

ТОМ 3

# МОЛОДЁЖЬ И НАУКА

Материалы IX Всероссийской  
научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых,  
посвященной 385-летию со дня основания  
г. Красноярска

МОЛОДЁЖЬ И НАУКА

Том 3



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

## **МОЛОДЕЖЬ И НАУКА**

**Материалы IX Всероссийской  
научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых,  
посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска**

В трех томах

Том 3

Красноярск  
СФУ  
2013

УДК 001.591(063)  
ББК 72я431  
М754

М57 **Молодежь** и наука: материалы конф.: в 3 т. Т. 3 / отв. за выпуск  
О.А. Краев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 212 с.

ISBN 978-5-7638-2881-8  
ISBN 978-5-7638-2884-9 (Т. 3)

Выпуск сборника материалов IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и наука» с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска, поддержан за счет средств, предоставленных Краевым государственным автономным учреждением «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» путем выделения целевого финансирования.

**УДК 001.591(063)**  
**ББК 72я431**

ISBN 978-5-7638-2881-8  
ISBN 978-5-7638-2884-9 (Т. 3)

© Сибирский  
федеральный  
университет, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	8
<i>А.А. Киселева</i> МОНУМЕНТАЛЬНЫЕ НАРУЖНЫЕ ЛЕСТНИЦЫ В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА .....	10
<i>А.В. Игошина, Е.С. Осинцева</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АРХИТЕКТУРНОЙ ГРАФИКИ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ .....	15
<i>А.С. Кожин</i> ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ШАХТЫ.....	18
<i>Я.Е. Линьков</i> ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАНАТНО-СКРЕПЕРНЫХ УСТАНОВОК ВМЕСТО ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ДРАГЛАЙН.....	21
<i>М.Ж. Мередов</i> СПОСОБ ОТРАБОТКИ ЗАКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ КАРЬЕРА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО УЧАСТКА ГОРЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД .....	25
<i>Г.С. Ябуров, С.А. Вохмин, П.А. Дерягин</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА РУДНИКАХ ЗФ ОАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ».....	28
<i>О.В. Болотникова</i> РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ.....	33
<i>С.А. Дулевич, Н.П. Клебов, Н.И. Самылин</i> ИНДУКЦИОННЫЕ ЛАМПЫ .....	36
<i>Д.А. Татарков</i> РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУРОВОГО СТАНКА .....	41

<i>С.В. Шестаков</i> РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУРОВОГО СТАНКА.....	46
<i>Ю.А. Сизова</i> МЕНТАЛЬНЫЕ КАРТЫКАК МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ .....	48
<i>Ю.А. Шулина</i> ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ИНТЕРЬЕРОВ.....	54
<i>А.В. Куклин</i> ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ МОНОСЛОЯ НИТРИДА ВАНАДИЯ(111) НА ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА МАГНИЯ(111).....	55
<i>Д.Ю. Шестаков, А.Н. Большакова</i> РАЗРАБОТКА В ИПИ-СРЕДЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДВИЖНОГО ПОРТАЛА И ПРИВОДА ДЛЯ ЕГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПЛАЗМОРЕЖУЩЕМ СТАНКЕ С ЧПУ .....	60
<i>В.А. Ягодкин</i> СИСТЕМА ПОДПИТКИ НАСОСА С ГИДРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ...	70
<i>А.И. Перфильева</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ МЕДНО-МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ.....	73
<i>А.А. Голуб</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКС-МЕТОДА ДЛЯ ЗАДАЧ РОБОТОТЕХНИКИ .....	78
<i>А.А. Кутина, И.А. Титков</i> ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ СМЕЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОБЪЕМНОГО БЛОКИРУЮЩЕГО КОНТУРА.....	83
<i>М.С. Есина, Н.А. Шупранова</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА СМК В ОППОС СФУ .....	87
<i>S.I. Askerov</i> HORIZONTAL WELL STIMULATION IMPROVEMENT WITH FLUID PULSE TECHNOLOGY .....	90

<i>П.В. Воронин</i> ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОГИДРАТОВ НА РАННЕЙ СТАДИИ ИСПЫТАНИЯ СКВАЖИН.....	95
<i>В.Р. Гилязова</i> МЕТОДЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ ЦВДТ ЗАО «ВАНКОРНЕФТЬ» .....	101
<i>К.А. Василец</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НАСОСОВ .....	105
<i>Д.В. Агровиченко, А.И. Шандр, В.Б. Козлов</i> ОСНАЩЕНИЕ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ТРАССОЙСКАТЕЛЯМИ .....	109
<i>А.Ю. Карасева, В.И. Матвеева</i> ПРОИЗВОДСТВО МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ФАСТФУД .....	114
<i>С.А. Подорожняк, М.А. Адрианова</i> ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЭКРАН, ИЗГОТОВЛЕННЫЙ РАСТВОРНЫМИ МЕТОДАМИ .....	118
<i>А.С. Калатищак</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИБРОПЛИТЫ ВУ-05-45.....	122
<i>А.С. Жукович, В.В. Базенюк</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ ВОДИТЕЛЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ).....	125
<i>А.В. Басараб</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	130

<i>Е.М. Чудинова</i> УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ СЛИВНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ОСАДКОВ .....	134
<i>О.С. Ястребова, Д.С. Прокопьева, А.Ф. Харисова</i> ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА .....	137
<i>К.А. Луговская, И.Р. Худобердин, В.Н. Овчинников</i> О МОДЕЛИРОВАНИИ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛАТФОРМЫ С СЕЙСМОЗАЩИТНЫМ СКОЛЬЗЯЩИМ СЛОЕМ.....	142
<i>Е.В. Посохова</i> ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ КУПОЛА ДЛЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА СИБИРСКОГО ИНСТИТУТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	144
<i>Д.А. Рудт, А.С. Давыдов</i> ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ SCAD И ANSYS.....	147
<i>Р.С. Тутатчиков, Л.В. Ефремова</i> К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ КЛЕЕДОЩАТЫХ БАЛОК ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ .....	149
<i>А.Ю. Тихонова, И.П. Шушкевич</i> ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СЕРЫ.....	153
<i>В.А. Куприянов</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	157
<i>А.С. Астапова, Д.А. Штейнберг, Г.А. Никулина</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖЕНСКОЙ КОЖАНОЙ ОБУВИ, РЕАЛИЗУЕМОЙ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ Г. КРАСНОЯРСКА, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИРМЫ «КРАСНОЯРСКЭКСПЕРТИЗА» (ЦС ТПП) ЗА 2010–2012 гг. ....	162

