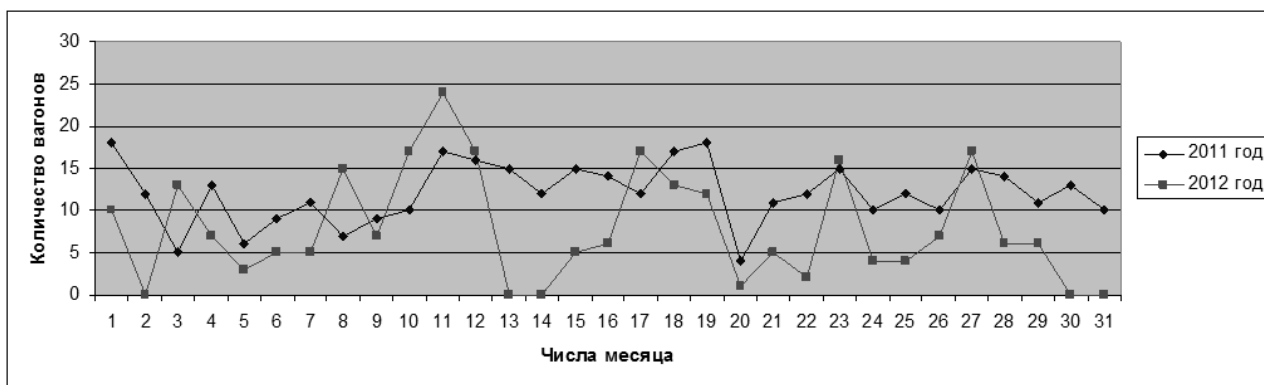
В работе приводится анализ простоя вагонов по элементам за время оборота, факторы, влияющие на него, а также предлагаются меры по сокращению непроизводительных простоев.

Исследование проводилось по одному из заводов металлургической промышленности, сырье на которое поступает с различных предприятий, но основная масса — с обогатительных фабрик станций «З» и «Л». На предприятие поставляется большое количество различных видов сырья, основными из которых являются флюсовая руда, а также свинцовый и цинковый концентраты. Руда,

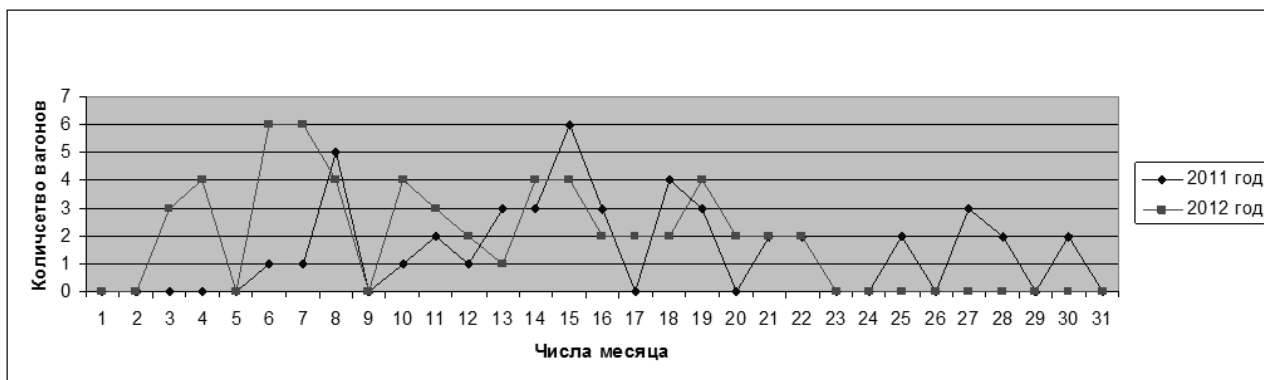
добываемая в карьере, прежде чем попасть в производство готовой продукции, проходит через размалывание и обогащение на фабриках.

В настоящее время работа технологического ж. д. транспорта организована по контактному и нормативному графику. Однако как показывает анализ работы по погрузке, доставке и особенно по выгрузке грузов на заводе станции «У» нормативное время не выполняется.

За 2011 год, а также по данным января 2012 года поступление грузов, требующих размораживания в тепляке не снижается. Это можно увидеть из гистограмм, приведенных ниже [1, с. 17—20].

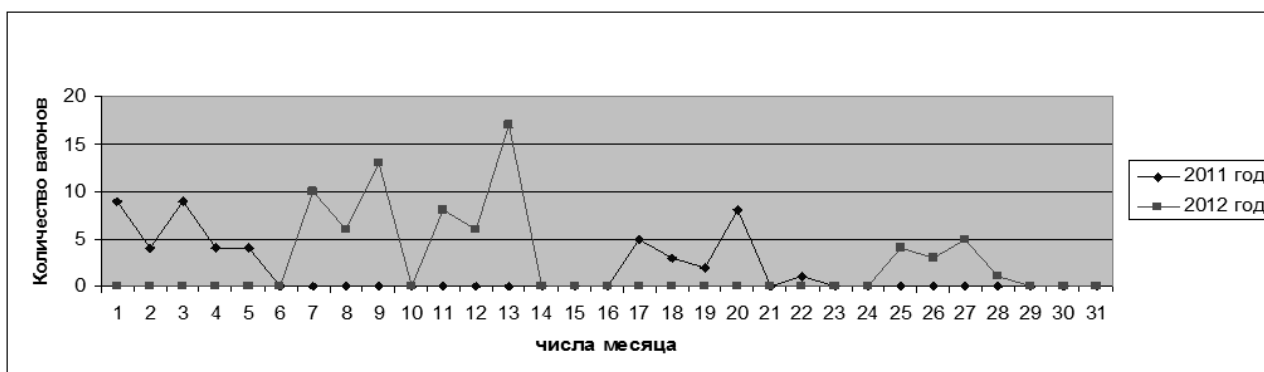


**Рисунок 1. Выгрузка вагонов с цинковым концентратом за январь**



**Рисунок 2. Выгрузка вагонов со свинцовым концентратом за январь**





**Рисунок 3. Выгрузка вагонов с флюсовой рудой за январь**

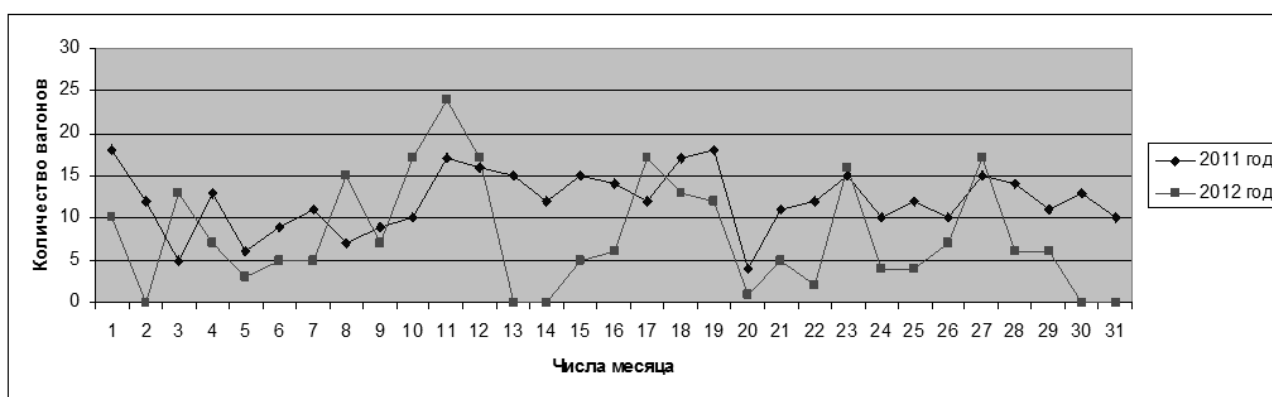
При этом в соответствии с реализацией проекта «Новая металлургия» дополнительно потребуется разогревать 20 вагонов в сутки при плановом подходе.

На сегодняшний день здание тепляка не отвечает требованиям по производительности размораживания грузов. Его вместимость составляет 10 вагонов. За время эксплуатации оборудование тепляка не модернизировалось. С момента постройки тепляка значительно возросло производство промышленной продукции металлургического комбината станции «У», в связи с чем, произошло увеличение общего грузооборота Компании и количество грузов, требующих размораживания в тепляке. Малая вместимость приводит к большому количеству простоев вагонов, связанных с ожиданием выгрузки, и как следствие к увеличению платы за пользование вагонами. Кроме того, несвоевременная выгрузка вагонов, помимо увеличения платы за пользование подвижным составом, может привести, особенно в моменты пиковых поставок, к остановке производства.

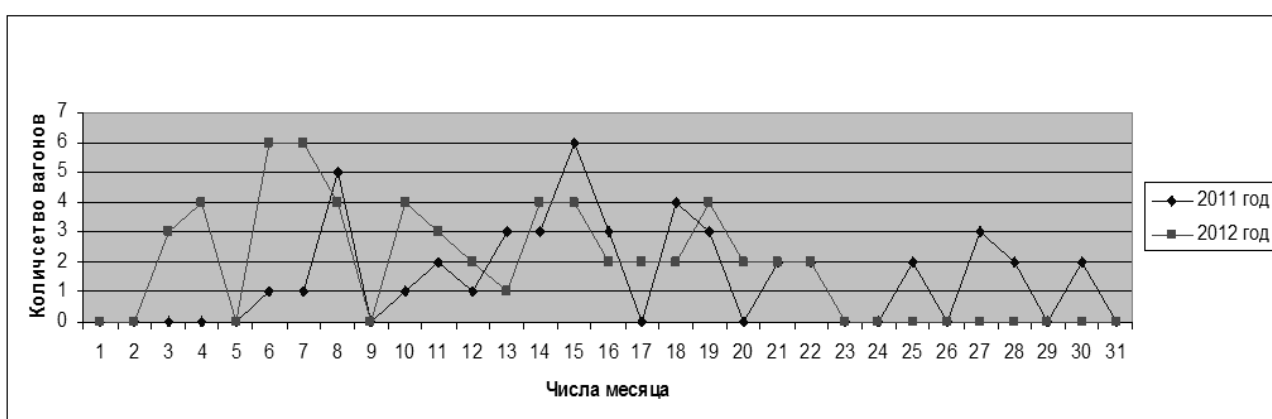
Возможными вариантами решения данной проблемы предлагается рассмотреть модернизацию тепляка с увеличением пропускной способности за счет изменения системы подачи пара с двухуровневой на трехуровневую или его реконструкцию с увеличением вместимости.

Данные модернизации, помимо сокращения эксплуатационных затрат, связанных с уменьшением платы за пользование вагонами сетевого парка и увеличением оборачиваемости вагонов собственного парка, прежде всего, является производственной необходимостью, так как в зимний период и межсезонье разгрузка смерзшихся грузов без отогрева в тепляке сопряжена со значительными техническими манипуляциями и финансовыми затратами. Не маловажен еще и тот факт, что вагоны, ожидающие отогрева, занимают значительную часть подъездных путей, затрудняя выполнение маневровых работ [2, с. 11]

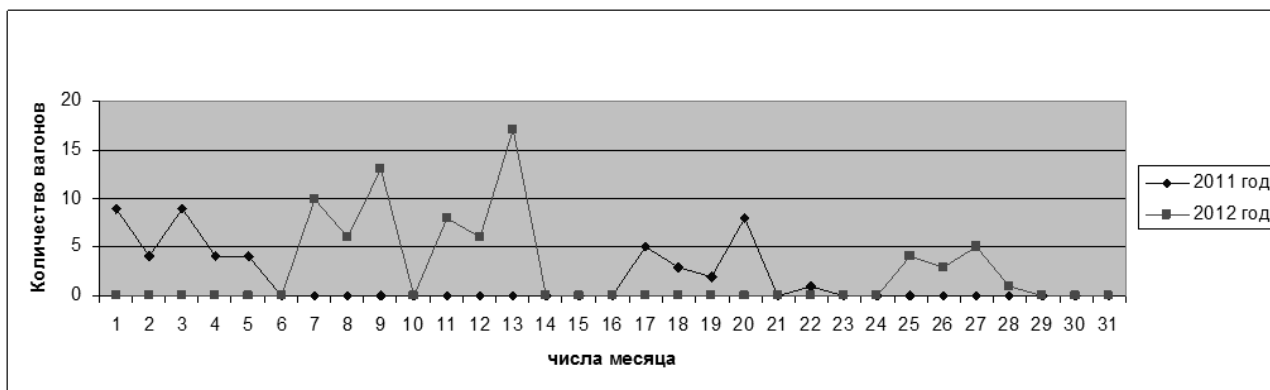
Ниже представлены диаграммы поступления по грузам [1, с. 23—26]



**Рисунок 4. Поступление вагонов с цинковым концентратом за январь**



**Рисунок 5. Поступление вагонов со свинцовым концентратом за январь**



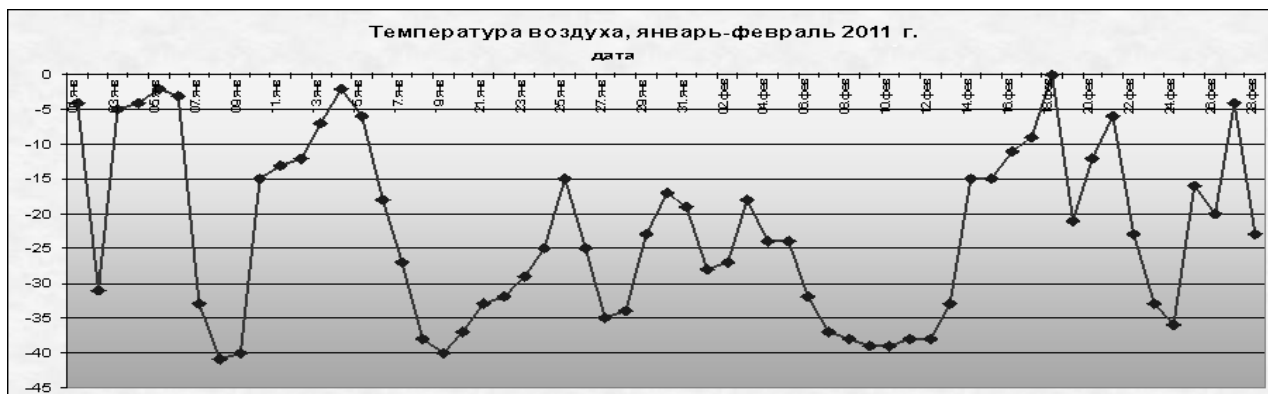
**Рисунок 6. Поступление вагонов с флюсовой рудой за январь**

Из анализа объемов перевозки за январь 2011—2012 года наглядно видно, что поступление сырья неравномерно и это приводит к увеличению простоя вагонов. На диаграмме с цинковым концентратом видно, что наибольшие простои приходятся на период с января по апрель, что касается свинцового концентрата и цинковой руды там можно отметить значительное превышение нормы на протяжении всего рассматриваемого периода.

В диаграммах приведены данные по фактическому поступлению наиболее массовых грузов за январь, так как наибольшие трудности в работе завода возникают именно зимой.

При перевозке рассматриваемой руды и концентратов глубина и объем промерзания зависят от многих факторов, основными из которых являются продолжительность нахождения груза при низких температурах и его влажность.

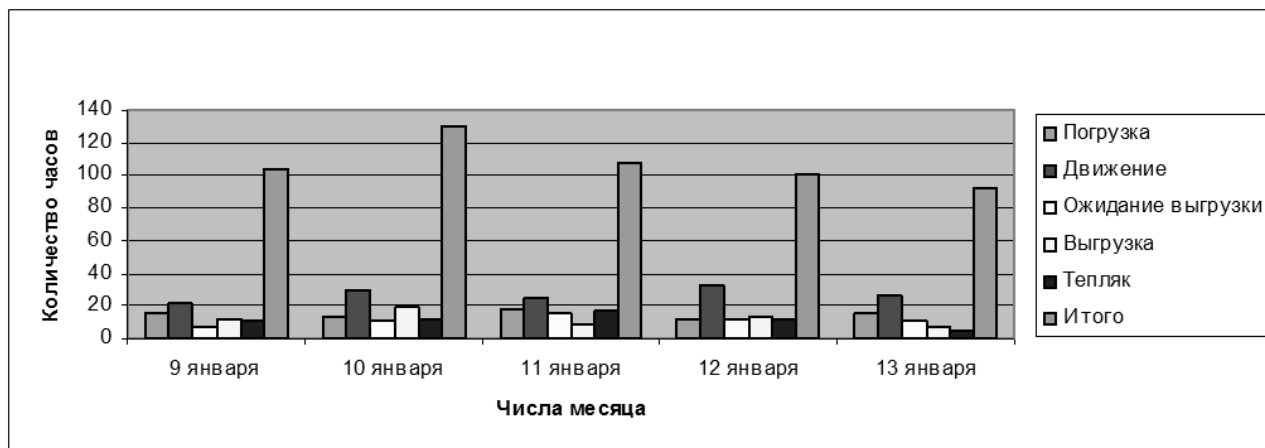
Так как обогатительные фабрики станции «З» и станции «Л» отгружают груз с влажностью 9—11 %, то анализ его промерзания по глубине, проведенный в январе-феврале 2011 года при средней температуре  $-30^{\circ}$  по Цельсию выглядит следующим образом:



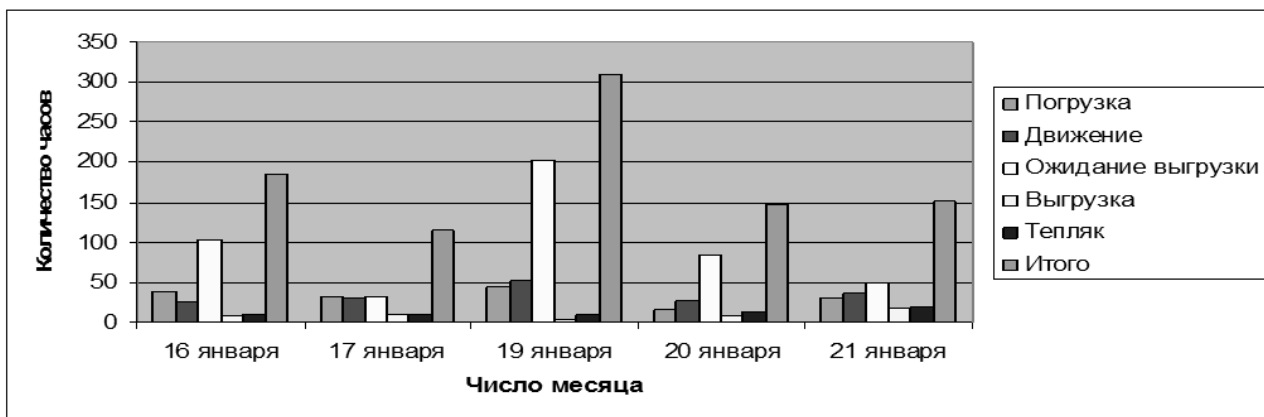
**Рисунок 7. Температурный анализ воздуха**

- за период времени 1,5—2 ч наблюдалось промерзание до 3—5 см. верхнего слоя;
- за период времени 8—12 ч промерзание до 20—30 см. верхнего слоя, по бортам и дну кузова полувагона;
- полное промерзание наблюдалось за период времени 22—30 ч.

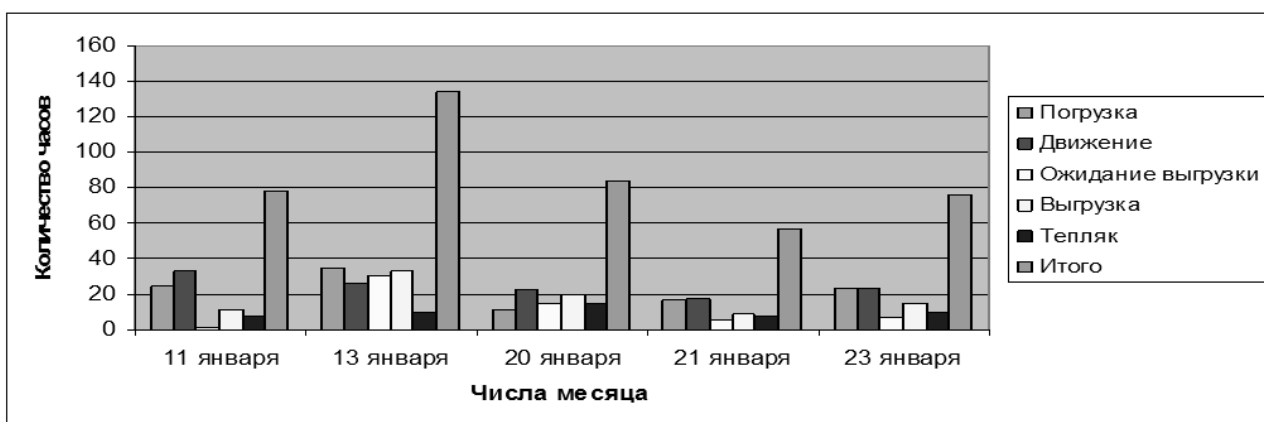
Средняя продолжительность доставки груза составляет 28 часов, за это время он смерзается практически полностью. Для возможности дальнейшей работы с рудой, прибывшие вагоны необходимо отогревать в тепляке, одновременная вместительность которого составляет 10 вагонов. На одну группу вагонов необходимо от 14 до 29 часов времени в зависимости от груза, что приводит к большим простоям в ожидании выгрузки. Так за январь вместо требуемых 1004 вагонов удалось отогреть лишь 560. Общее время от погрузки до выгрузки проанализировано и представлено на гистограммах [1, с. 30—32].



**Рисунок 8. Простой вагонов с цинковым концентратом по элементам**



**Рисунок 9. Простой вагонов со свинцовым концентратом по элементам**



**Рисунок 10. Простой вагонов с флюсовой рудой по элементам**

Из-за дефицита площадей собственного тепляка, руководство железнодорожного комплекса станции «У» было вынуждено неоднократно обращаться к другим предприятиям с просьбой постановки вагонов с грузами Компании на отопев в их тепляк.

Дефицит площадей тепляка особенно остро ощущался зимой 2011—2012 года. Из-за недостаточной температуры теплоносителя (пара), в дни с температурой наружного воздуха ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ , время отопева вагонов в тепляке значительно превысило среднюю величину, и, в зависимости от рода груза, составило от 14 до 24 часов, вместо установленных 8 ч.

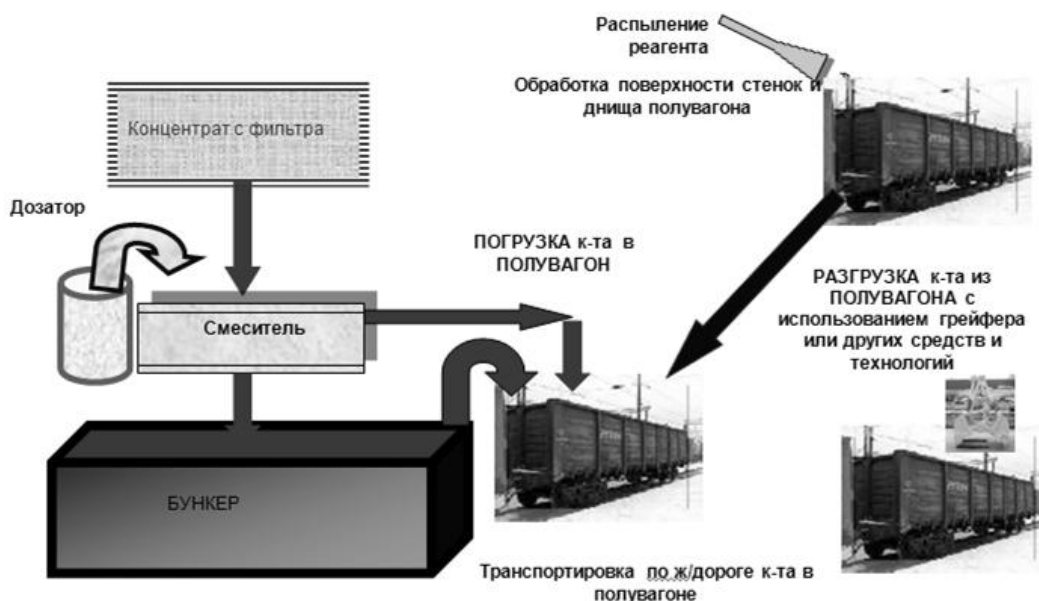
Из приведенных гистограмм видно, что из общего времени оборота вагонов наибольшие затраты времени приходятся на движение и погрузку, в то же время на станции назначения вагоны простаивают в ожидании выгрузки, особенно в зимний период, и в тепляках при отопеве. Из трех грузов

видно, что наибольшие затраты времени на ожидание выгрузки приходится на свинцовый концентрат.

Так из анализа простоя вагонов по трем основным грузам видно, что сокращение оборота вагонов возможно при применении различных мер по предупреждению смерзаемости в пункте погрузки. Такими мерами являются:

- Уменьшение влажности;
- Переморозка материала;
- Применение реагентов для обработки материала против смерзаемости [3, с. 114—115]

Концепция идеологии по снижению рисков смерзаемости концентратов при погрузке, транспортировке и выгрузке концентратов в зимнее время представлена ниже.



**Рисунок 11. Концепция идеологии по снижению рисков смерзаемости концентратов при погрузке, транспортировке и выгрузке концентратов в зимнее время**

Также возможными вариантами решения данной проблемы предлагается рассмотреть меры, направленные на повышение производительности тепляка. В пункте выгрузки возможны реконструкция тепляка с увеличением вместимости на 4 вагона, т. к. расположение производственных цехов на территории предприятия не позволяет удлинить тепляк на большую

величину, или его модернизация с увеличением пропускной способности за счет изменения системы подачи пара. Предлагаемая модернизация предусматривает дополнительную подачу пара сверху, что позволит отогревать груз быстрее, но не обеспечит оптимальное время отогрева. Для снижения маневровой работы и более быстрого освобождения вагонов предлагается рассмотреть реконструкцию собственных универсальных полувагонов в специализированные для перевозки данных видов грузов путем создания эффекта «паровой рубашки». Это обеспечит быстрое отогревание груза по всему периметру и экономию расхода пара. Предлагаемый вариант представляет собой универсальный полувагон, внутрь которого помещена металлическая конструкция, напоминающая параллелепипед, скрепленный с полувагоном ребрами жесткости. Основная идея состоит в том, что пар, подаваемый сверху, проходя между ребрами жесткости вдоль стенок полувагона, разогревает груз в разы быстрее. Это позволит снизить нежелательное температурное воздействие на различные части подвижного состава, в том числе буксовые узлы и автосцепное устройство, так как высокие температуры и появление влажности приводят к более быстрому выходу их из строя.

Выбор наиболее подходящего варианта будет возможен после технико-экономического обоснования, когда наглядно будут видны капитальные, эксплуатационные затраты, дана экологическая оценка, решены трудовые и социальные вопросы а также произведена оценка рисков каждого из проектов.

### **Список литературы:**

1. Анализ работы предприятия за 2011—2012 годы. — Рукопись, 245 с.
2. Типовой технологический процесс работы промышленного предприятия. Новосибирск, 1900, 78 с.
3. Управление грузовой и коммерческой работой на железнодорожном транспорте. Под редакцией Смехова А.А. М.: Транспорт, 1990.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА ПУТЁМ ДЕКОНЦЕНТРАЦИИ**

***Кононова Арина Владимировна***

*студент 4 курса, кафедра «Управление эксплуатационной работой»,  
факультет «Управление процессами перевозок», СГУПС, г. Новосибирск  
E-mail: [kononovaarina@gmail.com](mailto:kononovaarina@gmail.com)*

***Приходченко Елена Александровна***

*научный руководитель, ст. преподаватель СГУПС, г. Новосибирск*

### **Введение**

Железнодорожная сеть ОАО «РЖД» до 2007 г. насчитывала 51 важнейшую сетевую сортировочную станцию и 11 сортировочных станций дорожного уровня. К 2015 г. на сети железных дорог не потребуется сооружения новых сортировочных станций для работы с транзитными немаршрутизированными вагонопотоками. Сетевую сортировочную работу с дальними транзитными вагонопотоками предстоит сконцентрировать на 32 важнейших сортировочных станциях. 26 сортировочных станций дорожного уровня будут перерабатывать вагонопотоки, зарождаемые и погашаемые в их зонах тяготения [1, с. 48].

Совершенно очевидно, что общее направление политики ОАО «РЖД» по концентрации сортировочной работы на нескольких сортировочных станциях, столь нужное для увеличения производительности труда автоматизации процессов, не приемлемо для станции Инская по причине дефицита мощности. Поэтому необходимо произвести деконцентрацию работы и вынос её части на станции Новосибирск-Западный и Новосибирск-Восточный. При грамотной организации поступающих с запада и востока вагонопотоков, можно будет достигнуть снижения пробега вагонов по узлу, а также снижения простоя вагонов на Инской под накоплением, простоя поездов по неприёму и все вытекающие отсюда улучшения в работе станции.

Цель: Совершенствование технологии продвижения местных вагонопотоков в Новосибирском узле



Задачи:

1. Перенос части сортировочной работы с Инской на Новосибирск-Западный и Новосибирск-Восточный

2. Расчёт необходимости восстановления путей на станции Новосибирск-Западный

### **1. Существующие проблемы по Новосибирскому узлу и станции Инская в работе с местными вагонами**

В Новосибирском регионе расположен железнодорожный узел, в состав которого входит более 20 станций с соответствующим путевым развитием. Важнейшим принципом технологии его работы является рациональное распределение всех видов перевозочного процесса между станциями узла в соответствии с их техническим оснащением и перерабатывающей способностью. Это распределение влияет на решение вопросов организации вагонопотоков и графика движения поездов в узле и должно обеспечивать минимальное возможное время нахождения поездов и вагонов в узле, что способствует соблюдению сроков доставки грузов, а также снижению затрат на перевозочную работу [6, с. 152].

В узлах, имеющих одну сортировочную станцию, при достижении на ней объёмов переработки, равных по величине её перерабатывающей способности производится перенос части её работы (в основном по формированию сборных и вывозных поездов) на ближайшие участковые или грузовые станции [6, с. 153]. Прогнозируемый на 2015 г. объём перевозок 1765 млн. т на 38,6 % больше, чем в 2005 г. Сохранение в этих условиях неизменными принципов распределения сортировочной работы и ее технологии вызовет неизбежное снижение транзитности вагонопотоков и замедление доставки грузов из-за нарастания дефицита станционных мощностей [1, с. 48].

Так например, по данным за октябрь 2011 года простои по неприёму поездов по станции Инская были следующими:

Задержано 216 поездов на 433 часа, из них:

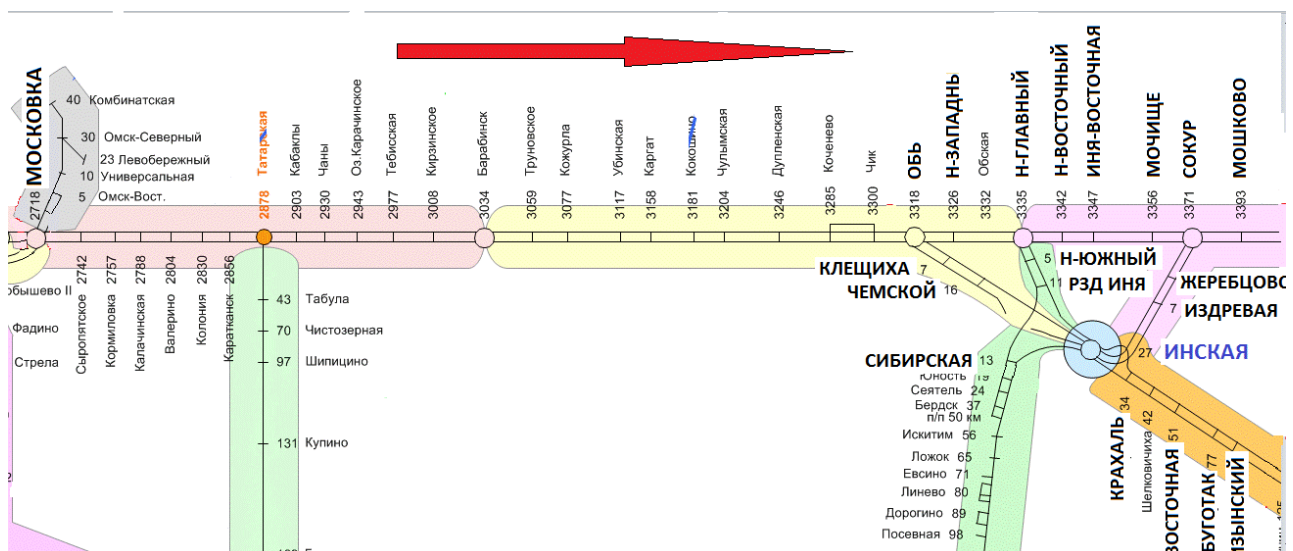
- с Запада — 144 поездов на 337 часов,
- с Юга — 9 поездов на 8 часов,

- с Кузбасса — 5 поездов на 6 часов,
- с Востока — 58 поездов на 82 часа.

Из этих данных видно, что особо загружены направления Западное и Восточное.

Одним из решений проблемы устранения и предотвращения узких мест сортировочных станций, согласно программе совершенствования работы и развития сортировочных станций на 2006—2015 гг. и Схеме размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года, на Западно-Сибирской железной дороге является ряд модернизаций, касающихся Новосибирского узла [1, с. 51].

Для того, чтобы чётко представлять направление наших исследований, обратимся к схеме Новосибирского узла (рис. 1). В нём расположены 2 внеклассные — это сортировочная Инская и пассажирская Новосибирск-Главный, грузовые станции 1—3 классов, а также промежуточные станции и обгонные пункты. При этом грузовая станция Новосибирск-Западный располагается на главном ходу Транссибирской магистрали, а сортировочная Инская — немного в стороне от него.



**Рисунок 1. Схема Новосибирского узла и прилегающее к нему западное направление**

Технология работы грузовых и сортировочных станций различаются. Основная функция сортировочных станций — переработка немаршрутизированных вагонопотоков по назначениям следования и формирование из них поездов.

К новым функциям сортировочных станций относятся следующие:

- Организация технических маршрутов по грузам и грузополучателям;
- Детализированная подборка порожних вагонов по принадлежности и состоянию с регулярным обеспечением грузовых станций грузами;
- Обеспечение регулярного отправления вагонов в определённые назначения для согласованного подвода грузопотоков к местам перевалки груза и гашения грузопотока;
- Повышение уровня эксплуатационной надёжности работы направлений за счёт регулирования ритмов поездной работы;
- Обеспечение ускоренного режима переработки и отправления части вагонопотоков срочной доставки [2, с. 20].

Эти функции требуют новой технологии работы станции, а также совершенствования путевого развития. Справляется ли с новыми задачами Инская? Из приведённых в начале данных очевидно, что нет.

Рассмотрим функции грузовой станции. Назначение грузовой станции состоит в выполнении грузовых и коммерческих операций с грузами и вагонами, связанных с приемом к перевозке, взвешиванием, хранением, погрузкой, выгрузкой, сортировкой и выдачей грузов, переработкой контейнеров, оформлением перевозочных документов, формированием передаточных грузовых поездов и отправительских маршрутов, производством маневровой работы по подаче вагонов на погрузочно-выгрузочные фронты и их уборке, а также с другими техническими операциями [3, с. 8].

Современной тенденцией является то, что грузовые станции начинают выполнять функции распределительных центров, которые призваны управлять потоками грузов на территории узла и участвовать в их доставке Получателям.

## **2. Существующая технология работы с местными вагонами в Новосибирском узле**

На сегодняшний день в основе технологии ускоренного продвижения местных вагонопотоков лежат:

1. Удлинение участков обращения сборных поездов и замена одnogруппных передаточных и вывозных поездов групповыми;

2. Детальная подборка вагонов в составах (по п/п, грузовым пунктам, вагоно-местам) и одновременное снижение числа маневровых локомотивов на промежуточных и грузовых станциях районов тяготения;

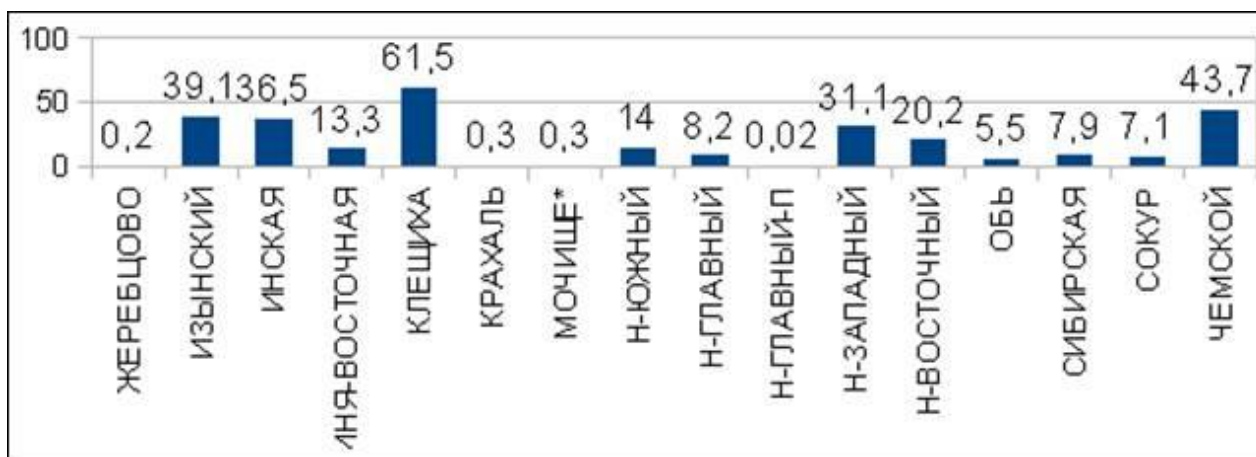
3. Ускорение формирования многоруппных составов поездов за счёт оптимизации маневровых рейсов [5, с. 63].