<i>В.А. Соколова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ, РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ Г. КРАСНОЯРСКА .....	167
<i>А.В. Потехонченко, В.Ю. Байрамуков, Д.В. Тотмин</i> МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ПРОФИЛАКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ Volkswagen Tiguan) .....	170
<i>Р.Г. Парилов</i> УНИВЕРСАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ИХ БЕСТРАНШЕЙНОМ РЕМОНТЕ .....	180
<i>М.Н. Макухин, А.В. Федоров</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ В Г. КРАСНОЯРСКЕ .....	183
<i>А.Ю. Батурина, И.Н. Рыбакова</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ.....	186
<i>А.А. Глумова, И.А. Сятойкина</i> О ВОЗМОЖНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ .....	191
<i>Ю.Д. Гайлис</i> ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛИННОМЕРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ БЕЛОГО ЗОЛОТА 585-Й ПРОБЫ .....	195
<i>О.А. Жигалова, Н.В. Шерешкова</i> КАВИТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ЛОПАСТНЫХ УСТРОЙСТВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ .....	200
<i>Л.А. Фоминцев, Н.В. Сизганов, К.А. Зуев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПЕНСИРОВАННОГО ТРАНСФОРМАТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА MatLAB .....	205



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Статьи расположены в алфавитном порядке по названию секции:

1. Архитектура: Вопросы теории и истории архитектуры.
2. Архитектура: Современные проблемы архитектуры.
3. Вооружение и военная техника.
4. Геология месторождений.
5. Геология, минералогия и петрография.
6. Горное дело и геотехнологии (открытые горные работы).
7. Горное дело и геотехнологии (подземные горные работы).
8. Горное дело: Маркшейдерское обеспечение горного производства.
9. Горное дело: Технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых.
10. Горное дело: Электрификация и автоматизация горного производства.
11. Горное дело: Электромеханические системы и комплексы в горном деле.
12. Градостроительство.
13. Дизайн архитектурной среды.
14. Материаловедение.
15. Машиностроение: Автоматизированное машиностроение.
16. Машиностроение: Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика.
17. Машиностроение: Материаловедение и технологии обработки материалов.
18. Машиностроение: Мехатроника и роботехника.
19. Машиностроение: Прикладная механика.
20. Машиностроение: Стандартизация, метрология и управление качеством.
21. Нефть и газ: Oil Gas Field Machinery.
22. Нефть и газ: Геология нефти и газа.
23. Нефть и газ: Геофизические исследования месторождений нефти и газа.
24. Нефть и газ: Добыча, подготовка и переработка нефти и газа.
25. Нефть и газ: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов.
26. Нефть и газ: Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы.
27. Общественное питание: Актуальные проблемы развития сферы общественного питания.
28. Радиотехника.
29. Строительство – формирование среды для жизни Механизация и автоматизация строительства.

30. Строительство автомобильных дорог: транспортные системы.
31. Строительство Актуальные проблемы проектирования оснований и фундаментов реконструкция зданий и сооружений.
32. Строительство и архитектура Водоснабжение водоотведение охрана и рациональное использование ресурсов.
33. Строительство и архитектура: Проектирование зданий.
34. Строительство: Строительные конструкции.
35. Строительство: Строительные материалы и технологии строительства.
36. Строительство: Экспертиза недвижимости.
37. Товароведение и экспертиза: Проблемы формирования ассортимента и качества непродовольственных товаров на региональном потребительском рынке.
38. Товароведение и экспертиза: Современные проблемы формирования рынка продовольственных товаров и обеспечение их качеством.
39. Транспорт: Техническая эксплуатация и сервис транспортных средств.
40. Транспорт: Транспортные и технологические машины.
41. Транспорт: Транспортные системы.
42. Цветные металлы и материаловедение: Автоматизация производственных процессов.
43. Цветные металлы: обогащение минерального сырья, металлургия, экологическая безопасность в промышленности.
44. Цветные металлы: Совершенствование технологий литья и обработки металлов давлением.
45. Энергетика: Теплоэнергетика.
46. Энергетика: Электроэнергетика.

## МОНУМЕНТАЛЬНЫЕ НАРУЖНЫЕ ЛЕСТНИЦЫ В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА

**А.А. Киселева**

**Научный руководитель М.Е. Меркулова**

*Сибирский федеральный университет*

Территория города складывается из многих элементов, между которыми существуют не только планировочные и композиционные, но и высотные связи, необходимость которых обусловлена характером естественного рельефа.

Лестницы являются функциональным элементом, объединяющим городские территории. Их устраивают для организации пешеходного движения в определенных направлениях.

Лестницы могут представлять собой простые ступени, вырубленные в скале, как в древнегреческом городе Приена, или являться активным, сложным по форме элементом оформления городского пространства, как например, лестница Paseo Ovalo в испанском городе Теруэль, соединяющая старый город с нижними кварталами и вокзалом.

Кроме чисто утилитарного назначения – рационального использования рельефа местности, лестницы применялись и для увеличения эмоционального воздействия на зрителя.

Монументальные лестницы нередко становились частью градостроительных и архитектурных ансамблей, образуя парадные спуски к морским и речным набережным, поднимая пешеходов к храмам и памятникам. Рассмотрим варианты композиционной связи лестниц с элементами планировочной структуры города или с архитектурными объектами (рисунок).

### **Лестница – площадь**

В XVI–XVII вв. по проекту Микеланджело была оформлена площадь Капитолия. К площади вела широкая пологая лестница Кордоната.

Продольная композиционная ось включает лестницу в градостроительный ансамбль. Лестница при этом имеет подчиненное значение.

**Испанская лестница в Риме.** Площадь Испании образовалась в период прокладки улицы дель Бабуино. После прокладки по верхней бровке холма прямолинейной улицы виа Систина образовался перепад между магистральями в 25 м. В 1723–1726 гг. архитектор Санктис по рисункам художника Спекки построил монументальную лестницу, соединившую верхний и нижний уровни в одно архитектурное целое. Ось новой лестницы соответствовала фасаду церкви Тринита-деи-Монте.

В данном случае не площадь или храм, а сложно трактованная лестница-амфитеатр превратилась в главную часть ансамбля.

### **Лестница – набережная**

**Одесса. Потемкинская лестница.** Монументальная лестница пересекает Приморский бульвар. Являясь связующим звеном между центральной частью города и Черным морем. Лестница, памятник герцогу де Ришелье, небольшая полукруглая площадь, от которой начинается улица, ведущая к Екатерининской площади, связаны единой планировочной осью.

На сегодняшний день Потемкинская лестница состоит из 192 ступеней и десятка пролётов. Её длина составляет 142 м, она создана перспективно: её основание (шириной 21,7 м) гораздо шире верхней части (12,5 м), из-за чего при взгляде сверху создаётся впечатление одинаковой ширины лестницы по всей её длине. Парапеты лестницы кажутся параллельными и видны только площадки (кроме верхнего марша). При взгляде снизу лестница кажется гораздо длиннее и виден лишь сплошной каскад ступеней.

**Севастополь. Синопский спуск.** Самая протяженная и заметная в городе лестница, названная так в честь событий ноября 1853 г., когда эскадра Черноморского флота под командованием вице-адмирала П.С. Нахимова разгромила турецкую флотилию в Синопской бухте.

Начинается лестница у набережной Корнилова, прерывается проспектом Нахимова, затем продолжается вновь широкими парадными маршами между двумя прекрасными зданиями. После обширной площадки лестница разделяется на два криволинейных пандуса со ступенями. Место разделения лестницы к весне и праздникам превращается в панно из цветов и декоративных растений.

**Нижний Новгород. Чкаловская лестница.** Мемориальная Чкаловская лестница названа так в связи с тем, что в верхней её части установлен памятник знаменитому советскому лётчику Валерию Чкалову. Лестница была заложена в 1943 г. в честь победы в Сталинградской битве. В 1949 г. строительство было закончено и лестница, спускаясь двумя огромными кольцами, связала верхнюю часть города с набережной.

Памятник Чкалову установлен также у лестницы, ведущей к пешеходному мосту через реку Урал в Оренбурге. Планировочная ось объединяет разнородные элементы: площадь, памятник, лестницу и пешеходный мост, – в единую протяженную композицию.

В рассмотренных нами примерах лестницы повышают композиционную выразительность речных и морских фасадов городов и придают им своеобразие.