При переложении данной технологии на предлагаемый способ работы узла, нужно добавить, что на грузовых станциях суть переноса сортировочной работы сводится к тому, чтобы оставлять, например, на Новосибирске-Западном, местные вагоны назначением на станции узла, идущие с западного направления. А затем в передаточных поездах вывозить вагоны назначением на запад с этих станций обратно на данную грузовую станцию. Таким образом исключается двойной пробег вагонов по узлу и а станция Инская практически освобождается от местной работы с вагонами.

Обращаясь к официальным данным справки ДО-17 за 2011 г. по Инской, можно выявить поезда, местные вагоны из которых рациональнее было бы оставить на Новосибирске-Западном. Так например, поезда формированием на станциях Санкт-Петербург, Люблино-Сортировочная, Свердловск, Челябинск, Комбинатская, Московка, Входная и многие другие удобнее было бы перерабатывать на Новосибирске-Западном с использованием имеющегося и вновь восстановленного путевого развития с целью исключения из их составов местных вагонов.

После обработки справок ДО-17 за 8 месяцев 2011 г было установлено, что в среднем за сутки Инская перерабатывает 288,9 местных вагонов, приходящих с западного направления, что составляет около 10,3 % общего числа

перерабатываемых вагонов. Распределение этих вагонов по станциям узла представлено на диаграмме (рис. 2).



**Рисунок 2. Поступление местных вагонов с западного направления**

Простой местного вагона в Новосибирском узле в 2011 году составил 80,99 ч, что выше заданного норматива на 0,04 ч. При этом по Инской при плане простоя местного вагона 62,13 часа фактический простой составил 87,06 ч, в том числе, на ответственности ОАО «РЖД» перепростой составил 2,94 ч.

Для того, чтобы осуществлять вывоз местных вагонов по станциям узла, необходимо формировать передаточные поезда, число вагонов в которых не обязательно должно быть равно принятому 71 вагону.

Внедрение обозначенного способа распределения сортировочной работы может стать возможным после сравнения вариантов по таким показателям, как переработка вагонов по отдельным станциям и узлу в целом; затрата вагоно-часов накопления; затрата локомотиво-километров и необходимый парк поездных, передаточных и маневровых локомотивов; использование пропускной и перерабатывающей способности сортировочных и других устройств и необходимость их развития; потребный штат работников [6, с. 153].

После расчётов перерабатывающей способности станции Новосибирск-Западный при таком положении станет возможным определение потребности в восстановлении некогда убранных путей и горки малой мощности.

Предположительно, технико-технологические решения по Новосибирскому узлу будут относиться к 4 или 6 классам [2, с. 21], что подразумевает вынос местной работы или операций с транзитными поездами без переработки на вспомогательную станцию (Новосибирск-Западный), где при необходимости будет усилено техническое оснащение (1 класс решений), или развитие и использование грузовых станций (какой является станция Новосибирск-Западный) для сетевой сортировочной работы соответственно.

Предположительно, аналогичным способом возможно перенести часть сортировочной работы и на Новосибирск-Восточный. Для этого необходимо просчитать возможности имеющегося технического оснащения станции, при необходимости — возможность усиления путевого развития и расчёт основных показателей работы при данных условиях. К передаче части вагонопотока на Новосибирск-Восточный будут относиться местные вагоны, идущие с восточного направления. Расчёты по среднесуточному объёму работы будут представлены позже.

### **3. Оптимизация технологии работы Новосибирского узла и станции Инская с местными вагонами**

Рациональная организация вагонопотоков на полигоне Новосибирского железнодорожного узла предусматривает:

- распределение работы между сортировочной и грузовыми станциями с учётом технически допустимых объёмов переработки вагонов и числа назначений формируемых поездов по сортировочным системам и грузовым станциям;
- специализацию станций по организации поездов сетевого плана формирования и местных назначений, обеспечивающую ускорение продвижения вагонов;
- установление границ участков обращения поездных локомотивов и локомотивных бригад в узле и на подходах к нему, с учётом специализации станций [5, с. 55].

Обоснование мероприятий по снижению затрат на выполнение сортировочной работы в узлах предусматривает разработку вариантов плана формирования поездов, оценку их эффективности по затратам на накопление, переработку и продвижение вагонов по участкам с одновременным определением высвобождаемых мощностей на основе детальных технико-экономических расчётов по конкретным объектам.

Исходя из изложенного, решение задачи оптимизации технологии сортировочной работы в Новосибирском узле включает:

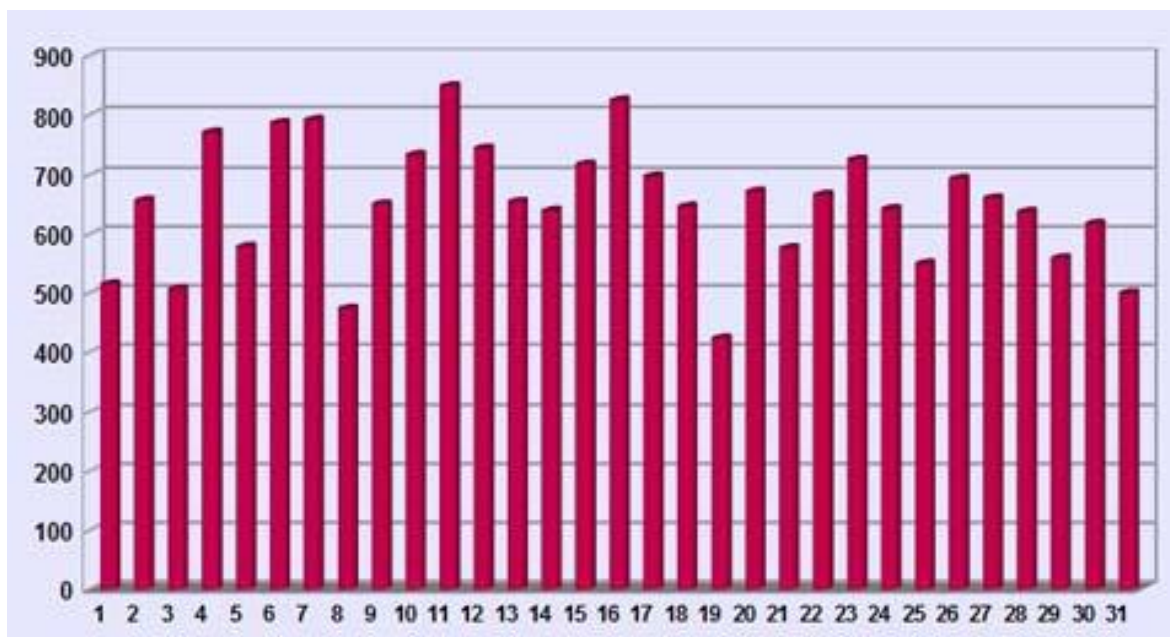
- разработку технико-экономических нормативов по станциям и участкам с целью оценки вариантов направления вагонопотоков и их организации в поезда;
- разработку вариантов расчётных вагонопотоков;
- разработку и оценку вариантов организации вагонопотоков, определение группы эффективных вариантов с учётом структуры оперативного управления перевозками на дороге;
- выявление целесообразности специализации станций по направлениям;
- увязку эффективных вариантов с сетевым и межгосударственным планом формирования поездов;
- обоснование изменений в технологии выполнения сортировочной работы на станциях;
- определение узких мест, препятствующих внедрению эффективных вариантов (необходимость открытия парков, развития сортировочных устройств, соединительных ветвей, укладки съездов, изменения схем работы поездных локомотивов и бригад и др.);
- проверку разработанных решений с учётом данных о перспективных объёмах работы;
- комплексную технико-экономическую оценку вариантов технологии сортировочной работы в узле, обоснование выводов и рекомендаций [5, с. 56].

Накопление местных вагонов на станции узла происходит в основном в нечётном сортировочном парке «С». Из 36 имеющихся в нём путей формированием одногруппных поездов заняты 6 путей (Новосибирск-Западный, Чемской, Мочище, Новосибирск-Восточный, Иня-Восточная, Инская), 1 путь — накопление 2-группного (Новосибирск-Южный, Новосибирск-Главный), 3 пути — накопление 4-группного до Клещихи. До небольших станций местные вагоны довозятся в составе сборных поездов, в сборном до Искитима, до Барабинска. В СП «В» чётной системы накапливаются местные вагоны до Крахаля в составе сборного поезда до станции Промышленная.

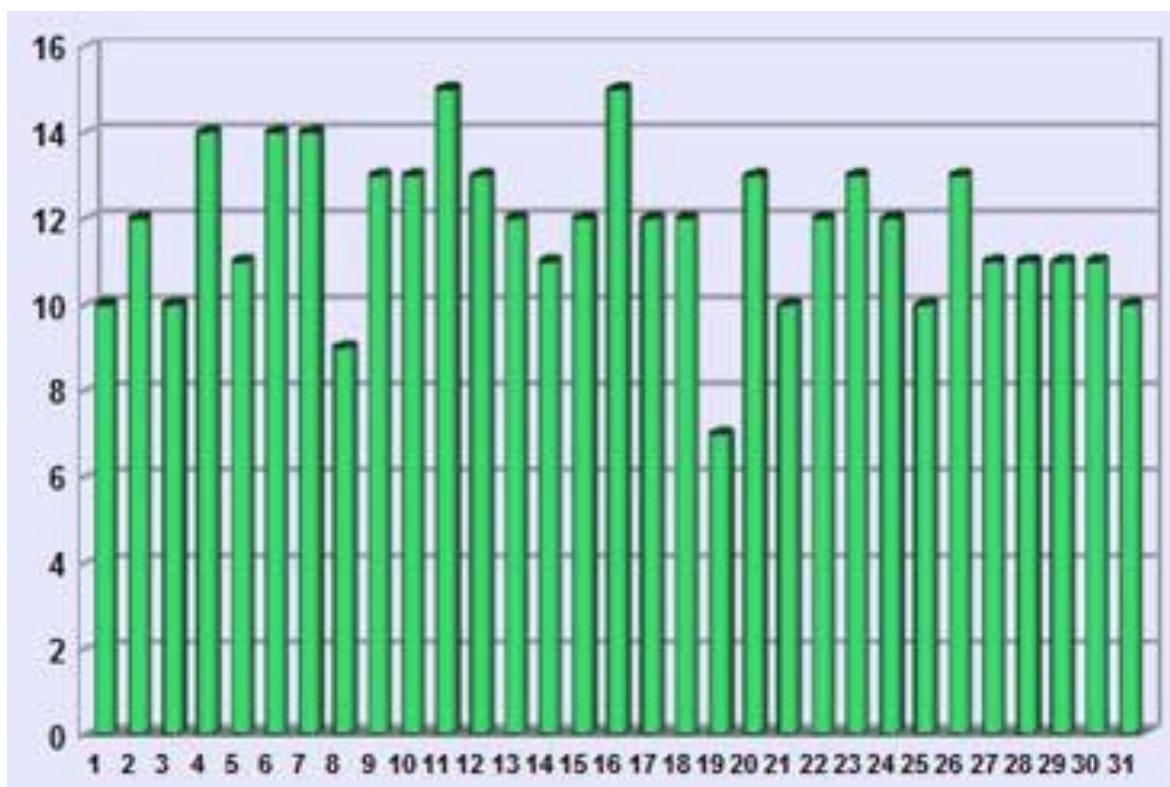
При сравнении октябрьской специализации, допустим, с маем выявлено, что 10 путей для накопления местных вагонов её сохраняют. И это при том, что длина передаточных поездов должна приближаться к норме в 71 условный вагон. Как видно из данных за октябрь, среднесуточный вагонопоток на каждое назначение не везде достигает этой величины, а это значит, что вагоны накапливаются более суток, что увеличивает время их простоя, а значит, и показатели работы станции.

По данным за октябрь 2011 по отправлению местных вагонов со станции, выявлены колебания вагонопотока, которые в пределах месяца составляют почти 400 единиц (рис. 3), что говорит и о его нестабильности, и, как следствие, о неравномерности интервалов отправляемых передаточных поездов (рис.4). Если говорить о среднесуточном количестве отправляемых вагонов, то это число составило 650.





*Рисунок 3. Отправление вагонов на узел со станции Инская*



*Рисунок 4. Отправление передаточных поездов со станции Инская*

Если рассмотреть зарождение вагонопотоков на станциях западного направления, то возникает задача изменения плана формирования: вместо одного назначения на Инскую придётся формировать два — на Инскую

и на Западный, или заниматься формированием 2-группного поезда, ставя вагоны в нужной последовательности (рис. 5). Это будет связано с дополнительными эксплуатационными затратами на этих станциях (например, на Московке). Зато позволит снизить их на сортировочной станции Инская.



*Рисунок 5. Вариант 1*

При варианте формирования 2-группного поезда на станции Московка (рис. 6), на Новосибирск-Западный придётся отцеплять группу местных вагонов и добавлять вагоны назначением на Инскую, причём так, чтобы в сумме они составляли полносоставный поезд. Возможно, это будут вагоны, собранные передаточными поездами со станций узла, требующих сортировки и дальнейшего отправления по сетевым назначениям, которые формирует станция Инская.



*Рисунок 6. Вариант 2*

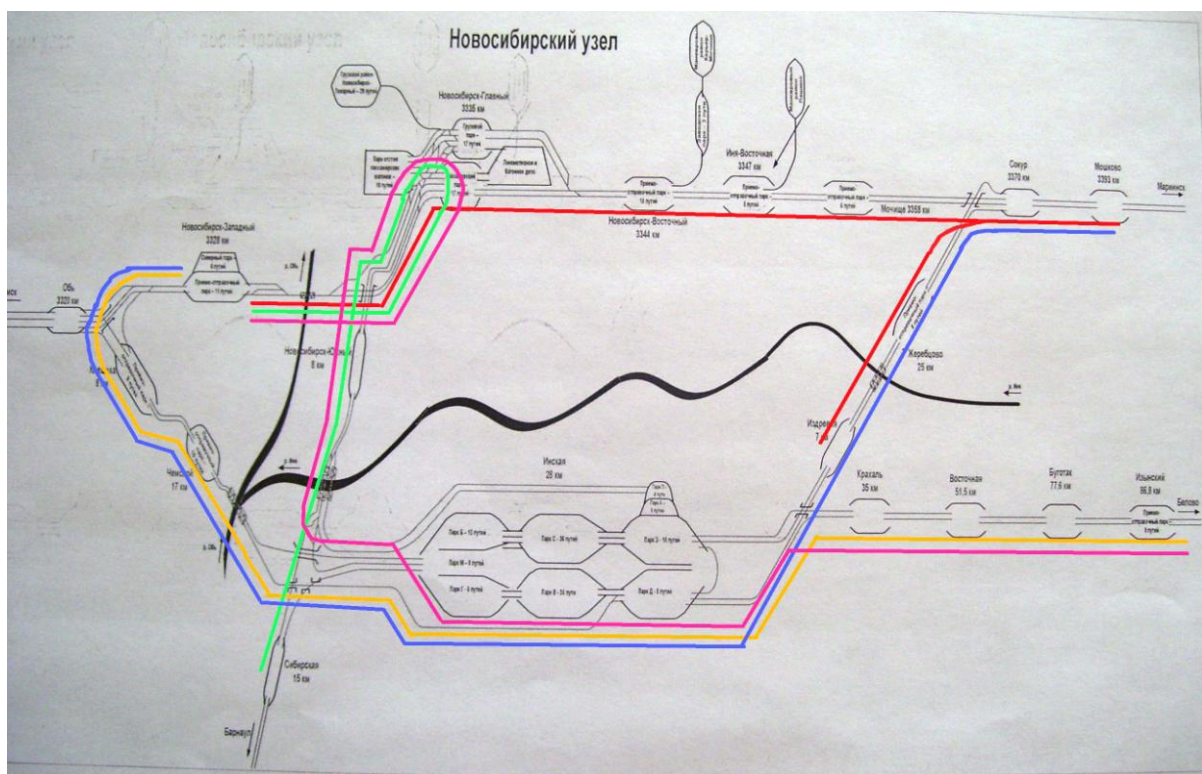
Другим вариантом (рис. 7) можно рассмотреть накопление всех местных вагонов на Инской на меньшем количестве путей, чем используется сейчас, и без подборки по группам (она будет производиться на Новосибирск-Западном при условии восстановления сортировочных мощностей). Это значительно снизит время простоя вагонов под накоплением в сортировочном парке и нагрузку на систему в целом. Однако увеличит пробег местных вагонов по узлу до Западного.



*Рисунок 7. Вариант 3*

Как было сказано ранее, местные вагоны до небольших малодеятельных станций узла отправляются в составе сборных поездов, идущих за пределы узла. Необходимо рассмотреть целесообразность постановки таких вагонов в состав вывозного поезда, следующего с Новосибирск-Западного по Новосибирскому узлу, что избавит от необходимости остановки поездов на данных станциях.

К возможным вариантам направления вагонопотоков с Новосибирска-Западного в восточную часть узла можно отнести несколько способов, представленных на рисунке 8 (через Главный и через Инскую). На юг до Сибирской можно отправлять вагоны в составе поезда Западный-Главный-Южный-Сибирская.