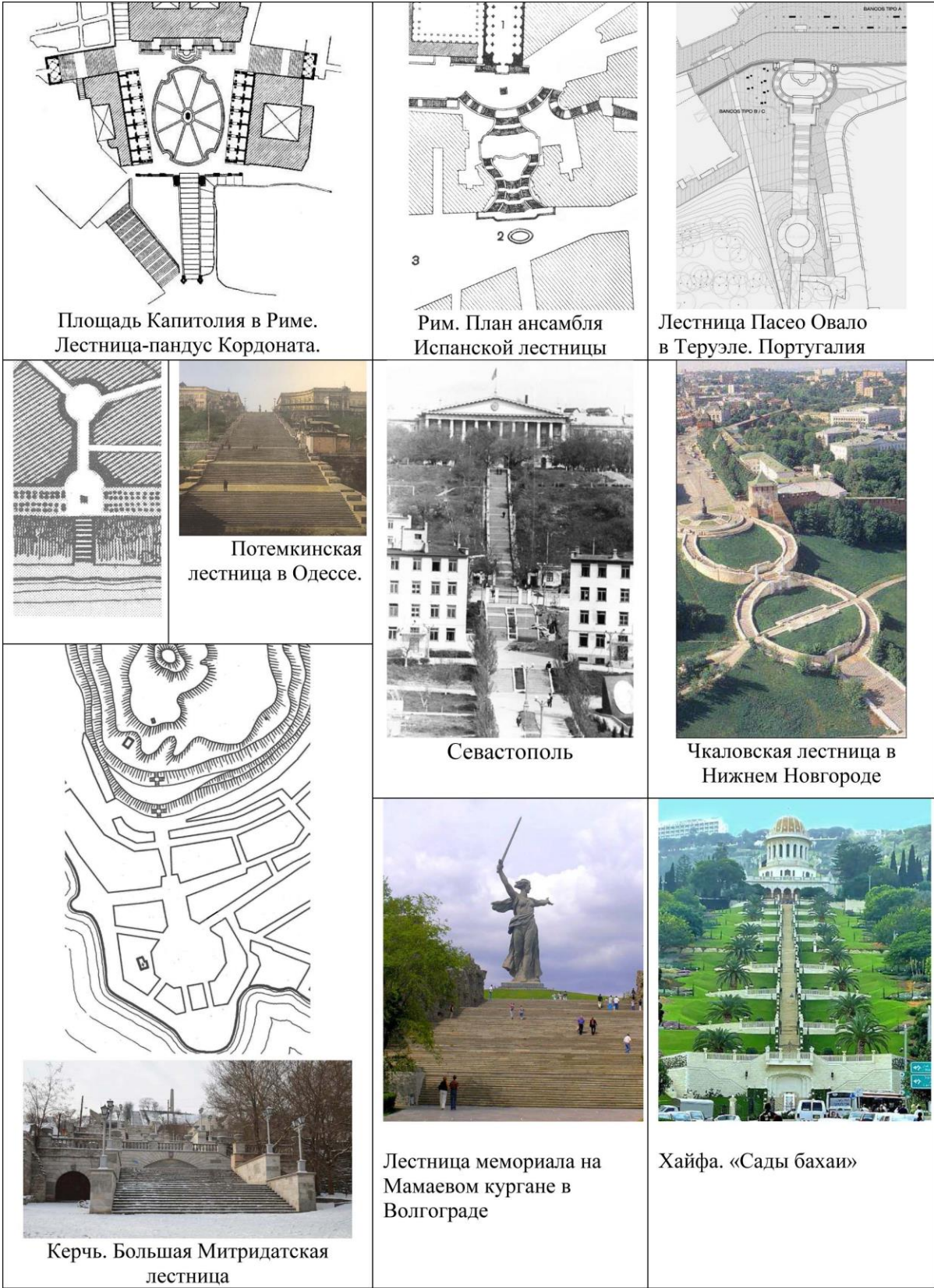


Рис. Мону­мен­таль­ные на­руж­ные лес­т­ни­цы в про­стран­стве го­ро­да

### **Лестница – подъём к монументу, мемориалу, храму**

**Керчь. Большая Митридатская лестница.** Иногда монументальная лестница использовалась в комбинации со скульптурой (ансамбль в Одессе, построенный на сочетании Потемкинской лестницы и памятника Ришелье на фоне полукруглой площади), иногда – с другой малой формой. При создании центра Керчи была применена комбинация двух элементов: монументальной трехъярусной лестницы на гору Митридат (1832–1840 гг., архитектор А. Дигби) и мавзолея-часовни градоначальника И.А. Стемпковского (1835 г., архитектор А. Дигби). Тем самым была архитектурно обозначена главная ось центра, зрительно объединены нагорная и равнинная его части и достигнута ансамблевая организация как центра, так и всей панорамы города с моря. Гора Митридата образовывала вместе с мысом у ее подножия могучую, созданную природой ось. Мастерски использованная архитектором А. Дигби в качестве стержня композиции центра города и его панорамы с моря эта ось была архитектурно выявлена тремя ярусами монументальной лестницы, подводившей от уровня Предтеченской площади к одной из верхних террас горы. Там в 1835 г. по проекту одесского архитектора Д. Торричелли было возведено окруженное дорической колоннадой здание музея древностей, воспроизводившее облик афинского храма Тезея (Гефеста). В 1834 г. на вершине горы, на продолжении оси лестницы, была построена в классических формах часовня-мавзолей над могилой И.А. Стемпковского (снесена после 1945 г.). Интересно устройство большой Митридатской лестницы. Из-за большой протяженности склона она была задумана по принципу обратной перспективы, т. е. с последовательным расширением ее ярусов во избежание сильного зрительного сокращения их при восприятии с площади и с моря. Площадка первого яруса лестницы завершалась фигурами входивших в герб Керчи грифонов, напоминавших о догреческих обитателях этих мест – скифах.

Монументальная Митридатская лестница, находившаяся в центре панорамы города, при приближении к которому с моря воспринималась как торжественные пропилеи Керчи.

**Мамаев Курган.** Воздвигнутый на нем памятник – ансамбль героям Сталинградской битвы запечатлел эпопею о сражении, ставшем одним из решающих в Великой Отечественной войне. На Мамаев Курган ведет широкая лестница.

Уже с первых ее ступенек взору открывается главный монумент – фигура Родины-Матери. Отсюда она просматривается лишь в общих формах. Через семь маршей лестница плавно переходит в длинную, постепенно поднимающуюся аллею пирамидальных тополей.

**Памятник Воину-освободителю в Трептов-парке в Берлине.** Памятник расположен на вершине насыпного кургана. Курган и лестница, ве-

дущая к постаменту памятника, делают скульптурную композицию более монументальной и торжественной.

Лестницы к храмам трактуются как дорога, ведущая человека к богу, используются как часть религиозного ритуала, подчёркивая важность восхождения.

Величественная зигзагообразная лестница, преодолевающая высоту 116 м., ведет к храму *Vom Jesus do Monte*, расположенному в г. Брага на севере Португалии. Некоторые паломники поднимаются по ступеням лестницы на коленях. Лестница символизирует Крестный путь и его 14 стояний. Поднимаясь по лестнице к храму, посетитель видит скульптуры, фонтаны, часовни, рассказывающие о пути на Голгофу.

Не менее впечатляющая лестница – к мавзолею-усыпальнице основателя веры бахаи, расположенному на склоне горы Кармель в Хайфе (Израиль). Широкая лестница в окружении террас с подпорными стенами и балюстрадами образует мощную ось, направленную к мавзолею.

### **Лестница – часть многофункционального комплекса**

*Каскад в Ереване.* В 1960-е гг. к юбилею установления советской власти в Армении, в Ереване началось строительство так называемого Каскада – гигантской 500-метровой лестницы, призванной соединить центр города с северным нагорным районом Арабкир. Строительство продолжается и сейчас: осталось последним пролётком соединить уже существующие 675 ступенек с монументом «Возрождённая Армения» на вершине Канакерских холмов.

Каскад завершил предусмотренную А. Таманяном в созданном им в 1924 г. генплане Еревана композиционную ось, пересекающую город в направлении север-юг – «Северный луч». Со всех площадок открываются виды на город и Араратскую долину. Весь многофункциональный комплекс находится в гармонии с окружающей средой. Главная идея комплекса – национальное возрождение. Для воплощения этой идеи использованы самые разные архитектурные формы и средства художественной выразительности.

### **Выводы**

Лестница – не только дорога, средство связи при сложном рельефе, но и один из важных элементов оформления городского пространства.

Анализ вариантов связи лестниц с элементами планировочной структуры города (с архитектурными объектами или монументами) выявил организующее свойство продольной планировочной оси – основы для объединения разнородных элементов в единую пространственную композицию.

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АРХИТЕКТУРНОЙ ГРАФИКИ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

А.В. Игошина, Е.С. Осинцева  
Научный руководитель О.Н. Иванов

*Сибирский федеральный университет*

Оформляя персональную выставку работ О.Н. Иванова – доцента кафедры архитектурного проектирования Института архитектуры и дизайна, нельзя было не обратить внимания на качество исполнения работ и на особенности ручной архитектурной графики. Понимая превосходство и ценность работ подобного исполнения, стоит отметить, что сегодня все чаще и чаще мы наблюдаем тенденцию перехода к компьютерному оформлению проектов и «отказа» от карандаша и маркера. В условиях традиционной для студентов архитектурного факультета острой нехватки времени компьютерная графика представляется большим искушением.

В нашем институте внедрение компьютерных технологий в учебный процесс происходит уже на втором, а то и на первом курсе, что еще невозможно было себе представить десять лет назад. Ценят их за скорость оформления работ, многовариантность подачи, **а также за автоматизацию этапов проектного поиска** и получение новых возможностей формообразования.

Работая над темой актуальности ручной архитектурной графики, мы задались следующими вопросами: насколько полезно компьютерное моделирование в процессе проектирования; какова эстетика традиционной ручной и компьютерной графики?

С появлением искусственного интеллекта 30-40 лет назад стал активно развиваться новый вид графики – компьютерный. Последние десятилетия мы стали очевидцами ее повсеместного использования как среди студентов архитектурных специальностей, так и в проектных мастерских.

Стоит отметить, что не существует единого мнения о роли и месте графики в процессе проектирования даже среди заслуженных архитекторов.

Очевидно, что с применением компьютерных технологий эффективность проектной деятельности значительно увеличивается, это и объясняет ее успех. Компьютерная графика производительнее, быстрее и значительно экономичнее, чем ручная. Это значит, что она более современна. И все же мы думаем, что пока ручная графика остается вопросом эстетики, она



не может устареть, потому что эстетика, на наш взгляд, не устаревает. Сейчас мало кому приходит в голову сказать, что Ф. Гери лучше, чем А. Палладио. Несмотря на то, что компьютер «не понимает» эстетики, он способен выполнять миллионы созидательных операций и визуализировать результат на каждой стадии.

Сейчас уже не осталось архитектурных фирм и проектных бюро, которые бы полностью не перешли на компьютерную графику, – это объясняется тем, что компьютер незаменим в рабочем проектировании. Но есть большая разница между рабочим и эскизным проектами: рабочий чертеж нужен только для того, чтобы передать информацию, а эскизный проект не только передает информацию, но и является произведением искусства: он, как и сам архитектурный объект, соединяет в себе функциональную и эстетическую стороны.

Архитектурный рисунок – это способ создания диалога между архитектором и заказчиком. Архитектор выступает зодчим, художником, психологом, к которому обращается заказчик. В процессе знакомства обе стороны хотят прийти к единому соглашению, и эскизные зарисовки будущего проекта, полученные в процессе разговора, способны дать необходимую уверенность в понимании сторон. Архитектор заинтересован в полученном заказе, будь то загородный дом или крупный спортивный объект. Заказчик уверен в том, что проект рисуется именно для него с пониманием его проблем и нужд, а не является просто шаблоном или растиражированным приемом. Но, возможно, при дальнейшем сотрудничестве именно картинки, полученные в результате рендеринга, станут последовательным этапом.

Каждый архитектор не лишен выбора подачи эскизного проекта в зависимости от ситуации: так, при проектировании детской игровой площадки можно выбрать ручную графику с применением акварельной отмывки, а при оформлении проекта, к примеру, гаража-стоянки, уместнее будет компьютерная графика. А если присутствует разделение труда, где проектированием занимается архитектор, а подачей визуализатор, то архитектурная графика – это чисто технически вопрос.

При этом новая компьютерная графика принципиально отличается от традиционной ручной и, прежде всего, абстрагирует мышление, делая его более упорядоченным, логическим.

В работе мы охарактеризовали новые явления в архитектуре, опираясь на возникновение новых методов формообразования, и обосновали их связь с новыми компьютерными технологиями.

Последнее десятилетие формообразование в проектной деятельности сильно изменилось. Началось все в 1973 г., когда появился первый персональный компьютер и очень скоро многие архитекторы оценили преимущество компьютеризации, где компьютерная мышь заменила карандаш,

работа с цветом заключалась уже не в отмывке и акварели, а в работе с цветовыми палитрами в системе SMYKiRGB. Уже в 1980 г. стали использовать специализированные инженерные, архитектурные программы: AutoCAD, ArchiCAD, Kompas. Следующий этап можно связать с появлением новых программ для визуализации моделей: 3dStudioMax, Maya, 4dCinema. Теперь архитектор имеет возможность создавать и трансформировать любые по сложности поверхности. Новые возможности открыли для архитектора новые направления в архитектурной деятельности.

На сегодняшний день не произошло полного объединения двух областей глобальной человеческой деятельности: цифровых технологий и проектного искусства, которые развивались долгое время параллельно друг другу. В архитектуре первые эксперименты такого рода появились в мастерской Н. Фостера. В его здании в Гонконге был применен специальный отражатель из зеркал, улавливающий солнечный свет и направляющий его в атриум. Для расчета подобных конструкций старых методов было недостаточно, в их проекте были применены конструктивные расчеты через построение сложной пространственной модели. Вторым характерным примером работ этого же архитектора – здание Страховой компании Swiss-Re, так называемый «Огурец».

Сейчас компьютерная графика, по нашему мнению, является неотъемлемой частью архитектуры высоких технологий. Удивительно, но Н. Фостер и сегодня иногда использует ручную графику для подачи своих проектов.

Хорошая ручная архитектурная графика обладает условной точностью, она не фотографична и благодаря этому органичнее, чем компьютерная. В этом и состоит парадокс: ручная графика по своей сути более свободна и подвижна, близка к природе, более экологична, чем компьютерная, и поэтому кажется в чем-то даже более современной. При этом сложно поспорить со вкусами тех, кого привлекает логичность, рационализм, скорость и завершенность компьютерной графики. Хотелось бы подчеркнуть, что ручная графика обладает уникальными свойствами, которых лишена компьютерная графика, и наоборот.

## ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ШАХТЫ

**А.С. Кожин**

**Научный руководитель А.Г. Янус**

*Сибирский федеральный университет*

### **1. Введение**

Горная промышленность – одна из важнейших отраслей России. Эффективность угледобычи в значительной мере зависит от четкости и надежности работы шахтного транспорта. Ленточный конвейер является основным средством транспортировки на шахтах, а также средством передвижения для людей. Современные магистральные конвейерные линии характеризуются значительной протяженностью и использованием мощных приводов. Это сложные объекты автоматизации как с позиции управления ими, так и с точки зрения обеспечения безопасности эксплуатации.

### **2. Цели и задачи**

Целью автоматизации конвейеров является повышение их производительности, надежности, безопасности работы и снижение травматизма. Последнее достигается за счет введения различных блокировок, защит и расширения информационных возможностей аппаратуры автоматизации.

В настоящее время особую важность приобретает контроль температуры нагревания роликов шахтных ленточных конвейеров. По причине возгорания лент происходит до 30 % пожаров на шахтах. Как правило, пожары происходят на приводных станциях (64 %), натяжных станциях (10,8 %) и на линейной части конвейера (25,2 %). Большая протяженность конвейерных линий и непредсказуемость места возгорания усложняет процесс контроля температурных режимов.

Конвейерные ленты в своем составе имеют ингредиенты, которые при воздействии высоких температур и кислорода образуют токсичные продукты термоокислительного разложения. Пожары, связанные с возгоранием лент, приводят к гибели людей, длительным простоям и материальным затратам.