**Рисунок 8. Варианты направления вагонопотоков по Новосибирскому узлу**

Важной задачей при распределении сортировочной работы в узле между станциями является установление оптимальных параметров передаточного движения, а именно количества передаточных поездов и величины их составов. Поэтому для каждого варианта распределения работы с местными вагонами

необходимо определить количество передаваемых вагонов при перераспределении потоков с одной станции на другую, с учётом существующего передаточного движения между последними, и для этих вагонопотоков установить оптимальные размеры движения передаточных поездов, а также потребное количество локомотивов для их обслуживания [5, с. 78].

На поездную работу в узле влияет ряд факторов: неравномерность и неритмичность вагонопотоков по направлениям; относительно малые расстояния между станциями узла и, как следствие, небольшая доля времени нахождения локомотивов в движении; неоднородный состав поездопотоков; высокое заполнение пропускной способности отдельных соединительных линий [6, с. 158].

Оптимальные размеры передаточного движения определяются с учётом существующего передаточного вагонопотока между станциями и вагонопотока, возникающего при распределении сортировочной работы, и определяются числом передаточных поездов, при которых суммарные среднесуточные затраты будут минимальными для всей рассматриваемой системы.

При обосновании технологии передаточного движения в узле следует придерживаться следующего порядка:

- определение среднесуточных затрат на передаточное движение для каждого внутриузлового назначения;
- определение потребного парка передаточных локомотивов;
- комплексный выбор рациональных размеров передаточного движения для узла в целом;
- составление узлового графика движения поездов [5, с. 78].

### **Заключение**

В реферате рассмотрена имеющаяся на сегодняшний день технология работы Новосибирского узла и станции Инская как сортировочного центра с вагонами, поступающими в переработку, назначением на станции узла. Обозначен ряд проблем. При его анализе был предложен ряд изменений:

изменение вагонопотока, поступающего с западного направления, а также расходящегося по узлу со станции Инская, изменение плана формирования, установлена последовательность действий для доказательства их необходимости.

Необходимость перераспределения сортировочной работы между станциями при оперативном управлении возникает при несоответствии интенсивности подвода поездов и возможности их переработки. Следует отметить, что предлагаемый способ уменьшения объёма переработки вагонов на одной станции не вызывает её увеличения на такую же величину на других станциях [4, с. 248].

Приведении предложенной схемы существенно облегчится сортировочная работа на станции Инская, что, в свою очередь, увеличит скорость прохождения вагонов по Западно-Сибирской железной дороге.

### **Список литературы:**

1. Бородин А.Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года/ Бородин А.Ф. // Железнодорожный транспорт, вып. 1. М., 2008 г. — С. 48—54.
2. Бородин А.Ф., Агеев Р.В., Крылов А.С., Сиротич М.Б. Сортировочные станции: взаимодействие, размещение, развитие. Методологические принципы/ Бородин А.Ф., Агеев Р.В., Крылов А.С., Сиротич М.Б.// Железнодорожный транспорт, вып. 8. М., 2010 г. — С. 20—27.
3. О железнодорожной станции. Положение ОАО «Российские железные дороги» от 29.12.2006 г. № ВМ-12182(Д), 2006 г. — 44 с.
4. Теория оперативного управления перевозочным процессом : монография / Д.Ю. Левин. М.: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2008. — 624 с.
5. Управление перевозками в железнодорожных узлах: уч. пос./ Апатцев В.И., Бородин А.Ф., Бородина Е.В. М.: РГОТУПС, 2003 г. — 155 с.
6. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте: учебник, в 2 т., Т. 2./ Ковалёв В.И., Осьминин А.Т., Кудрявцев В.А. [и др.]; под ред. В.И. Ковалёва и А.Т. Осьминина. М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 440 с.

## ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Г. БАРНАУЛА

*Печатнова Елена Владимировна*

*студент 5 курса, кафедра БЖД АлтГУ, г. Барнаул*

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

*Яценко Михаил Владимирович*

*научный руководитель, канд. биол. наук, доцент, АлтГУ, г. Барнаул*

За последнее десятилетие парк автотранспортных средств увеличился более чем в два раза. В то же время протяженность городских улиц, проездов и набережных увеличилась всего на 4,5 %. Средняя скорость движения транспорта снизилась на многих участках улично-дорожной сети почти на 40 % и составляет: в мегаполисах 15—30 км/ч, в крупных городах — 20—40 км/ч, в часы «пик» падает до 5—10 км/ч, а при неблагоприятных погодных условиях движение на некоторых участках парализуется. Продолжающееся развитие торгово-промышленного и строительного комплексов способствует притоку грузового транспорта. Серьезной проблемой остается движение тяжеловесного и негабаритного транспорта в границах городов, оказывающего значительное влияние на пропускную способность участков улично-дорожной сети [5].

В течение длительного времени в нашей стране приоритет в развитии транспортного обслуживания отдавался общественному пассажирскому транспорту и в качестве расчетного городов уровень автомобилизации принимался 60 авт./1000 жителей. Именно на этот уровень автомобилизации и была создана вся транспортная инфраструктура и система управления дорожным движением современных российских городов [2].

К 2020—2025 гг. в российских городах ожидается уровень автомобилизации порядка 550 авт. на 1000 жителей. С учетом этого уже сегодня требуется пересмотреть всю стратегию развития городов с точки зрения организации движения транспорта и пешеходов.

Проблема транспортных заторов с каждым годом становится серьезнее и для нашего города. В Барнауле ежегодно прибавляется 10—12 тысяч автомобилей. Однако существующая сложная ситуация начала формироваться

задолго до начала усиленного роста количества транспорта. Не говоря о советской застройке города, можно отметить что много ошибок было заложено в 90-е годы: тогда надо было проектировать транспортные развязки внутри города, а не выделять участки под застройку элитных домов и не втыкать здания вплотную к проезжей части, сыграли свою роль и другие плоды экономического роста — многочисленные торговые центры, большинство из которых строится вплотную к дороге и без просторных парковок.

Однако вопросу совершенствования ОДД до сих пор не уделяется должного внимания. Проводимые мероприятия в сфере ОДД, как правило, локальны, плохо взаимосвязаны и не составляют в целом единую общегородскую систему. Так в Барнауле планируется развитие системы «Зеленая волна», ее принцип в том, что если водитель выезжает на зеленый свет на одном перекрестке и постоянно движется с рекомендуемой скоростью, то на каждом следующем светофоре он будет попадать только на зеленый свет. При идеальном варианте должна осуществляться связь между перекрестками и центральным управляющим пунктом, который находится на базе МУП «Барнаулгорсвет» (при возникновении транспортного затора оператор имеет возможность скорректировать дорожную ситуацию с помощью ручного управления сигналами светофоров). К АСУДД подключены: Ленина — все перекрестки от Ползунова до Северо-Западной подключены к управляющему пункту, Красноармейский — полностью, Социалистический — только перекресток на Молодежной, Комсомольский — большинство перекрестков — 7 из 9. Однако ожидаемой эффективности «Зелена волна» не приносит, т. к. не было направлено нужное количество денег на техническое оборудование [1].

Нужного эффекта пока не приносит и принятый барнаульской городской думой нормативный правовой акт, в котором отражены проблемы и способы решения проблем загруженности улиц г. Барнаула, аварийности на дорогах и др. В нем указывается, что в связи с большой загруженностью магистралей автомобильным транспортом планируется разгрузить центральную часть города с использованием периферийных улиц, совершенствовать маршрутную



сеть города (изменение маршрутов, обслуживаемых автобусами особо малой вместимости с переносом их трасс движения с пр-кта Красноармейский на пр-кт Социалистический, с пр-кта Ленина на пр-кт Комсомольский, расширение проезжих частей, осуществить создание удобных комплексных пересадочных узлов между маршрутами пригородного сообщения и городскими), устранить в центральной части города стоянок легкового транспорта, так как припаркованные автомобили занимают часть крайней правой полосы, делая ее непригодной для движения транспорта. Также предлагается вариант отвода грузовых потоков от улиц города с помощью: центральной дуговой магистрали (разгрузка пр-кта Строителей, ул. Челюскинцев); северного обхода (отвод транзитного движения с внутригородского участка Змеиногорского тракта и Обского моста) [4].

Однако для принятия комплексного и эффективного решения проблемы транспортных заторов необходимо тщательное исследование существующей ситуации на дорогах.

В настоящей работе для выявления наиболее загруженных участков дорог г. Барнаула использовалась информационная система компании ООО «М2М телематика-Алтай» реализованная на сайте <http://bus22.m2m-altai.ru/>. Анализировалась информация о транспортных заторах г. Барнаула с июля по ноябрь 2011 год. На указанном сайте расположена масштабируемая карта с указанием улиц. С помощью использования различных вкладок можно наблюдать перемещение общественного транспорта, просматривать маршрут его следования, получать достоверную информацию о возникновении транспортных заторов. Красным цветом обозначено движение потока со скоростью 0—15 км/ч, желтым: 15—30 км/ч, зеленым — от 30 км/ч. Данная система входит в М2М-РЕГИОН региональную навигационно-информационную систему транспортного комплекса. Она является элементом Интеллектуальной транспортной системы (ИТС), функционирующей на базе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС Форум». Система ГЛОНАСС включает в себя три сегмента: космический сегмент

с орбитальной группировкой КА; сегмент управления — наземный комплекс управления (НКУ) орбитальной группировкой КА; сегмент НАП — аппаратуры пользователей [3].

Для выявления заторов на улицах города использовалась информация 5-ти месяцев наблюдений, в разное время суток, при всевозможных погодных условиях. Дорожная ситуация фиксировалась в виде принтскринов программы М2М телематика, работающей в режиме реального времени. С помощью программы Photoshop снимки обрабатывались и обобщались (методом наложения слоев). Необходимые для обработки изображения отбирались с помощью анализа цветовой гаммы — использовались графические данные содержащие красные линии, которые свидетельствуют о затруднении движения.

В ходе выполнения настоящей работы были определены временные интервалы, в период которых наблюдались максимальные по протяженности и количеству пробки на улицах г. Барнаула — это в 8—9, 12—14, 17—19 часов (начало работы, обед, окончание работы).

Из полученных результатов следует, что в городе существуют 2 наиболее проблемные зоны: Павловский тракт (особенно пересечение с ул. Строителей) и пр-т Ленина (мост через железнодорожные пути в районе «Нового рынка»), это связано с условным делением железной дорогой города на 2 части, и жители ездят из одной в другую. Также трудная ситуация на перекрестках Ленина — Матросова, Ленина — Северо-Западная, пл. Октября, Вокзал. Указанные места находятся рядом с наиболее проблемными участками дороги, а также характеризуются повышенным потоком автомобилей в разное время суток. Зачастую обостряется проблема транспортных заторов на участке пр. Ленина от Мало-Тобольской до ул. Анатолия, ул. Партизанская и Пролетарская от пр. Ленина до пр. Красноармейский, а также пр. Красноармейский. Это связано с тем, что эти отрезки улиц находятся в центральной части города.

При регулярном исследовании особенностей дорожной ситуации города можно принять эффективное и рациональное решение в области проблемы транспортных заторов.

### **Список литературы:**

1. Информационное агенство «АМИТЕЛ» [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.amic.ru/news/153177> (дата обращения 14.01.2012 г.).
2. Лобанов Е.М. Транспортные проблемы современных больших городов // Материалы целевой конференции «Структура и задачи инженерной деятельности по организации дорожного движения». СПб., 2007. — С. 151—157.
3. М2М телематика-Алтай [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://m2m-altai.ru/technologies-glonass> (дата обращения 13.10.2011 г.).
4. Решение городской думы № 538 от 03.06.2011 «Об утверждении Стратегии развития городского пассажирского транспорта в городе Барнауле на 2011—2015 годы» [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.barnaul.org/vlast/duma/decisions/reshenija\\_2011\\_goda/reshenie\\_538\\_ot\\_03062011\\_ob/](http://www.barnaul.org/vlast/duma/decisions/reshenija_2011_goda/reshenie_538_ot_03062011_ob/) (дата обращения 24.11.2011 г.).
5. Якимов А.Ю., Смирнов Е.А. Организация дорожного движения в городах (проблемы и пути их решения) // Материалы целевой конференции «Структура и задачи инженерной деятельности по организации дорожного движения». Санкт-Петербург, 2007. — С. 3—7.

## СЕКЦИЯ 11. ЭНЕРГЕТИКА

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В БЫТУ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Печатнов Алексей Вадимович*  
*студент 5 курса, кафедра БЖД АлтГУ, г. Барнаул*  
*E-mail: [m37a0777@yandex.ru](mailto:m37a0777@yandex.ru)*

*Яценко Михаил Владимирович*  
*научный руководитель, канд. биол. наук, доцент АлтГУ, г. Барнаул*

Проблемой энергосбережения в настоящее время занимаются во многих странах, в том числе и в нашей, поэтому эта проблема актуальна. Правительства разных стран принимают новые законы и проекты по энергосбережению. Одна из важнейших стратегических задач нашей страны, поставленная президентом (Указ № 889 от 4 июня 2008 года «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики») — сократить энергоёмкости отечественной экономики на 40 % к 2020 году. Однако для ее реализации необходимо создание совершенной системы управления энергоэффективностью и энергосбережением.

Первые шаги по выполнению этой задачи уже выполняются, и имеется план на будущее. Например с 23 ноября 2009 года президент России подписал принятый ранее Госдумой закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ФЗ № 261). *Согласно этому документу:*

- с 1 января 2011 года к обороту на территории страны не допускается продажа электрических ламп накаливания мощностью 100 Вт и более, а также не допускается размещение заказов на поставки электрических ламп накаливания для государственных или муниципальных нужд;

- с 1 января 2013 года — электроламп мощностью 75 Вт и более;
- с 1 января 2014 года — ламп мощностью 25 Вт и более.

Исходя из выше сказанного, возникает вопрос — а какие источники света использовать в быту? Использовать много маломощных ламп накаливания или заменить их другими, но тогда какими именно? В доступной нам литературе отсутствует информация о том, насколько энергосберегающие лампы эффективнее и безопаснее (физически и физиологически) ламп накаливания. Несмотря на пестрые рекламные этикетки на энергосберегающих лампах, в которых говорится, что она, превосходящая по цене почти в десять раз лампу накаливания, будет потреблять в пять раз меньше энергии и служить в восемь раз дольше, потребители с недоверием покупают их.

Поэтому актуально провести исследование, сравнив разные источники искусственного освещения.

В настоящее время существует огромное многообразие источников искусственного освещения, различающимся по форме, размерам и техническим характеристикам. Однако, несмотря на все многообразие, все источники искусственного света можно разделить на три класса:

Лампы накаливания — к ним относятся все лампы, работающие по принципу температурного излучения.

Газоразрядные — к этому классу относят все виды ламп, работающие на принципе свечения «газа».

Светодиодные — это лампы на основе специально выращенного кристалла (состоящий, в основном, из полупроводника), который преобразует электрический ток, непосредственно, в световое излучение.

**Лампы накаливания** являются лампами общего и специального назначения, декоративные лампы и лампы с отражателем. Световая отдача ламп накаливания в диапазоне от 25 до 1000 Вт составляет примерно от 9 до 19 лм/Вт для ламп со средним сроком службы 1000 ч. Выпускаются лампы, адаптированные к колебаниям напряжения в сети, рассчитанные на повышенное напряжение (230—240 В) (при повышении напряжения в сети на 10 % срок службы обычных ламп сокращается в 3 раза), что позволяет дольше сохранять их технические характеристики.

*Основные особенности ламп накаливания:*

- изготовление в широком ассортименте, рассчитанном на самые разные мощности и напряжения, и различных типов, приспособленных к определенным условиям применения;

- непосредственное включение в сеть без дополнительных аппаратов;

- работоспособность (хотя и с резко изменяющимися характеристиками) даже при значительных отклонениях напряжения сети от номинального;

- незначительное (около 15 %) снижение светового потока к концу срока службы;

- почти полная независимость от условий окружающей среды (вплоть до возможности работать погруженной в воду), в том числе от температуры;

- компактность;

- низкая стоимость лампы и необходимого для нее оборудования.

- *Недостатки:*

- низкий световой КПД (только 5—7 % энергии преобразуется в свет);

- высокая рабочая температура;

- недолговечность, ограниченный срок службы;

- значительное отличие спектра излучения раскаленной нити лампы от спектра дневного света;

- преобладание в спектре излучений желто-красной части спектра,

- заметные колебания светового выхода при изменениях напряжения питания, большая зависимость характеристик лампы от подводимого напряжения (с повышением напряжения возрастает температура нити накала, и, как следствие, свет становится белее, быстро возрастает световой поток и несколько медленнее световая отдача, резко уменьшается срок службы) [2].

Более значимый из перечисленных недостатков, это недостаток в сфере безопасности т. к. лампы накаливания представляют пожарную опасность. Через 30 минут после включения ламп накаливания температура наружной поверхности достигает в зависимости от мощности следующих величин:

40 Вт — 145°C, 75 Вт — 250°C, 100 Вт — 290°C, 200 Вт — 330°C. При соприкосновении ламп с текстильными материалами их колба нагревается еще сильнее. Солома, касающаяся поверхности лампы мощностью 60 Вт, вспыхивает примерно через 67 минут [1].

**Светодиодные источники света**, на момент написания статьи, для освещения бытовых помещений не применяются (в основном встречаются в муниципальных помещениях). Данные лампы устанавливаются по специальным заказам, а для обычных потребителей доступны маломощные варианты, не пригодные для освещения помещения.

**Газоразрядные источники света** представляют собой стеклянную, керамическую или металлическую (с прозрачным выходным окном) оболочку, содержащую газ, некоторое количество металла или др. вещества с достаточно высокой упругостью пара. В оболочку герметично вмонтированы электроды, между которыми происходит разряд. Существуют газоразрядные источники света с электродами, работающими в открытой атмосфере или протоке газа.

*Различают:*

- газосветные лампы — излучение создаётся возбуждёнными атомами, молекулами, рекомбинирующими ионами и электронами;
- люминесцентные лампы — источником излучения являются люминофоры, возбуждаемые излучением газового разряда;
- электродосветные лампы — излучение создается электродами, разогретыми разрядом [1].

Более подробно мы рассмотрим лишь люминесцентные лампы, в частности компактные люминесцентные лампы, из-за их большего распространения и адаптации к использованию в бытовых условиях.

Современные компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) бытового назначения выпускается в трех исполнениях, отличающихся световой температурой 2700 К, 4200 К, 6400 К. Цветовая температура определяет цветность излучаемого света — теплый белый, холодный белый и дневной

белый свет. Зрительный комфорт обеспечивается высокочастотным режимом работы ЭПРА (более 40 кГц).