### **3. Обзор существующих решений**

Цифровой автономный универсальный контроллер ЦАУК-2М является многофункциональным устройством, предназначенным для контроля и управления технологическими объектами. Контроллер позволяет измерять аналоговые сигналы (напряжение, силу тока и сопротивление, частоту

переменного тока); контролировать дискретные сигналы от датчиков «сухой контакт»; обеспечивает формирование сигналов на релейных выходах для управления объектами автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Для подключения ЦАУК-2М к производственной сети передачи данных используются интерфейс RS-485 и протокол Modbus.

Область применения ЦАУК – системы автоматизированного контроля и управления, системы автоматизации технологическими процессами:

- управление конвейерным транспортом;
- управление водоотливными установками;
- управление повысительными насосами в системах пожаротушения;
- контроль состояния систем электроснабжения и др.

ЦАУК-2М выпускается в особо взрывозащищенном исполнении и может применяться во взрывоопасной зоне, в том числе в подземных выработках шахт, опасных по угольной пыли и газу (метану).

Предустановленная *программа управления* конвейерным транспортом контроллера ЦАУК определяет всю логику и алгоритмы работы контроллера и предоставляет возможность гибкого конфигурирования на месте под конкретную задачу по автоматизации конвейеров. На ее основе заказчик может добавлять свои алгоритмы с помощью системы программирования контроллеров ipСАУК.

Есть два режима работы конвейера – автоматический и местный.

Автоматический режим конвейера используется при работе конвейера в составе конвейерной линии. Он обеспечивает последовательный запуск, а также одновременную остановку всей линии или её части. Сигналом взаимодействия между конвейерами является «разрешение работы в автоматическом режиме».

**Местный** режим работы используется при наладке и ремонте конвейера для проверки работы механизмов и датчиков. Запуск конвейера в этом режиме возможен только с кнопки «**Пуск**» на ЦАУКе или выносном пульте. Также в местном режиме не выдается сигнал «**разрешение работы в автоматическом режиме**» на следующий конвейер.

Входные сигналы делятся на несколько типов, которые определяют, как сигнал воздействует на работу конвейера.

#### ***1. Экстренные сигналы:***

- кабель-троссовый выключатель (КТВ);
- контроля схода ленты (КСЛ);
- установки автоматического водяного пожаротушения (УАП);
- датчик заштыбовки;
- датчик проезда площадки схода;
- датчик температуры двигателя.

Срабатывание этих сигналов приводит к немедленной остановке конвейера, включению **аварийной сигнализации**, а также к невозможности запуска конвейера при их наличии.

### **2. Сигналы контроля механизмов:**

- контроль пускателя сигнализации;
- контроль концевого выключателя тормоза;
- контроль пускателей двигателей;
- контроль номинальной скорости.

Срабатывание этих сигналов проверяется **при включении** нужного механизма во время **запуска** и **работы** конвейера. Отсутствие сигнала контроля приводит к остановке конвейера. Включение аварийной сигнализации не происходит.

### **3. Сигналы от кнопок СТОП:**

- кнопка СТОП на ЦАУКе;
- кнопка СТОП на выносном пульте управления;
- кнопка СТОП на универсальный модуль ввода/вывода (УМВВ) (опционально).

Нажатие кнопки СТОП останавливает конвейер, пуск возможен только при её отпускании.

### **4. Прочие сигналы:**

- команда остановки от диспетчера;
- смена режима работы (автоматический/местный).

## **4. Вывод**

Использование данного оборудования в шахтах, опасных по газу и пыли, (метану) позволяет решить ряд проблем:

- 1) предотвращает перегрев подшипников;
- 2) предотвращает запуск конвейера при превышении метана;
- 3) позволяет автоматически запускать конвейерные линии с использованием до 4 конвейеров;
- 4) предотвращает аварии и травматизм;
- 5) предотвращает выход из строя двигателей конвейера;
- 6) позволяет регулировать работу каждого конвейера в отдельности;
- 7) предотвращает возгорание ленты конвейера;
- 8) позволяет автоматизировать работу всей линии и дает возможность ремонта конвейера без запуска всей линии;
- 9) позволяет управлять всеми линиями шахты с диспетчерского пульта посредством линий связи шахты.

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАНАТНО-СКРЕПЕРНЫХ УСТАНОВОК ВМЕСТО ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ДРАГЛАЙН**

**Я.Е. Линьков**

**Научный руководитель А.В. Никитин**

*Сибирский федеральный университет*

Как показывает практика большинство рассыпных и около 60 % песчано-гравийных карьеров имеют обводненные залежи полезных ископаемых. По степени обводненности различают частично и полностью обводненные месторождения, которые могут разрабатываться без осушения, с частичным осушением (водопонижением) и при полном осушении.

В подавляющем количестве песчано-гравийных и россыпных месторождений полезная толща не может быть по тем или иным причинам полностью осушена. Это обуславливает необходимость применения специальных структур комплексной механизации и технологических схем для разработки таких месторождений. Выбор механизации и схем определяется степенью обводненности, содержанием гравийно-валунных фракций и валунов. Наибольшее применение на выемке обводненных песчано-гравийных пород получили экскаваторы-драглайны.

Существенным недостатком добычи полезных ископаемых при разработке обводненных пород экскаватором-драглайном является необходимость его частых передвижек по фронту забоя. Это обуславливает обрушение уступа на границе с зеркалом воды при подтягивании ковша к экскаватору, что снижает возможную глубину отработки обводненных месторождений. Кроме того, рабочие параметры экскаватора-драглайна не позволяют отрабатывать месторождения заходками большой ширины (как правило, она не превышает 30–40 м). Эффективность применения экскаваторов-драглайнов при разработке обводненных нерудных месторождений также снижается при наличии в породе большого содержания валунных отложений.

Таким образом, возможность применения канатно-скреперных установок вместо экскаваторов типа драглайн является актуальной.

Поэтому применение канатно-скреперного оборудования по сравнению с шагающими экскаваторами со схожими параметрами рабочего оборудования обладает рядом достоинств:

1) возможность отработки более глубокими уступами при обводненных условиях по сравнению с экскаваторами-драглайнами, благодаря более широкому захваткам;

2) отсутствие внутрикарьерных транспортных коммуникаций, которые сооружаются только на поверхности, а карьер является открытым котлованом без внутреннего оборудования;

3) мобильность, позволяющая легко переключиться с добычных работ на вскрышные и наоборот;

4) все месторождение может обрабатываться одним или несколькими однотипными механизмами по схеме «скрепер – карьер»;

5) простота обслуживания, не требующая высокой квалификации оператора, относительно низкая первоначальная стоимость оборудования и относительно невысокие эксплуатационные расходы.

Существуют скреперные установки различного предназначения. В подземных условиях скреперные установки используют для захвата и перемещения отбитой горной массы (руды, породы) до подземного перегрузочного пункта (рудоспуска, люка, бункера) для погрузки в вагонетки или на другие транспортные средства.

На поверхности канатно-скреперные установки широко используются на складах полезного ископаемого как для формирования склада штабельного типа, так и для обратной подачи к месту погрузки полезного ископаемого на средства внешнего транспорта (железнодорожного, автомобильного, водного) или для дальнейшей переработки на обогатительную фабрику, а также для проходки траншеи под трубопровод в нефтегазовой промышленности и при добыче полезных ископаемых, что более интересно для нас.

Производителями такого оборудования на современном рынке являются STICHWEN и различные отечественные производители, такие как ОАО ТОРГОВЫЙ ДОМ.

Сравнение рабочих параметров относительно вместимости рабочих органов дает нам представление о возможности применения канатно-скреперного оборудования. Так на графиках видно, что шагающие экскаваторы проигрывают по представленным параметрам (рис. 1).

Проведены расчеты производительности канатно-скреперных установок, сравнение произведено попарно между скреперами и экскаваторами со сходными параметрами вместимости ковша, а также на разных расстояниях скрепления и радиусами черпания в одинаковых горнотехнических условиях угольного месторождения Каохем (рис. 2).

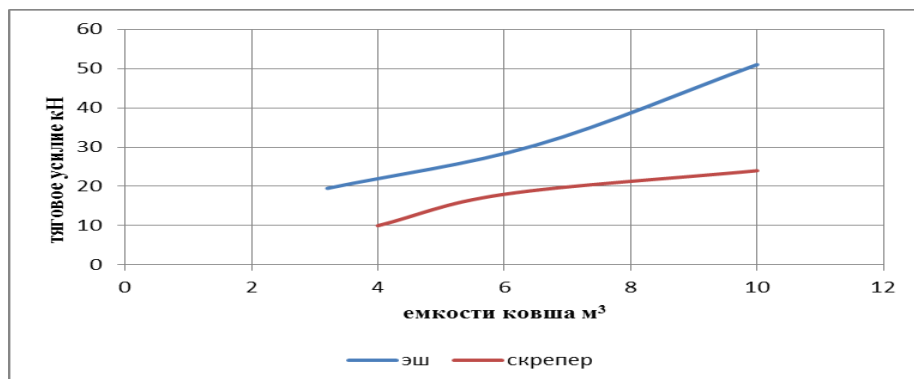
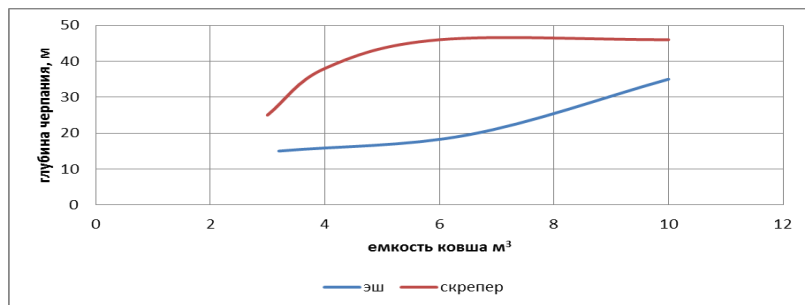
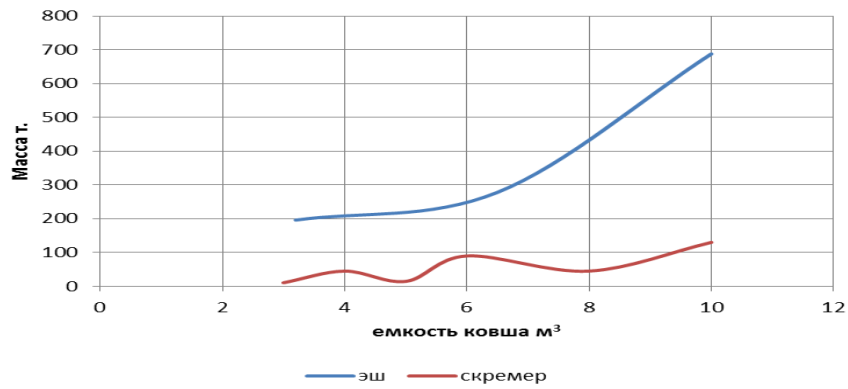
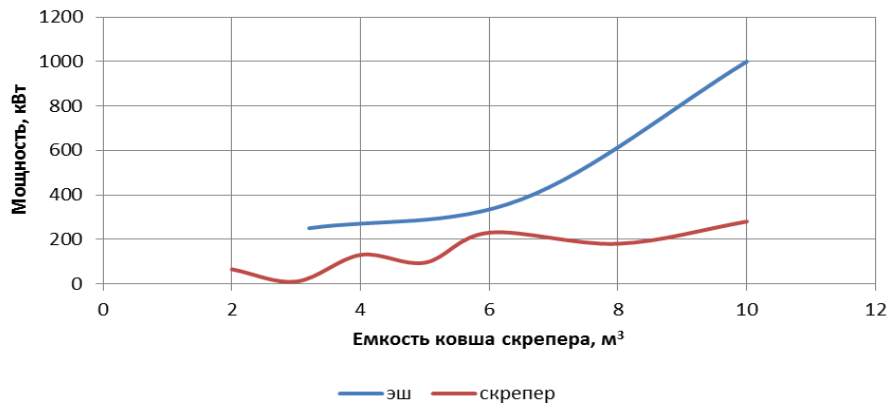