подавляющее большинство КЛЛ оснащены электронным пускорегулирующим аппаратом (ЭПРА) (о нем говорилось выше), которые используются вместо стартеров, электромагнитных дросселей и конденсаторов. ЭПРА значительно энергоэкономичней, чем традиционные электромагнитные ПРА, так как потери мощности в балласте не происходит, а также благодаря ЭПРА не имеют и акустических (шум) эффектов, что делает их относительно безвредными для человека и позволяет применять их в любых помещениях.

Глаз человека не воспринимает пульсации яркости, что обычно имеет место для трубчатых ламп дневного света, работающих на частоте 50 Гц. Благодаря функции «плавного старта» (КЛЛ зажигается в течении 2—3 секунд, обеспечивая постепенный прогрев спирали электродов) частые включения и выключения не сказываются на ее сроке службы (в отличии от трубчатых). Это позволяет лампе выдерживать более 500000 включений. Номинальный средний срок службы КЛЛ составляет 10000 часов. Содержание ртути в КЛЛ — не более 3 мг на одну лампу. Кроме того, ртуть в лампах содержится не в чистом виде, а в виде амальгамы (ртуть, растворенная в металлах), что заметно снижает ее токсичность. В отличии от КЛЛ в ЛЛ содержание ртути выше, например в лампе ЛБ-80 (лампа люминесцентная белая, мощностью 80 Вт; световой поток — 5200 лм; цветовая температура — 3500 К; средняя продолжительность горения — 12 000 часов; длина лампы — 1513,6 мм; диаметр лампы — 40 мм) согласно нормативно-технической документации содержится от 20 до 70 мг ртути [5].

Пожаро- и взрывобезопасность, а также защита от поражения потребителя электрическим током возросли на порядок, кроме того, качественные КЛЛ от ведущих производителей, как правило, имеют защиту от перегрузок по току, защиту при повреждении излучающего блока, травмобезопасные неизвлекаемые цоколи и ряд других усовершенствований, направленных на обеспечение безопасности эксплуатации ламп.



Уменьшение габаритов КЛЛ позволило применять их как в отдельной осветительной установке, так и для прямой замены ЛН в светильниках со стандартными патронами, рассчитанными на использование резьбового «эдисоновского» цоколя.

Среди недостатков — относительная громоздкость, необходимость в специальном пускорегулирующем устройстве, чувствительность к температуре окружающего воздуха.

Для более тщательного сравнения, относительно проблемы замены ламп накаливания на энергосберегающие, а в частности компактные люминесцентные лампы, было проведено исследование.

Для проведения исследования использовались КЛЛ мощностью 15 Вт (эквивалентно 75 Вт лампы накаливания) различных фирм, теплового спектра и лампы накаливания мощностью 75 Вт. Проводилось исследование отношения падающего светового потока к величине поверхности (Лк) в зависимости от конструкционных и технических особенностей, а также его изменения в процессе эксплуатации КЛЛ. Это позволяет определить насколько данный источник искусственного освещения эффективен.

В ходе эксперимента было выявлено:

1. Световой поток лампы накаливания соответствует световому потоку КЛЛ холодного белого света спиралевидной формы. У КЛЛ теплого белого света световой поток ниже лампы накаливания, а у дневного белого выше.

2. КЛЛ не зависимо от конструкции имеют период разгорания. У спиралевидных ламп оптимальная светоотдача достигается в течении 40—60 с., а у U — образные включаются с задержкой по времени и оптимальная светоотдача достигается в течении 60—90 с.

3. Рабочая температура КЛЛ намного ниже — около  $\sim 60^{\circ}\text{C}$ , чем у лампы накаливания ( $\sim 250^{\circ}\text{C}$ ), т. е пожаробезопасна.

4. По тепловому световому спектру КЛЛ наиболее приближены к естественному солнечному (в зависимости от модели до 6400 К).

5. В процессе эксплуатации через 800 часов световой поток у КЛЛ снижается ~ на 15 %.

6. Поскольку напряжение в бытовой осветительной сети отличается от номинального рабочего напряжения КЛЛ, то при измерении потребляемой мощности при реальном напряжении (230 В), было выявлено, что лампа накаливания с номиналом 75 Вт — потребляет 63,3 Вт, а КЛЛ с номиналом 15 Вт — потребляет 12,1 Вт.

7. В пересчете на реальную потребляемую мощность и при стоимости 1 кВт/ч — 3 руб. КЛЛ (при стоимости 100 руб.) окупаются через 600 ч.

Полученные исследования показывают высокий экономический эффект от использования КЛЛ. Однако в корпусе КЛЛ содержится ртуть. В обычных условиях ртуть — тяжелый жидкий металл, весьма агрессивный по отношению к различным конструкционным материалам, что вызывает коррозию и разрушение производственных, транспортных и бытовых объектов и изделий. Атомы ртути способны прочно связываться с атомами углерода, что приводит к образованию ртутьорганических соединений (например, метилртути), чрезвычайно опасных для живых организмов. По своему воздействию на организм человека ртуть принадлежит к числу тиоловых ядов, нарушающих белковый обмен и ферментативную деятельность. Она токсична (ядовита) для человека практически в любом своем состоянии и отличается широким спектром и разнообразием проявлений вредного действия. Наряду с отравлениями ртуть и ее соединения влияют на половые железы, воздействуют на зародыши, вызывают пороки развития и уродства, приводят к генетическим изменениям у людей. Особенно сильно ртуть поражает нервную и выделительную системы. Воздействие ртутьорганических соединений приводит к тяжелым поражениям центральной нервной системы (нервные клетки могут полностью разрушаться), мышечным расстройствам, нарушению зрения и слуха, расстройству речи, к боли в конечностях. Эти явления практически необратимы и требуют длительного лечения, хотя бы

для их снижения. Для непродуцированных условий наиболее типичны именно хронические отравления людей [3].

По гигиеническим нормативам Минздрава России предельно допустимая концентрация (ПДК) ртути в атмосферном воздухе населенных мест составляет  $0,0003 \text{ мг/м}^3$  [4], и этот элемент относится к I классу опасности. В паспорте КЛЛ указано, что содержание Hg около 3 мг на 1 лампу [6]. Таким образом при разбитии КЛЛ в жилом помещении происходит многократное превышение норм ПДК. В большинстве регионов централизованная утилизация КЛЛ отсутствует, что ведет к тому, что указанный опасный элемент попадает в окружающую среду: атмосферу, почву, водные объекты, что ведет к ухудшению здоровья населения, нарушению экосистем и может привести к экологическим бедствиям.

### **Список литературы:**

1. XXI век: энергосбережение и энергоэффективность // Искусственные источники света [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://nano-ural.narod.ru/svet.html> (дата обращения: 26.08.2012).
2. Абдуллаев С.Ф, Назаров Б.И., Маслов В.А., Абдуллаева М.С. Исследования характеристик энергосберегающих ламп // Физика атмосферы № 3, 2010. — с. 54—62.
3. Бабков-Эстеркин В.И., Кузнецов А.В. Проблемы ртутного заражения твердых бытовых отходов // Материалы семинара № 8 симпозиума «Неделя горняка-2008». Москва, 2009. — с 185—187.
4. ГН 2.1.6.1338-03 Гигиенические нормативы Минздрав России Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
5. Зайцев А.В. Энергосберегающие технологии современной техники бытового и жилищно-коммунального назначения // Техничко-технологические проблемы сервиса № 3, 2010. — с 46—51.
6. Паспорт компактная люминесцентная лампа (КЛЛ) со встроенным электронным пускорегулирующим аппаратом TM UNIVERSAL.

## СЕКЦИЯ 12. МАТЕМАТИКА

### ПРОИЗВЕДЕНИЯ КОНЕЧНОГО ЧИСЛА ВЕКТОРОВ

*Бондаренко Раиса Александровна*

*студент 2 курса, факультет естественных наук и математики,  
Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан  
E-mail: [dafnarucia@mail.ru](mailto:dafnarucia@mail.ru)*

*Магасумов Григорий Сунизянович*

*научный руководитель, доцент кафедры высшей математики, СВГУ,  
г. Магадан*

Цель данной работы — разработать теорию произведений конечного числа векторов по аналогии с произведением четырех, пяти и шести векторов.

В пособии Г.Ф. Лаптева [1] доказано, что:

1. Все произведения четырех векторов выражаются линейно через произведения только двух типов:

$$1. (\vec{a} \cdot \vec{b}) \cdot (\vec{c} \cdot \vec{d}), \quad 2. (\vec{a} \cdot \vec{b}) \cdot (\vec{c} \times \vec{d}).$$

2. Всякое произведение пяти векторов линейно выражается через произведения двух типов:

$$1. (\vec{a} \cdot \vec{b}) \cdot (\vec{c} \cdot \vec{d}) \cdot \vec{e}, \quad 2. (\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}) \cdot (\vec{d} \cdot \vec{e}).$$

3. Всякое произведение шести векторов является линейной комбинацией произведений двух типов:

$$1. (\vec{a} \cdot \vec{b}) \cdot (\vec{c} \cdot \vec{d}) \cdot (\vec{e} \cdot \vec{f}) \quad 2. (\vec{a} \cdot \vec{b}) \cdot (\vec{c} \cdot \vec{d}) \cdot (\vec{e} \times \vec{f})$$

Рассмотрим произведения конечного числа векторов и предложим два способа исследования.

**I способ.** Все указанные произведения сводятся к линейной комбинации двух основных произведений, одно из которых является скаляром, а другое — вектором. Сделаем гипотезу — что любое произведение  $n$  векторов является линейной комбинацией основных произведений, которые имеют в зависимости от числа  $n$  следующий вид.

Если  $n = 2k$ , то основные произведения равны:

$$\text{I. } (\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{n-1} \cdot \vec{a}_n) \text{ — скаляр,}$$

$$\text{II. } (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{n-1} \cdot \vec{a}_n) \text{ — вектор.}$$

Если  $n = 2k + 1$ , то основные произведения имеют вид:

$$\text{III. } (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3) \cdot (\vec{a}_4 \cdot \vec{a}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{n-1} \cdot \vec{a}_n) \text{ — скаляр,}$$

$$\text{IV. } (\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{n-2} \cdot \vec{a}_{n-1}) \cdot \vec{a}_n \text{ — вектор.}$$

Будем доказывать для  $p$  векторов.

Пусть  $p = 2q$  (воспользуемся тем, что чётное число  $p$  представимо в виде суммы либо двух чётных, либо двух нечетных чисел  $l$  и  $m$ , а также предположим, что указанная гипотеза верна для этих  $l$  и  $m$  векторов).

1. Рассмотрим случай, когда два числа четны

а) Умножим скаляр на скаляр:

$$((\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l)) \cdot ((\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m)) \text{ —}$$

это есть произведение вида (I)

б) Умножим скаляр на вектор:

$$((\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l)) \cdot ((\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m)) \text{ —}$$

это есть произведение (II)

в) Умножим вектор на вектор скалярно, получим

$$((\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l)) \cdot ((\vec{b}_1 \times \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m))$$

Вынесем все скаляры за знак скалярного умножения, в скобках получится формула [1, формула (5.7)]:

$$(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot (\vec{c} \times \vec{d}) = \begin{vmatrix} \vec{a} \cdot \vec{c} & \vec{b} \cdot \vec{c} \\ \vec{a} \cdot \vec{d} & \vec{b} \cdot \vec{d} \end{vmatrix},$$

а это произведение выражается через основные произведения.

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1 \times \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right) = (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \cdot \left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{b}_1 \times \vec{b}_2) \right)$$

произведение типа (I).

г) Умножим вектор на вектор вектор но, тогда имеем

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \times \left( (\vec{b}_1 \times \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right)$$

Вынесем все скаляры за знак скалярного умножения, в скобках получится произведение [1, формула (5.14)]

$$\begin{aligned} (\vec{a} \times \vec{b}) \times (\vec{c} \times \vec{d}) &= (\vec{a} \cdot \vec{c}) \cdot (\vec{b} \times \vec{d}) + (\vec{c} \cdot \vec{d}) \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) + (\vec{b} \cdot \vec{c}) \cdot (\vec{a} \times \vec{d}) - (\vec{a} \cdot \vec{d}) \cdot (\vec{b} \times \vec{c}) - \\ &- (\vec{b} \cdot \vec{d}) \cdot (\vec{a} \times \vec{c}) - (\vec{c} \cdot \vec{d}) \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) \end{aligned},$$

которое линейно выражается через основные произведения.

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \times \left( (\vec{b}_1 \times \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right) = (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \cdot \left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \times (\vec{b}_1 \times \vec{b}_2) \right)$$

произведение типа (II).

**2.** Рассмотрим случай, когда два нечетных числа  $l$  и  $m$ .

а) Умножим скаляр на скаляр

$$\left( (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3) \cdot (\vec{a}_4 \cdot \vec{a}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1, \vec{b}_2, \vec{b}_3) \cdot (\vec{b}_4 \cdot \vec{b}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right)$$

Вынесем все скаляры за знак скалярного умножения, в скобках получится произведение [1, формула (5.25)]

$$(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}) \cdot (\vec{f}, \vec{d}, \vec{e}) = \begin{vmatrix} \vec{a} \cdot \vec{f} & \vec{b} \cdot \vec{f} & \vec{c} \cdot \vec{f} \\ \vec{a} \cdot \vec{d} & \vec{b} \cdot \vec{d} & \vec{c} \cdot \vec{d} \\ \vec{a} \cdot \vec{e} & \vec{b} \cdot \vec{e} & \vec{c} \cdot \vec{e} \end{vmatrix},$$

которое также выражается через основные произведения.

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \cdot \overrightarrow{a_3} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a_4} \cdot \overrightarrow{a_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-1}} \cdot \overrightarrow{a_l} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \cdot \overrightarrow{b_3} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_4} \cdot \overrightarrow{a_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-1}} \cdot \overrightarrow{b_m} \right) = \left( \overrightarrow{a_4} \cdot \overrightarrow{a_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-1}} \cdot \overrightarrow{a_l} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_4} \cdot \overrightarrow{b_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-1}} \cdot \overrightarrow{b_m} \right) \left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \cdot \overrightarrow{a_3} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \cdot \overrightarrow{b_3} \right)$$

произведение типа (I).

б) Умножим скаляр на вектор

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \cdot \overrightarrow{a_3} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a_4} \cdot \overrightarrow{a_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-1}} \cdot \overrightarrow{a_l} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \overrightarrow{b_m}$$

Вынесем все скаляры за знак скалярного умножения, в скобках получится формула [1, формула (5.16)]

$$\left( \overrightarrow{a}, \overrightarrow{b}, \overrightarrow{c} \right) \cdot \overrightarrow{d} = \left( \overrightarrow{a} \cdot \overrightarrow{d} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b} \times \overrightarrow{c} \right) + \left( \overrightarrow{b} \cdot \overrightarrow{d} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a} \times \overrightarrow{c} \right) + \left( \overrightarrow{a} \times \overrightarrow{b} \right) \cdot \left( \overrightarrow{c} \cdot \overrightarrow{d} \right),$$

представляющая из себя комбинацию основных произведений.

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \cdot \overrightarrow{a_3} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a_4} \cdot \overrightarrow{a_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-1}} \cdot \overrightarrow{a_l} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \overrightarrow{b_m} = \left( \overrightarrow{a_4} \cdot \overrightarrow{a_5} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-1}} \cdot \overrightarrow{a_l} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \cdot \overrightarrow{a_3} \right) \cdot \overrightarrow{b_m}$$

произведение типа (II).

в) Умножим вектор на вектор скалярно

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-2}} \cdot \overrightarrow{a_{l-1}} \right) \cdot \overrightarrow{a_l} \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \overrightarrow{b_m}$$

Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, в скобках останется скалярное произведение двух векторов

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-2}} \cdot \overrightarrow{a_{l-1}} \right) \cdot \overrightarrow{a_l} \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \overrightarrow{b_m} = \left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-2}} \cdot \overrightarrow{a_{l-1}} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a_l} \cdot \overrightarrow{b_m} \right)$$

произведение типа (I).

г) Умножим вектор на вектор векторно

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-2}} \cdot \overrightarrow{a_{l-1}} \right) \cdot \overrightarrow{a_l} \times \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \overrightarrow{b_m}$$

Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, в скобках останется векторное произведение двух векторов

$$\left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-2}} \cdot \overrightarrow{a_{l-1}} \right) \cdot \overrightarrow{a_l} \times \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \overrightarrow{b_m} = \left( \overrightarrow{a_1} \cdot \overrightarrow{a_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{a_{l-2}} \cdot \overrightarrow{a_{l-1}} \right) \cdot \left( \overrightarrow{b_1} \cdot \overrightarrow{b_2} \right) \cdot \dots \cdot \left( \overrightarrow{b_{m-2}} \cdot \overrightarrow{b_{m-1}} \right) \cdot \left( \overrightarrow{a_l} \times \overrightarrow{b_m} \right)$$

произведение типа (II).

Пусть  $p = 2q + 1$  (воспользуемся тем, что нечётное число  $p$  представимо в виде суммы чётного и нечетного чисел  $l$  и  $m$ , а также предположим, что указанная гипотеза верна для этих  $l$  и  $m$  векторов).

а) умножим скаляр на скаляр

$$\left( (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3) \cdot (\vec{a}_4 \cdot \vec{a}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right)$$

Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, в скобках останется смешанное произведение

$$\left( (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3) \cdot (\vec{a}_4 \cdot \vec{a}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right) = (\vec{a}_4 \cdot \vec{a}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_3 \cdot \vec{b}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \cdot (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3)$$

произведение типа (III);

б) Умножим скаляр на вектор (скаляр есть произведение чётного числа векторов типа (I), а вектор — нечетного числа векторов типа (IV))

$$\left( (\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-2} \cdot \vec{b}_{m-1}) \cdot \vec{b}_m \right)$$

Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, то останется один вектор — это произведения типа (I).

в) Умножим скаляр на вектор (скаляр есть произведение нечётного числа векторов типа (III), а вектор — четного числа векторов типа (II))

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1, \vec{b}_2, \vec{b}_3) \cdot (\vec{b}_4 \cdot \vec{b}_5) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-1} \cdot \vec{b}_m) \right)$$

Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, то останется произведение, которое можно разложить по формуле [1, формула (5.22)]

$$(\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}) \cdot (\vec{d} \times \vec{e}) = \begin{vmatrix} \vec{a} & \vec{b} & \vec{c} \\ \vec{a} \cdot \vec{d} & \vec{b} \cdot \vec{d} & \vec{c} \cdot \vec{d} \\ \vec{a} \cdot \vec{e} & \vec{b} \cdot \vec{e} & \vec{c} \cdot \vec{e} \end{vmatrix},$$

то есть получим произведение типа (IV).

г) Умножим вектор на вектор скалярно

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \cdot \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-2} \cdot \vec{b}_{m-1}) \cdot \vec{b}_m \right)$$



Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, тогда останется смешанное произведение, которое является произведением типа (III).

д) Умножим вектор на вектор векторно

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \times \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-2} \cdot \vec{b}_{m-1}) \cdot \vec{b}_m \right)$$

Вынесем за знак скалярного произведения все скаляры, то останется векторно-векторное произведения, что является типом (IV)

$$\left( (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \right) \times \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot \dots \cdot (\vec{b}_{m-2} \cdot \vec{b}_{m-1}) \cdot \vec{b}_m \right) = (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{l-1} \cdot \vec{a}_l) \cdot \left( (\vec{b}_1 \cdot \vec{b}_2) \cdot (\vec{b}_{m-2} \cdot \vec{b}_{m-1}) \cdot (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) \times \vec{b}_m \right)$$

**II способ.** Если число  $k = 2n$  — чётное, то основными типами произведений являются произведение вида  $(\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{2n-1} \cdot \vec{a}_{2n})$  (вещественное число, являющееся произведением  $n$  пар скалярных произведений векторов). Обозначим его через  $\alpha$  и назовём произведением **I типа** для данного параграфа. А также произведение вида  $(\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{2n-3} \cdot \vec{a}_{2n-2}) (\vec{a}_{2n-1} \times \vec{a}_{2n})$  (произведение  $n - 1$  пары скалярных произведений векторов на вектор векторного произведения векторов). Это произведение является вектором, обозначим его через  $\vec{x}$  и назовём произведением **II типа**.

Если число  $k = 2n + 1$  — нечётное, то основными типами произведений являются произведение вида  $(\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{2n-1} \cdot \vec{a}_{2n}) \vec{a}_{2n+1}$  (произведение вещественного числа, являющегося произведением  $n$  пар скалярных произведений векторов, на вектор). Это произведение является вектором, обозначим его через  $\vec{y}$  и назовём произведением **III типа**. А также произведение вида  $(\vec{a}_1 \cdot \vec{a}_2) \cdot (\vec{a}_3 \cdot \vec{a}_4) \cdot \dots \cdot (\vec{a}_{2n-3} \cdot \vec{a}_{2n-2}) (\vec{a}_{2n-1} \cdot \vec{a}_{2n} \cdot \vec{a}_{2n+1})$  (произведение  $n - 1$  пары скалярных произведений векторов на смешанное произведение векторов). Это произведение является числом, обозначим его через  $\beta$  и назовём произведением **IV типа** для данного параграфа.

Покажем теперь, что если умножать каждый из четырёх типов произведений скалярно или векторно на произвольный вектор  $\vec{m}$ , то получится снова произведение одного из указанных типов.

Исследование проведём по возрастанию номера, умножая вначале скалярно, потом векторно. Для **I типа**: произведение  $\alpha \cdot \vec{m}$  есть произведение **III типа**; произведение  $\alpha \times \vec{m}$  смысла не имеет.

Для **II типа**: произведение  $\vec{x} \cdot \vec{m}$  есть произведение **IV типа**, так как в конце произведения будет смешанное произведение векторов; произведение  $\vec{x} \times \vec{m}$  будет оканчиваться векторно-векторным произведением, которое сводится к простейшим, то есть получится произведение **III типа**.

Теперь исследуем произведения двух других типов. Для **III типа**: произведение  $\vec{y} \cdot \vec{m}$  есть произведение **I типа**; произведение  $\vec{y} \times \vec{m}$  есть произведение **II типа**.

Для **IV типа**: произведение  $\beta \cdot \vec{m}$  в конце будет содержать произведение четырёх векторов вида  $(\vec{a}_{2n-1}, \vec{a}_{2n}, \vec{a}_{2n+1}) \cdot \vec{m}$ . Это произведение сводится к линейной комбинации произведений типа  $(\vec{a} \cdot \vec{b})(\vec{c} \times \vec{d})$ , то есть в целом получим произведение **II типа**; произведение  $\beta \times \vec{m}$  смысла не имеет.

В итоге получена полная картина о произведении конечного числа векторов.

## Список литературы

1. Лаптев Г.Ф. Элементы векторного исчисления: Учебное пособие для ун-тов. М., Наука, 1975. 330 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ КОНТРОЛЕ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА КОЛЬЦА ПОДШИПНИКОВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ ШЛИФОВАНИЯ**

***Ларина Татьяна Вадимовна***

*студент 2 курса, автомеханический факультет ВПИ (филиал) ВолгГТУ,  
г. Волжский*

*E-mail: [larinatanya2009@mail.ru](mailto:larinatanya2009@mail.ru)*

***Ребро Ирина Викторовна***

*научный руководитель, канд. пед. наук,  
доцент кафедры «Математика» ВПИ (филиал) ВолгГТУ, г. Волжский*

*E-mail: [wsk77@mail.ru](mailto:wsk77@mail.ru)*

***Мустафина Джамия Алиевна***

*научный руководитель, канд. пед. наук, доцент кафедры «Математика» ВПИ  
(филиал) ВолгГТУ, г. Волжский*

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

Применение статистических методов на современном этапе производства является необходимым многофункциональным инструментом, который характеризует концепцию качества продукции, соответствующего требованиям стандарта при определенной стабильности производственных процессов.

По мере совершенствования концепций качества изобретались новые подходы, критерии оценки, методологии и т. п., но в развитии реализовывался накопительный принцип — не отказываться от ранее созданного. Сегодня статистический метод оценки качества преобразовался в методологию шести сигм. Это значит, что обеспечивается такая стабильность производства, в которой количество несоответствий возможно на уровне 34 от 10 000 000 (при выпуске десяти миллионов изделий из них бракованных может быть 34) [1].

Технический прогресс, производство машин и приборов с высокими показателями точности, надежности и долговечности невозможны без изучения и совершенствования методов и способов нахождения значений физической величины опытным путем, о чем написано в соответствующем ГОСТе 16263-70 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология».

В приборах, используемых на производстве и при проведении эксперимента, измеряемые параметры отклоняются от идеальных значений вследствие: технологического разброса физических параметров исходных материалов и рассеивания геометрических размеров деталей при их изготовлении; измерения внешних условий; измерения режима работы электрических и пневматических источников; износа и старения материалов в процессе хранения и эксплуатации. Погрешности измерительных средств являются в большинстве случаев основными составляющими, оказывающими доминирующее влияние на суммарную погрешность измерения. На большинство измерительных средств разработаны стандарты или технические условия, в которых нормируются погрешности прибора (ГОСТ 8.051-73). Правильным методом нормирования является выделение систематической и случайной составляющих погрешность.

Основное требование, предъявляемое к расчёту, заключается в том, чтобы проводимые вычисления не вносили в результат дополнительной погрешности. При использовании в расчёте вычислительной техники это требование обычно выполняется, однако окончательный результат и его абсолютная погрешность содержат много цифр. Запись приближённых чисел с излишне большим количеством знаков создаёт лишь иллюзию высокой точности. При окончательной записи результата необходимо руководствоваться следующими правилами: абсолютную погрешность следует округлить до одной значащей цифры; результат округлить так, чтобы его последняя цифра находилась в том же разряде, что и единственная значащая цифра погрешности; общий десятичный множитель результата и погрешности вынести за скобки.

Приборная погрешность имеет высокую доверительную вероятность, приближающуюся к единице. Один из возможных способов оценки суммарной погрешности в этом случае заключается в следующем. Величина  $\Delta x_{np}$  примерно соответствует «трёхсигмовому» интервалу. Доверительный интервал для используемой нами надёжности результата 0,95 равен «двухсигмовому»,

то есть он составляет  $\frac{2}{3} \cdot \Delta x_{np}$ . Тогда общая погрешность прямого измерения

имеет вид:  $\Delta x = \sqrt{\Delta x_{ca}^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta x_{np}\right)^2}$ . Следует иметь в виду, что складывать

приборную и случайную погрешности имеет смысл лишь в том случае, если они различаются меньше чем в три раза. Если же одна из погрешностей больше другой в три и более раз, её и следует принять в качестве меры общей погрешности.

Необходимость производства в точности измерений требуют правильного подхода к его оценке на современном уровне теории погрешностей. Наиболее точно определить величину абсолютной и относительной погрешности, с определенной надежностью, позволяет распределение Стьюдента. Например: «Проверка двух партий колец подвергшиеся шлифованию дала следующие результаты фактического отклонения действительного размера диаметра кольца от номинального:

- первая партия  $x_i$  (мкм): 3,9; 4,1; 4,2; 4,4; 4,5; 4,7; 5,0; 5,1;
- вторая партия  $y_i$  (мкм): 2,4; 2,8; 4,1; 4,4; 5,6; 6,8; 7,2; 8,9.

Для оценки точности измерения необходимо вычислить абсолютную и относительную погрешности, степень надежности  $\alpha = 0,95$ ».

*Вычисления для партии 1*

Средний ожидаемый результат измерения:  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^8 x_i = \frac{39,9}{8} = 4,4875$ .

Среднеквадратическое отклонение:  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^8 (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1,266875}{7} = 0,18125 \Rightarrow$

$s = \sqrt{s^2} = 0,425735$ .

Среднеквадратичная погрешность результата измерений:

$\Delta S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0,15052$ , где  $s = 0,425735$ .

Значение коэффициента Стьюдента  $t_{\alpha}$  для надежности  $\alpha = 0,95$ :  $t_{\alpha} = 2,36$ .

Абсолютная погрешность:  $\Delta x = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{x}} = 2,36 \cdot 0,15052 = 0,355227$

Относительная погрешность:  $\varepsilon = \pm \frac{\Delta x}{x} = \pm \frac{0,355227}{4,4875} = 0,079159 \Rightarrow$

погрешность измерений составляет  $\approx 8\%$ .

Общая погрешность прямого измерения в данном случае не считается.

Запишем доверительный интервал:

$$4,4875 - 0,355227 < x < 4,4875 + 0,355227 \Rightarrow 4,132273 < x < 4,842727.$$

*Вычисления для партии 2*

Средний ожидаемый результат измерения:  $\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^8 y_i = \frac{42,2}{8} = 5,275.$

Среднеквадратическое отклонение:  $s^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^8 (y_i - \bar{y})^2 = \frac{35,815}{7} = 5,116429 \Rightarrow$

$$s = \sqrt{s^2} = 2,261952.$$

Среднеквадратичную погрешность результата измерений:

$$\Delta S_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{m}} = 0,799721, \text{ где } s = 2,261952$$

Абсолютная погрешность:  $\Delta y = t_{\alpha} \cdot \Delta S_{\bar{y}} = 2,36 \cdot 0,799721 = 1,887341$

Относительная погрешность:  $\varepsilon = \pm \frac{\Delta y}{y} = \pm \frac{1,887341}{5,275} = 0,35779 \Rightarrow$  погрешность

измерений составляет  $\approx 36\%$ .

Общую погрешность прямого измерения в этом случае считать не надо.

Запишем доверительный интервал:

$$5,275 - 1,887341 < y < 5,275 + 1,887341 \Rightarrow 3,387659 < y < 7,162341.$$

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что вторая партия колец подшипников подвергшиеся шлифованию на 36 % состоит из брака. Следовательно, необходимо выявить и устранить причины возникновения погрешностей.

Рассмотрим этот пример с использованием общепринятого подхода к расчету абсолютной и относительной погрешности.

Для партии 1 получаем.

На основании общепринятого подхода в качестве абсолютной погрешности берется единица последней значащей цифры. В нашем случае это

будет  $\Delta x = 0,1$ , тогда  $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{0,1}{4,487} = 0,022$ , то есть погрешность измерений составляет  $\approx 2\%$ .

Для партии 2 получаем аналогично.

$\Delta y = 0,1$ , тогда  $\varepsilon = \frac{\Delta y}{y} = \frac{0,1}{5,275} = 0,019$ , то есть погрешность измерений

составляет  $\approx 2\%$ .

Таким образом, сравнивая результаты полученных относительных погрешностей можно сделать вывод о том, что общепринятый подход направляет нас на «наложение» постоянной погрешности, равной  $\approx 2\%$ , а расчет с помощью распределения Стьюдента указывает погрешность свойственную данным показателям.

### Список литературы:

1. Богомолов Ю.А. Метрологическая деятельность в современной концепции качества / Ю.А. Богомолов, Д.И. Тверитинов// Измерительная техника. — 2006. — № 5. — с. 8—12. — НБ УлГТУ.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 — 816 с.
3. Кочергин А.Н. Основы надежности металлорежущих станков и измерительных приборов (для вузов спец. «тех. машиностр., металлорежущие станки и инструменты»./ А.Н. Кочергин и Л.Д. Ковалев Минск: «Вышэйш. школа», 1974.
4. Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений./ Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. М.: издательство «Наука», 1969 — 512 с.
5. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах. Пер. с англ. Е.Г. Коваленко. Под ред. В.В. Налимова/ Г. Хан, С. Шапиро. М.: «Мир», 1969.
6. Ребро И.В. Прикладная математическая статистика (для технических специальностей) : учеб. пособ. (гриф). Доп. УМО вузов по образованию в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) / И.В. Ребро, В.А. Носенко, Н.Н. Короткова; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. олгоград, 2011. — 147 с.

# СХЕМЫ КВАДРАТИЧНЫХ ФОРМ ЧИСЛОВЫХ ПОЛЕЙ

*Онофрийчук Максим Васильевич*

*студент 3 курса, факультет естественных наук и математики, СВГУ,  
г. Магадан*

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

*Старикова Ольга Александровна*

*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, доцент СВГУ, г. Магадан*

Рассматривается понятие схемы квадратичных форм (quadratic form schemes). Для некоторых числовых полей выявляется строение ассоциированной схемы квадратичных форм.

## Введение

Для произвольного поля  $F$  группа  $G(F) = F^*/F^{*2}$  вместе с ее определенным отображением на подмножества из  $G(F)$  называется схемой квадратичных форм поля  $F$ . Схема квадратичных форм поля полностью определяет его кольцо Витта [2; 4]. Рассматриваются также схемы квадратичных форм с абстрактной группой показателя 2. В § 1 отмечаются некоторые нерешенные вопросы теории схем квадратичных форм, в частности [4, Проблема 1]: *всякая ли QF-схема реализуется как QF-схема поля?* Известно, что QF-схемами поля реализуются выделенные из конечных QF - схем локальные и элементарные типы [1; 4].

Выявляется строение схем квадратичных форм для некоторых числовых полей, именно: в § 2 для полей комплексных и действительных чисел, в § 3 для простых полей Галуа  $GF_3$  и  $GF_5$ , в § 4 для полей 3- и 5-адических чисел. В § 5 определяются групповые произведения и групповые расширения QF - схем. Доказана квадратичная эквивалентность поля  $GF_5((t))$  формальных степенных рядов и поля 5-адических чисел  $Q_5$ .

### § 1. Схемы квадратичных форм

В этом параграфе рассматриваются понятия схемы квадратичных форм поля, а также абстрактной QF-схемы [4], приводятся некоторые открытые вопросы теории квадратичных форм.



Пусть  $F$  — поле и  $F^*$  — его мультипликативная группа. Обозначим через  $F^{*2} = \{r^2 \mid r \in F^*\}$  подгруппу обратимых квадратов группы  $F^*$ , а через  $G$  — факторгруппу  $F^*/F^{*2}$ . Для  $a, b \in G$ ,  $a = rF^{*2}$ ,  $b = sF^{*2}$  множество  $D(a, b) = \{tF^{*2} \mid t \in F^*, t = rx^2 + sy^2, x, y \in F\}$  есть множество значений бинарной квадратичной формы  $\langle a, b \rangle$ . Положим  $-a = (-r)F^{*2}$  для  $a \in G$ ,  $a = rF^{*2}$ . Схемой квадратичных форм поля  $F$  называется структура, состоящая из группы  $G = (G, \cdot, 1)$ , отображения  $a \mapsto D(1, a)$  группы  $G$  и выделенного элемента  $-1 \in G$ .

Всякая  $QF$ -схема  $G$ , ассоциированная с полем  $F$ , обладает следующими свойствами:

$$S_1 : a \in D(1, a).$$

$$S_2 : D(1, a) \text{ образует подгруппу группы } G.$$

$$S_3 : a \in D(1, -b) \Rightarrow b \in D(1, -a).$$

$$S_4 : bD(1, -a) \cap D(1, -ac) \cap dD(1, -c) \neq \emptyset \Leftrightarrow$$

$$aD(1, -b) \cap D(1, -bd) \cap cD(1, -d) \neq \emptyset.$$

**Замечание [4].** Из  $S_2$  и  $S_3$  непосредственно вытекает:  $D(1, -1) = G$ .

Два поля  $F_1$  и  $F_2$  называются квадратично эквивалентными, если ассоциированные с ними  $QF$ -схемы  $G_1$  и  $G_2$  изоморфны, то есть существует групповой изоморфизм  $\varphi: G_1 \rightarrow G_2$  такой, что  $\forall a \in G_1 \varphi(D(1, a)) = D(1, \varphi(a))$  и  $\varphi(-1_{G_1}) = -1_{G_2}$ .

Как отмечается в [4] слишком амбициозно рассчитывать на решение общей задачи классификации полей с точностью до квадратичной эквивалентности. Более достижимой представляется классификация полей с конечной ассоциированной схемой квадратичных форм.

Определяют также и абстрактную  $QF$ -схему как группу  $G = (G, \cdot, 1)$  экспоненты 2 с выделенным элементом  $-1 \in G$  и отображением  $a \mapsto D(1, a)$ , удовлетворяющим условиям  $S_1 - S_4$ . Остается открытым следующий вопрос [4]: всякая ли  $QF$ -схема реализуется как  $QF$ -схема поля?

§ 2. Схемы квадратичных форм полей комплексных и действительных чисел

Построим  $QF$ -схему поля  $\tilde{N}$  комплексных чисел. Имеем,  $\tilde{N}^* = \tilde{N} \setminus \{0\}$  и, кроме того, подгруппа квадратов  $C^{*2}$  мультипликативной группы совпадает с самой группой, то есть  $C^{*2} = \{z^2 \mid z \in C^*\} = C^*$ . Таким образом, факторгруппа  $G(C) = \tilde{N}^* / \tilde{N}^{*2}$  состоит только из одного элемента. Получаем,  $G(C) = \{1\}$  и  $-1 = 1$ , так как  $-1 = (\pm i)^2$  и, тем самым,  $-1 \in C^{*2}$ . Очевидно, множество  $D(1,1)$  значений бинарной квадратичной формы  $x^2 + y^2$  над  $\tilde{N}$  есть  $D(1, 1) = \{1\}$ . Следовательно, имеет место

**Утверждение 1.** *Схема квадратичных форм поля  $C$  комплексных чисел определена условиями:  $G(C) = \{1\}$ ,  $-1 = 1$ ,  $D(1,1) = \{1\}$ .*

Для поля  $R$  действительных чисел в силу условия  $R^{*2} \neq R^*$  задача выявления строения схемы квадратичных форм является более интересной. Имеем  $R^{*2} = \{x^2 \mid x \in R\} = \{x \in R \mid x > 0\}$ . Таким образом факторгруппа  $R^* / R^{*2}$  содержит два элемента, представителем класса  $R^{*2}$  может служить 1, а число  $-1$  выбираем представителем класса  $R^* \setminus R^{*2} = \{x \in R \mid x < 0\}$ . Тем самым,  $G(R) = (1, -1)$  и  $-1 \neq 1$ .

Множество  $D(1,1)$  есть множество значений бинарной квадратичной формы  $x^2 + y^2$ . Таким образом,  $D(1,1) = \{1\}$ . Аналогично,  $D(1,-1)$  есть множество значений бинарной квадратичной формы  $x^2 - y^2$  и  $D(1,-1) = \{1, -1\}$ .

**Утверждение 2.** *Схема квадратичных форм поля  $R$  действительных чисел определена условиями:  $G(R) = (1, -1)$ ,  $-1 \neq 1$ ,  $D(1,1) = \{1\}$ ,  $D(1,-1) = \{1, -1\}$ .*

§ 3. Схемы квадратичных форм конечных полей  $GF_3$  и  $GF_5$

Пусть  $GF_3$  — простое конечное поле, состоящее из трех элементов,  $GF_3 = \{0, 1, 2\}$  и бинарные операции определены следующим образом:

+	0	1	2
0	0	1	2
1	1	2	0
2	2	0	1

•	0	1	2
0	0	0	0
1	0	1	2
2	0	2	1

Построим схему квадратичных форм поля  $GF_3$ . Как показывает таблица умножения,  $GF_3^* = \{1, 2\}$ ,  $(GF_3^*)^2 = \{1\}$ . Тогда факторгруппа  $G(GF_3) = GF_3^* / (GF_3^*)^2$  состоит из двух элементов  $G(GF_3) = \{1, 2\}$ . Для выделенного элемента  $-1$  получаем  $-1 = 2 \neq 1$ . Другими словами,  $-1$  не является квадратом в поле  $GF_3$ , так как уравнение  $x^2 = 2$  не имеет решений.

Найдем множества  $D(1, a)$  для каждого элемента  $a$  группы  $G(GF_3)$ . Пусть  $a = 1$ , тогда  $D(1, 1)$  — множество значений квадратичной формы  $x^2 + y^2$ . При  $x = 1, y = 0$  получаем  $x^2 + y^2 = 1^2 + 0^2 = 1$ , в случае  $x = y = 1$  имеем  $x^2 + y^2 = 1^2 + 1^2 = 2$ . Таким образом,  $D(1, 1) = \{1, 2\}$ . Пусть теперь  $a = 2$ . Найдем множество  $D(1, 2)$  значений квадратичной формы  $x^2 + 2y^2$ . При  $x = 1, y = 0$  получаем  $x^2 + 2y^2 = 1^2 + 2 \cdot 0^2 = 1$ , в случае  $x = 0, y = 1$  имеем  $x^2 + 2y^2 = 0^2 + 2 \cdot 1^2 = 2$ . Таким образом,  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ . Окончательно, доказано

**Утверждение 3.** *Схема квадратичных форм поля  $GF_3$  определена условиями:  $G(GF_3) = \{1, 2\}$ ,  $-1 = 2 \neq 1$ ,  $D(1, 1) = \{1, 2\}$ ,  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ .*

Пусть  $GF_5$  — простое конечное поле, состоящее из пяти элементов,  $GF_5 = \{0, 1, 2, 3, 4\}$  и бинарные операции определены следующим образом:

+	0	1	2	3	4
0	0	1	2	3	4
1	1	2	3	4	0
2	2	3	4	0	1
3	3	4	0	1	2
4	4	0	1	2	3

•	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4
2	0	2	4	1	3
3	0	3	1	4	2
4	0	4	3	2	1

Построим схему квадратичных форм поля  $GF_5$ . Как показывает таблица умножения,  $GF_5^* = \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $(GF_5^*)^2 = \{1, 4\}$ . Тогда факторгруппа  $G(GF_5) = GF_5^* / (GF_5^*)^2$  состоит из двух элементов  $G(GF_5) = \{1, 2\}$ . Для выделенного элемента  $-1$  получаем  $-1 = 4 = 1$ .

Найдем множества  $D(1, a)$  для каждого элемента  $a$  группы  $G(GF_5)$ . Пусть  $a = 1$ , тогда  $D(1, 1)$  — множество значений квадратичной формы  $x^2 + y^2$ . При

$x=1, y=0$  получаем  $x^2 + y^2 = 1^2 + 0^2 = 1$ , в случае  $x=y=1$  имеем  $x^2 + y^2 = 1^2 + 1^2 = 2$ . Таким образом,  $D(1, 1) = \{1, 2\}$ . Пусть теперь  $a=2$ . Найдем множество  $D(1, 2)$  значений квадратичной формы  $x^2 + 2y^2$ . При  $x=1, y=0$  получаем  $x^2 + 2y^2 = 1^2 + 2 \cdot 0^2 = 1$ , в случае  $x=0, y=1$  имеем  $x^2 + 2y^2 = 0^2 + 2 \cdot 1^2 = 2$ . Таким образом,  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ . Из данного выше вытекает

**Утверждение 4.** *Схема квадратичных форм поля  $F_5$  определена условиями:*

$$G(GF_5) = \{1, 2\}, D(1, 1) = \{1, 2\}, D(1, 2) = \{1, 2\}.$$

#### § 4. Схемы квадратичных форм полей 3- и 5-адических чисел

Рассмотрим поле 3-адических чисел  $\mathcal{Q}_3$ . Каждый элемент поля 3-адических чисел представим в виде:

$$a_i 3^{-i} + a_{-i+1} 3^{-i+1} + \dots,$$

где  $i \in \mathbb{Z}$  и  $\forall k \in \mathbb{Z} a_k \in \{0, 1, 2\}$ . Операции сложения и умножения 3-адических чисел определены, например, в [5]. Несложно показать, что в поле  $\mathcal{Q}_3$  квадратами являются только те числа, которые имеют вид  $a_{2i} 3^{2i} + a_{2i+1} 3^{2i+1} + \dots$ , где  $a_{2i}$  — квадрат в поле  $GF_3$ , а остальные коэффициенты  $a_{2i+1}, a_{2i+2}$ , произвольны. Рассмотрим строение факторгруппы  $\mathcal{Q}_3^* / \mathcal{Q}_3^{*2}$ . Элементы  $a, b \in \mathcal{Q}_3^*$  попадают в один класс смежности по подгруппе  $\mathcal{Q}_3^{*2}$ , если  $a \cdot b^{-1} \in \mathcal{Q}_3^{*2}$ . Так как  $b \cdot b^{-1} = 1 \in \mathcal{Q}_3^{*2}$ , то включение  $a \cdot b^{-1} \in \mathcal{Q}_3^{*2}$  равносильно условию  $a \cdot b \in \mathcal{Q}_3^{*2}$ . Значит, если  $a = a_i 3^i + a_{i+1} 3^{i+1} + \dots$ ,  $b = b_i 3^i + b_{i+1} 3^{i+1} + \dots$ , то первый коэффициент произведения  $a \cdot b$  сравним с  $a_i b_j$  по модулю 3 и стоит при степени  $3^{i+j}$ . Для того, чтобы  $a \cdot b \in \mathcal{Q}_3^{*2}$ , необходимо и достаточно, чтобы выполнялись два условия:

1.  $i + j$  — четно, это равносильно тому, что  $i$  и  $j$  одновременно четны или одновременно нечетны;

2.  $a_i b_j$  — квадратичный вычет по модулю 3, это равносильно тому, что  $a_i$  и  $b_j$  одновременно являются квадратами или не квадратами по модулю 3.

Следовательно, факторгруппа  $Q_3^*/Q_3^{*2}$  содержит 4 класса эквивалентности.

Их представителями удобно выбрать, соответственно, элементы 1, 2, 3,  $2 \cdot 3$ , где:  $1 = 1 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 3^2 + \dots$ ,

$$2 = 2 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 3^2 + \dots,$$

$$3 = 1 \cdot 3 + 0 \cdot 3^2 + \dots,$$

$$2 \cdot 3 = 2 \cdot 3 + 0 \cdot 3^2 + \dots$$

Таким образом,  $G(Q_3) = \{1, 2, 3, 2 \cdot 3\}$ . Найдем множества  $D(1, a)$ . Согласно определению, а также учитывая  $S_1$ , получаем  $\forall a \quad 1 \in D(1, a)$  и  $a \in D(1, a)$ . Кроме того,  $D(1, -1) = G$ . Таким образом, в силу  $-1 = 2$  получаем  $D(1, 2) = \{1, 2, 3, 2 \cdot 3\}$ . Найдем  $D(1, 1)$ . Имеем  $x^2 + y^2 = (1 \cdot 3^{2i} + \dots) + (1 \cdot 3^{2j} + \dots)$ . Отсюда при  $i = j$  получаем  $2 \in D(1, 1)$ , в противном случае  $1 \in D(1, 1)$ . То есть  $D(1, 1) = \{1, 2\}$ . Найдем  $D(1, 3)$ . Имеем  $x^2 + 3 \cdot y^2 = (1 \cdot 3^{2i} + \dots) + (1 \cdot 3^{2j+1} + \dots)$ . Таким образом при любом выборе  $i$  и  $j$  получаем  $D(1, 3) = \{1, 3\}$ . Найдем  $D(1, 2 \cdot 3)$ . Аналогично,  $x^2 + 2 \cdot 3 \cdot y^2 = (1 \cdot 3^{2i} + \dots) + (2 \cdot 3^{2j+1} + \dots)$ . Отсюда  $D(1, 2 \cdot 3) = \{1, 2 \cdot 3\}$ .

**Утверждение 5.** *Схема квадратичных форм поля 3-адических чисел определена условиями  $G(Q_3) = \{1, 2, 3, 2 \cdot 3\}$ ,  $-1 \neq 1$ ,  $D(1, 1) = \{1, 2\}$ ,  $D(1, 2) = \{1, 2, 3, 2 \cdot 3\}$ ,  $D(1, 3) = \{1, 3\}$ ,  $D(1, 2 \cdot 3) = \{1, 2 \cdot 3\}$ .*

Рассмотрим поле 5-адических чисел  $Q_5$ . Каждый элемент поля 5-адических чисел представим в виде:

$$a_{-i} \cdot 5^{-i} + a_{-i+1} \cdot 5^{-i+1} + \dots,$$

где  $i \in \mathbb{Z}$  и  $\forall k \in \mathbb{Z} \quad a_k \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ . Несложно показать, что в поле  $Q_5$  квадратами являются только те числа, которые имеют вид  $a_{2i} \cdot 5^{2i} + a_{2i+1} \cdot 5^{2i+1} + \dots$ , где  $a_{2i} \in \{1, 4\}$  то есть являются квадратами в поле  $GF_5$ , а остальные коэффициенты  $a_{2i+1}, a_{2i+2}, \dots$  произвольны.

Следовательно, факторгруппа  $Q_5^*/Q_5^{*2}$  содержит 4 класса эквивалентности.

Их представителями удобно выбрать, соответственно, элементы  $2, 2, 5, 2 \cdot 5$ , где:  $1 = 1 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 5^2 + \dots$ ,

$$2 = 2 + 0 \cdot 5 + 0 \cdot 5^2 + \dots,$$

$$5 = 1 \cdot 5 + 0 \cdot 5^2 + \dots,$$

$$2 \cdot 5 = 2 \cdot 5 + 0 \cdot 5^2 + \dots$$

Таким образом,  $G(Q_5) = \{1, 2, 5, 2 \cdot 5\}$ . В силу  $-1 = 1$  получаем  $D(1, 1) = \{1, 2, 5, 2 \cdot 5\}$ . Найдем  $D(1, 2)$ . Имеем  $x^2 + 2y^2 = (1 \cdot 5^{2i} + \dots) + (2 \cdot 5^{2j} + \dots)$ . Так как уравнение  $x^2 + 2y^2 = 0$  не имеет не нулевых решений в поле  $GF_5$ , то  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ . В случае  $a = 5$  или  $a = 2 \cdot 5$ , как и для 3-адических чисел получаем  $D(1, 5) = \{1, 5\}$ ,  $D(1, 2 \cdot 5) = \{1, 2 \cdot 5\}$ . Имеет место

**Утверждение 6.** *Схема квадратичных форм поля 5-адических чисел определена условиями  $G(Q_5) = \{1, 2, 5, 2 \cdot 5\}$ ,  $-1 = 1$ ,  $D(1, 1) = \{1, 2, 5, 2 \cdot 5\}$ ,  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ ,  $D(1, 5) = \{1, 5\}$ ,  $D(1, 2 \cdot 5) = \{1, 2 \cdot 5\}$ .*

### § 5. Операции над $QF$ -схемами

В этом параграфе определяются групповые произведения и групповые расширения  $QF$ -схем. Каждая из операций иллюстрируется примерами.

Групповые произведения.

*Произведением  $QF$ -схем  $G_1, G_2$  называется группа  $G = G_1 \times G_2$  с выделенным элементом  $-1 = (-1, -1)$  и отображением  $a \mapsto D(1, a)$ , где для элемента  $a = (a_1, a_2) \in G$  имеем  $D(1, a) = D(1, a_1) \times D(1, a_2)$ .*

Построим, например, произведение  $QF$  схем  $G(R)$  и  $G(GF_3)$ . Согласно определению получаем  $G = G(R) \times G(GF_3) = \{(1, 1), (1, 2), (-1, 1), (-1, 2)\}$ ,  $-1_G = (-1, 2)$ ,  $D((1, 1), (1, 1)) = D((1, 1), (1, 2)) = \{(1, 1), (1, 2)\}$ ,  $D((1, 1), (-1, 1)) = D((1, 1), (-1, 2)) = G$ .

Групповые расширения.

Пусть  $G$  есть  $QF$ -схема и  $\{1, t\}$  — группа второго порядка. Групповое произведение  $G[t] = G \times \{1, t\} = G \cup tG$  с выделенным элементом  $-1_{G[t]} = -1_G$  и отображением  $a \mapsto D(1, a)$  определенным для  $a \in G[t]$  следующим образом

$$D(1, a) = \begin{cases} D(1, a) \text{ в } G, & \text{если } a \in G, a \neq -1; \\ G[t], & \text{если } a = -1; \\ \{1, a\}, & \text{если } a \in tG \end{cases}$$

называется *групповым расширением  $QF$ -схемы  $G$* .

**Утверждение 7.** *Поле  $GF_5((t))$  формальных степенных рядов квадратично эквивалентно полю 5-адических чисел  $Q_5$*

**Доказательство.** Построим схему квадратичных форм поля  $GF_5((t))$  формальных степенных рядов над  $GF_5$ . Согласно [4],  $QF$ -схема поля  $GF_5((t))$  есть групповое расширение  $QF$ -схемы поля  $GF_5$ . По определению группового расширения получаем  $G(GF_5((t))) = \{1, 2, t, 2t\}$ ,  $-1 = 1$  и  $D(1, 1) = \{1, 2, t, 2t\}$ ,  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ ,  $D(1, t) = \{1, t\}$ ,  $D(1, 2t) = \{1, 2t\}$ .

С другой стороны, схема квадратичных форм поля  $Q_5$  определена условиями (утверждение 6):  $G(Q_5) = \{1, 2, 5, 2 \cdot 5\}$ ,  $-1 = 1$ ,  $D(1, 1) = \{1, 2, 5, 2 \cdot 5\}$ ,  $D(1, 2) = \{1, 2\}$ ,  $D(1, 5) = \{1, 5\}$ ,  $D(1, 2 \cdot 5) = \{1, 2 \cdot 5\}$ .

Рассмотрим отображение  $\varphi: G(GF_5((t))) \rightarrow G(Q_5)$ , определенное следующим образом:  $\varphi(1) = 1$ ,  $\varphi(2) = 2$ ,  $\varphi(t) = 5$ ,  $\varphi(2t) = 2 \cdot 5$ . Тогда  $\varphi$  — групповой изоморфизм,  $\varphi(-1) = -1$  и при этом  $\forall a \in G(GF_5((t)))$  имеем  $\varphi(D(1, a)) = D(1, \varphi(a))$ . Утверждение доказано.

## Список литературы:

1. Калужнин Л.А. Введение в алгебру. М.: Наука. 1973.
2. Becher K.J., Hoffmann D.W. Symbol lengths in Milnor  $K$ -theory. — Homology, Homotopy and Applications. 6 (2004), p. 17—31.
3. Kula M. Fields and quadratic form schemes. — Ann Math.Sil. 1985, 1 (13), p. 7—22.
4. Kula M. Counting Witt rings. — J. Algebra. 1998, 206, no. 2, p. 568—587.
5. Marshall M. The elementary type conjecture in quadratic form theory. — Contemp. Math. 344 (2004), p. 275—293.

### **ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА НАХОЖДЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКА, ПОТОКА МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ И ПОТОКА НАИСКОРЕЙШЕГО ПРИБЫТИЯ**

*Хабибулина Татьяна Васильевна*

*студент 4 курса факультет МИТТ ПГУ им. Шолом-Алейхема, г. Биробиджан  
E-mail: [Habik\\_tania@mail.ru](mailto:Habik_tania@mail.ru)*

*Бабинер Елена Станиславовна*

*научный руководитель,  
старший преподаватель кафедры ВМиМОМ ПГУ им. Шолом-Алейхема,  
г. Биробиджан*

Сетевые и графовые модели охватывают довольно большой класс задач, встречающихся при исследовании целого ряда проблем в транспорте, связи и других областях, связанных с действительным или воображаемым движением товаров, информации или людей. Характерной особенностью задач, решаемых с помощью теории графов, является большая размерность поля данных. Поэтому возникает необходимость использования методов оптимизации, которые позволяют экономить вычислительные ресурсы и обеспечивают их гибкость по отношению к изменениям исходных данных.

Одной из таких задач теории графов является задача определения оптимального потока. Поток определяет способ пересылки некоторых объектов из одного пункта в другой. [3].



Для решения задач на определение оптимального потока необходимо освоить оптимизационные алгоритмы, выявить сходства и связь этих алгоритмов.

После изучения литературы, посвященной оптимизационным алгоритмам, были выделены ключевые понятия и определения и выбран единый символический язык. Для более подробного изучения выбраны три алгоритма: поиска максимального потока; поиска потока минимальной стоимости; поиска потока наискорейшего прибытия. Приступив к детальному изучению выбранных алгоритмов, оказалось, что каждый из них использует увеличивающие цепи, поиск которых осуществляется по алгоритму поиска увеличивающей цепи. Поэтому мы остановились и на его детальном рассмотрении.

Следующим шагом было обобщение и структуризация отобранного теоретического материала. Это позволило выявить:

1. Сходство алгоритмов, а именно, во всех алгоритмах:

- при задании начальных условий выбирается любой начальный поток из вершины  $s$  (источник) в вершину  $t$  (сток), то есть любой набор величин  $f(x, y)$ , удовлетворяющий соотношениям. Если ни один из начальных потоков из  $s$  в  $t$  неизвестен, то задается начальный поток, считая, что для всех дуг  $(x, y)$   $f(x, y) = 0$  [4];

- определяется состав множеств  $N$ ,  $I$  и  $R$  (дуги, в которых поток не может ни увеличиваться, ни уменьшаться (множество  $N$ ), дуги, в которых поток может увеличиваться (множество  $I$ ), дуги, в которых поток может уменьшаться (множество  $R$ ) [4]);

- применяется алгоритм поиска увеличивающей цепи.

2. Взаимосвязь алгоритмов:

- при решении задачи на нахождение максимального потока сначала применяется алгоритм поиска увеличивающей цепи, а затем алгоритм поиска максимального потока;

- решение задачи на нахождение потока минимальной стоимости начинается с применения алгоритма поиска увеличивающей цепи, затем

начинает работу алгоритм поиска максимального потока. Выполнение алгоритма заканчивается в том случае, когда найденный поток является в исходном графе максимальным потоком из  $s$  в  $t$  и имеет при этом минимальную общую стоимость прохождения по соответствующей сети. В противном случае, алгоритм продолжает свою работу (при этом происходит изменение вершинных чисел) до тех пор, пока не будет найден поток минимальной стоимости;

- при решении задачи на нахождение потока наискорейшего прибытия очередность применения алгоритмов такова: алгоритм поиска увеличивающей цепи, алгоритм поиска максимального потока, алгоритм поиска минимальной стоимости, а затем построение потока наискорейшего прибытия.

Таким образом, налицо преемственность алгоритмов.

После освоения теоретического материала, мы выбрали задачи, при решении которых применяются рассмотренные нами алгоритмы. Это позволило не только на практике понять их работу, но выявить для себя те вопросы, которые в теоретическом изложении остались «за кадром».

Выбранные нами алгоритмы применяются для решения задач на нахождение максимального потока, потока минимальной стоимости и потока наискорейшего прибытия соответственно. Варианты этих задач могут возникнуть в различных практических приложениях.

Задача о максимальном потоке заключается в поиске способа пересылки максимального количества единиц потока из одного пункта в другой при условии отсутствия превышения пропускных способностей дуг исходного графа [5]. Такая задача возникает, например, когда требуется найти максимально возможный объем некоторой жидкости или газа, который может быть перекачен по сети трубопроводов от источника до пункта потребления или, когда требуется найти максимальный поток транспорта в сети автострад, перевозка товаров по железным дорогам и т. п. [2].

Задача о потоке минимальной стоимости заключается в поиске способа пересылки с минимальными затратами заданного количества единиц потока

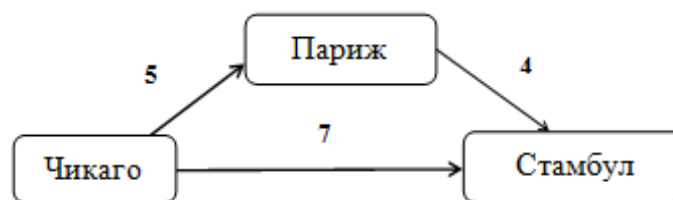
из одного пункта в другой в графе с заданными на дугах пропускными способностями и стоимостями прохождения одной единицы потока [1]. Такая задача возникает, например, когда некоторый предприниматель имеет возможность выбирать маршруты для перевозки готовых изделий от своего предприятия до склада, с выбором различных маршрутов перевозок связаны те или иные затраты, по каждому маршруту можно пропустить ограниченное количество изделий.

Задача о потоке наискорейшего прибытия заключается в поиске способа пересылки максимально возможного количества единиц потока из одного пункта в другой за определенный период времени в графе с заданными на дугах пропускными способностями. Такая задача возникает, например, когда за определенный промежуток времени необходимо переправить пассажиров из одного города в другой.

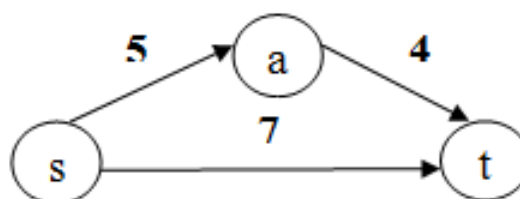
#### Задача о максимальном потоке

Представитель бюро путешествий должен в один из дней организовать перелет десяти туристов из Чикаго в Стамбул. Имеется семь свободных мест на прямой рейс Чикаго-Стамбул, пять — на рейс Чикаго-Париж и четыре — на рейс Париж-Стамбул. Как должен действовать представитель этого бюро?

Строим сеть, соответствующую условию задачи.



a)



b)

**Рисунок 1. Сеть, соответствующая условию задачи**

Далее применим к этой сети алгоритм поиска максимального потока. Процедура выполнения алгоритма описана в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Процедура выполнения алгоритма поиска максимального потока**

<b>I итерация</b>							
I шаг	$\varphi(x, y) = 0$ , для всех дуг $(x, y)$						
<b>I итерация</b>							
II шаг	Так как $\varphi(x, y) < c(x, y) \Rightarrow \forall (x, y) \in I \Rightarrow c_I(x, y) = c(x, y) - \varphi(x, y) = c(x, y)$						
III шаг	Берем цепь $(s, a), (a, t)$ . Максимальное увеличение потока $\min\{c_I(s, a), c_I(a, t)\} = \min\{5, 4\} = 4 \Rightarrow \varphi(s, a) = 4; \varphi(a, t) = 4; \varphi(s, t) = 0$ . Возвращаемся к шагу II.						
<b>II итерация</b>							
II шаг	Пересчитываем величины $c_I(x, y)$ и $c_R(x, y)$ , корректируем состав множеств $I$ и $R$ .						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>c(a, t) = 4</math> <math>\varphi(a, t) = 4 = c(a, t)</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>(a, t) \notin I</math> <math>(a, t) \notin R</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>c_R(a, t) = 4</math></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>c(s, t) = 7</math> <math>\varphi(s, t) = 0 &lt; c(s, t)</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>(s, t) \in I</math> <math>(s, t) \notin R</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>c_I(s, t) = 7</math></td> </tr> </table>	$c(a, t) = 4$ $\varphi(a, t) = 4 = c(a, t)$	$(a, t) \notin I$ $(a, t) \notin R$	$c_R(a, t) = 4$	$c(s, t) = 7$ $\varphi(s, t) = 0 < c(s, t)$	$(s, t) \in I$ $(s, t) \notin R$	$c_I(s, t) = 7$
	$c(a, t) = 4$ $\varphi(a, t) = 4 = c(a, t)$	$(a, t) \notin I$ $(a, t) \notin R$	$c_R(a, t) = 4$				
$c(s, t) = 7$ $\varphi(s, t) = 0 < c(s, t)$	$(s, t) \in I$ $(s, t) \notin R$	$c_I(s, t) = 7$					
III шаг	Берем цепь $(s, t)$ . Максимальное увеличение потока $\min\{(s, t)\} = 7 \Rightarrow \varphi(s, a) = 4; \varphi(a, t) = 4; \varphi(s, t) = 7$ . Возвращаемся к шагу II.						
<b>III итерация</b>							
II шаг	Пересчитываем величины $c_I(x, y)$ и $c_R(x, y)$ , корректируем состав множеств $I$ и $R$ .						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>c(a, t) = 4</math> <math>\varphi(a, t) = 4 = c(a, t)</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>(a, t) \notin I</math> <math>(a, t) \notin R</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>c_R(a, t) = 4</math></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;"><math>c(s, t) = 7</math> <math>\varphi(s, t) = 7 = c(s, t)</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>(s, t) \notin I</math> <math>(s, t) \notin R</math></td> <td style="padding: 2px;"><math>c_R(s, t) = 7</math></td> </tr> </table>	$c(a, t) = 4$ $\varphi(a, t) = 4 = c(a, t)$	$(a, t) \notin I$ $(a, t) \notin R$	$c_R(a, t) = 4$	$c(s, t) = 7$ $\varphi(s, t) = 7 = c(s, t)$	$(s, t) \notin I$ $(s, t) \notin R$	$c_R(s, t) = 7$
	$c(a, t) = 4$ $\varphi(a, t) = 4 = c(a, t)$	$(a, t) \notin I$ $(a, t) \notin R$	$c_R(a, t) = 4$				
$c(s, t) = 7$ $\varphi(s, t) = 7 = c(s, t)$	$(s, t) \notin I$ $(s, t) \notin R$	$c_R(s, t) = 7$					
III шаг	Увеличивающую поток цепь найти не удастся, алгоритм поиска максимального потока заканчивает свою работу. Последний из построенных потоков является максимальным.						

Следовательно, через построенную сеть можно пропустить из источника (Чикаго) в сток (Стамбул) 11 единиц потока без превышения пропускных способностей дуг. Поэтому в выбранный день всю группу туристов можно переправить из Чикаго в Стамбул. Четверо из десяти туристов могут осуществить перелет из Чикаго в Стамбул через Париж, а оставшиеся могут отправиться из Чикаго в Стамбул на прямом рейсе. Или семь туристов отправится из Чикаго в Стамбул на прямом рейсе, три туриста — через Париж.

### Задача о потоке минимальной стоимости

Представитель бюро путешествий занимается организацией перелета шести туристов, которых необходимо в один из дней отправить самолетом из разных городов по разным маршрутам. Один турист отправляется из Спрингфилда в Рим, двое — из Рима в Париж, трое — из Парижа в Стамбул. В зависимости от маршрута перелет туристов может быть организован через Спрингфилд, Париж, Рим, Стамбул. При чем на рейс Спрингфилд — Париж осталось 2 свободных места, 2 — на рейс Париж — Рим, 2 — на рейс Рим — Стамбул, 1 — на рейс Спрингфилд — Рим, 4 — на рейс Париж — Стамбул и стоимость билетов разная. Каков наилучший с точки зрения затрат вариант перелета группы между указанными пунктами [4]?

Строим сеть, соответствующую условию задачи.

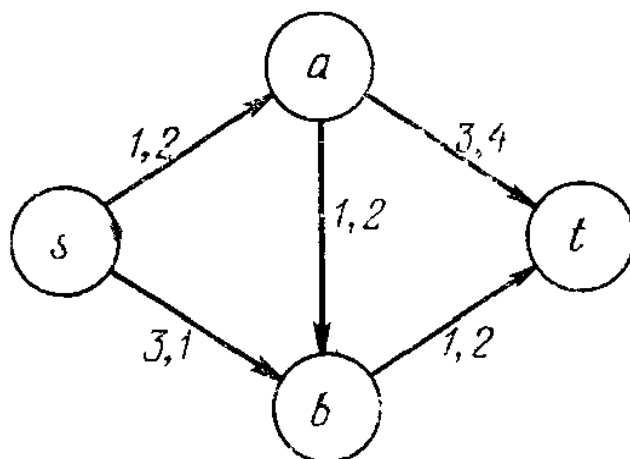


Рисунок 2. Сеть, соответствующая условию задачи

Применим к этой сети алгоритм поиска максимального потока. Результаты выполнения алгоритма сведены в приводимую ниже таблицу.

Таблица 2.

## Итерации алгоритма поиска потока минимальной стоимости

I итерация					
$p(s)$	$p(a)$	$p(b)$	$p(t)$	Окрашенные дуги	Окрашенные вершины
0	0	0	0	Нет	$s$
II итерация					
0	1	1	1	$(s,a)$	$s, a$
III итерация					
0	1	2	2	$(s,a), (a,b)$	$s, a, b$
IV итерация					
0	1	2	3	$(s,a), (a,b), (b,t)$	$s, a, b, t$
				Посылаем две единицы потока из $s$ в $t$ вдоль цепи $(s,a), (a,b), (b,t)$ . В результате $f(s,a) = 2, f(a,b) = 2, f(b,t) = 2$	
V итерация					
0	1	2	3	Нет	$s$
VI итерация					
0	2	3	4	$(s,b), (a,b)$	$s, a, b$
VII итерация					
0	2	3	5	$(s,b), (a,b), (a,t)$	$s, a, b, t$
				Посылаем одну единицу потока из $s$ в $t$ вдоль цепи $(s,b), (a,b), (a,t)$ . В результате $f(s,a) = 2, f(s,b) = 1, f(a,b) = 1, f(a,t) = 1, f(b,t) = 2$	
VIII итерация					
0	2	3	5	Нет	$s$

После восьмой итерации оказалось, что ни одна единица потока не может быть передана из  $s$  в  $t$ , так как дуги, ведущие из окрашенных вершин в неокрашенные (а именно дуги  $(s,a)$  и  $(s,b)$ ), являются насыщенными. Следовательно, полученный поток из трех единиц является максимальным потоком, имеющим минимальную стоимость прохождения по исходному графу (Спрингфилд — Рим — Париж — Стамбул).

Найденный поток удовлетворяет условию задачи. Представитель бюро путешествий в один из дней может организовать перелет шести туристов. Общая стоимость поездки туристов является минимальной. При этом туристы отправятся из разных городов по разным маршрутам. Один турист отправится из Спрингфилда в Рим, двое — из Рима в Париж, трое — из Парижа в Стамбул.

### Задача о потоке наискорейшего прибытия

Представитель бюро путешествий из предыдущих примеров ставит перед собой задачу обеспечить доставку наибольшего количества туристов из Спрингфилда в Стамбул через Париж или Рим в течение первого часа, в течение первых двух часов и т. д. вплоть до первых шести часов [4].

Строим сеть, соответствующую условию задачи.

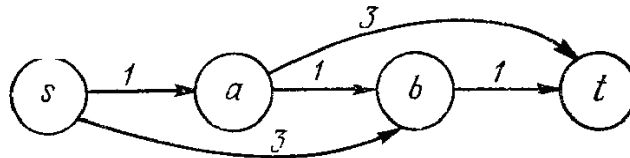


Рисунок 3. Сеть, соответствующая условию задачи

Применим к этой сети алгоритм поиска потока наискорейшего прибытия при  $p = 6$ .

Применение к этому графу алгоритма поиска потока минимальной стоимости приводит к выявлению всего лишь двух увеличивающих поток цепей, а именно цепи  $P_{3,1} = (s, a, b, t)$  и цепи  $P_{5,1} = (s, b, a, t)$ . Результат выполнения процедуры нанесения меток описан в таблице 3.

Таблица 3.

#### Выполнения процедуры нанесения меток

Шаг	Движение потока	Метки
$\delta = 0$		меток нет
$\delta = 1$		меток нет
$\delta = 2$		меток нет
$\delta = 3$	вдоль цепи $P_{3,1}$ отправляется единица потока в момент времени $T = \delta - 3 = 0$ .	0 на дуге $(s, a)$ , 1 на дуге $(a, b)$ , и 2 на дуге $(b, t)$
$\delta = 4$	вдоль цепи $P_{3,1}$ отправляется единица потока в момент времени $T = \delta - 3 = 1$	1 на дуге $(s, a)$ , 2 на дуге $(a, b)$ , и 3 на дуге $(b, t)$
$\delta = 5$	вдоль цепи $P_{3,1}$ отправляется единица потока в момент времени $T = \delta - 3 = 2$	2 на дуге $(s, a)$ , 3 на дуге $(a, b)$ , и 4 на дуге $(b, t)$
	вдоль цепи $P_{5,1}$ отправляется единица потока в момент времени $T = \delta - 5 = 0$	0 на дуге $(s, b)$ , 2 на дуге $(a, t)$ , с дуги $(a, b)$ снимается метка 2

$\delta = 6$	вдоль цепи $P_{3,1}$ отправляется единица потока в момент времени $T = \delta - 3 = 3$	3 на дуге $(s, a)$ , 4 на дуге $(a, b)$ , и 5 на дуге $(b, t)$
	вдоль цепи $P_{5,1}$ отправляется единица потока в момент времени $T = \delta - 5 = 1$	1 на дуге $(s, b)$ , 3 на дуге $(a, t)$ , с дуги $(a, b)$ снимается метка 3

Полученное множество меток соответствует потоку наискорейшего прибытия в сети, соответствующей условию задачи за период в шесть интервалов времени.

Оптимизационные алгоритмы освоены и применены для решения задач на потоках, выявлены сходства и связь этих алгоритмов. Подводя итоги, можно отметить следующее:

- применение аппарата теории графов к решению различных классов задач на первый взгляд выглядит довольно громоздким, но его простота, наглядность и рациональность определяют широту использования в различных сферах производства;

- легкость восприятия дает возможность использовать данный материал не только в высших учебных заведениях, но и внедрять его в программу факультативных занятий для старшеклассников, что в свою очередь способствует созданию четкого представления о тех задачах, с которыми предстоит сталкиваться в выбранной профессии и созданию базы для формирования ключевых профессиональных компетенций.

### Список литературы:

1. Белов В.В., Воробьев Е.М., Шаталов В.Е. Теория графов. М.: Высшая школа, 1976. — 392 с.
2. Гончаров Г.А., Мочалин А.А. Элементы дискретной математики: Учебное пособие. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. — 128 с.
3. Логинов Б.М. Введение в дискретную математику. М.: Калуга, 1998. — 423 с.
4. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях. М.: Мир, 1981. — 323 с.
5. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. М.: Мир, 1984. 455 с.



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

Материалы IV студенческой международной заочной научно-  
практической конференции

20 сентября 2012 г.

Под ред. Я.А. Полонского

Издательство «Сибирская ассоциация консультантов»  
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605  
E-mail: [mail@sibac.info](mailto:mail@sibac.info)

ISBN 978-5-4379-0131-1



9 785437 901311