Рис. 1. Сравнение рабочих параметров



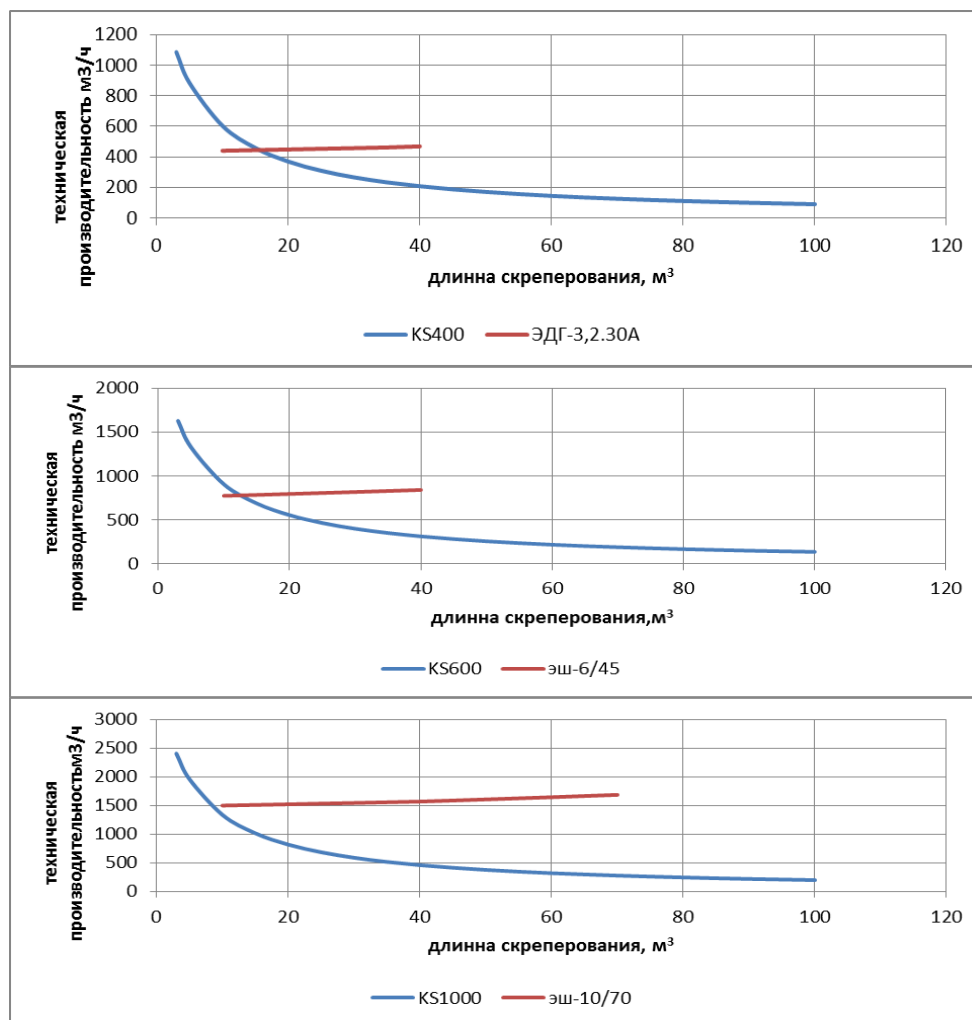


Рис. 2. зависимость производительности от расстояния скреперования

По графикам видно, что производительность скреперных установок сильно снижается при увеличении расстояния скреперования, а производительность шагающих экскаваторов уменьшается незначительно с уменьшением радиуса черпания. Так, чтобы скреперная установка имела производительность равную производительности шагающего экскаватора с максимальными параметрами работы, необходимо две единицы техники или уменьшение расстояния скреперования до 15–20 м.

Исходя из перечисленного, можно сделать вывод о возможности применения канатно-скреперных установок вместо шагающих экскаваторов на угольных разрезах и россыпных карьерах.

**СПОСОБ ОТРАБОТКИ ЗАКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ  
КАРЬЕРА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО УЧАСТКА  
ГОРЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД**

**М.Ж. Мередов**

**Научный руководитель А.И. Голованов**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время около 150 рудников осуществляет переход с открытых на подземные горные работы. Это обуславливается тем, что при увеличении глубины открытой разработки значительно повышается себестоимость добычи полезного ископаемого за счёт увеличения объёмов вскрыши.

При переходе с открытых работ на подземные при разработке крутых залежей известны примеры из отечественной и зарубежной практики, когда между открытыми и подземными работами образуется единое выработанное пространство, что усложняет ведение работ по доизвлечению законтурных запасов участков месторождения.

Влияние открытого пространства карьера на подземные работы может компенсироваться оставлением рудного целика – потолочины, который будет предотвращать нарушение статического равновесия бортов карьера и последующего обрушения выработок.

Сложность отработки Северо-Западного участка Горевского месторождения заключается в том, что применение системы разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства экономически не целесообразна из-за невысокой ценности руд. Отработка системами с открытым очистным пространством приведет к значительным потерям, до 30 %, в связи с наклонным рудо-породным контактом в междукамерных целиках и массивной потолочине для ограждения зоны влияния карьера. Отработка с такими низкими показателями извлечения нерентабельна из-за невысоких запасов участка месторождения.

Для более рациональной отработки имеет смысл применить системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород, которые известны своей относительно невысокой стоимостью. Для улучшения показателей извлечения предлагается применить вариант системы с линейно-торцовым пропорционально-последовательным выпуском руды (рис. 1).

Для создания бокового давления на отбитый слой руды необходимо произвести засыпку борта карьера, прилегающего к рудному телу, породой

вскрыши. Толщина породной подушки должна быть не менее высоты отбиваемого слоя, который составляет 20 м.

Вскрытие производится с торца залежи за зоной сдвижения пород, автомобильным съездом и двумя вентиляционными стволами (рис. 2). Откатка рудной массы осуществляется автосамосвалами Atlas Copco Minetruck МТ 2010 с каждого горизонта, для чего оборудуются манёвренно-погрузочные зоны (рис. 3).

Поэтажная откатка позволяет быстрее ввести рудник в эксплуатацию, уменьшив первоначальные капитальные затраты, производить попутную доразведку запасов для более точного оконтуривания рудного тела.

Для определения эффективности использования предлагаемой системы разработки в подобных условиях было произведено контрольное физическое моделирование (рис. 4). Была использована имеющаяся модель в масштабе 1:100, адаптированная для данных условий. Для получения более достоверной информации было проведено 15 опытов, по результатам которых показатели извлечения составили  $K_n = 0,88$ ,  $K_k = 0,85$ .

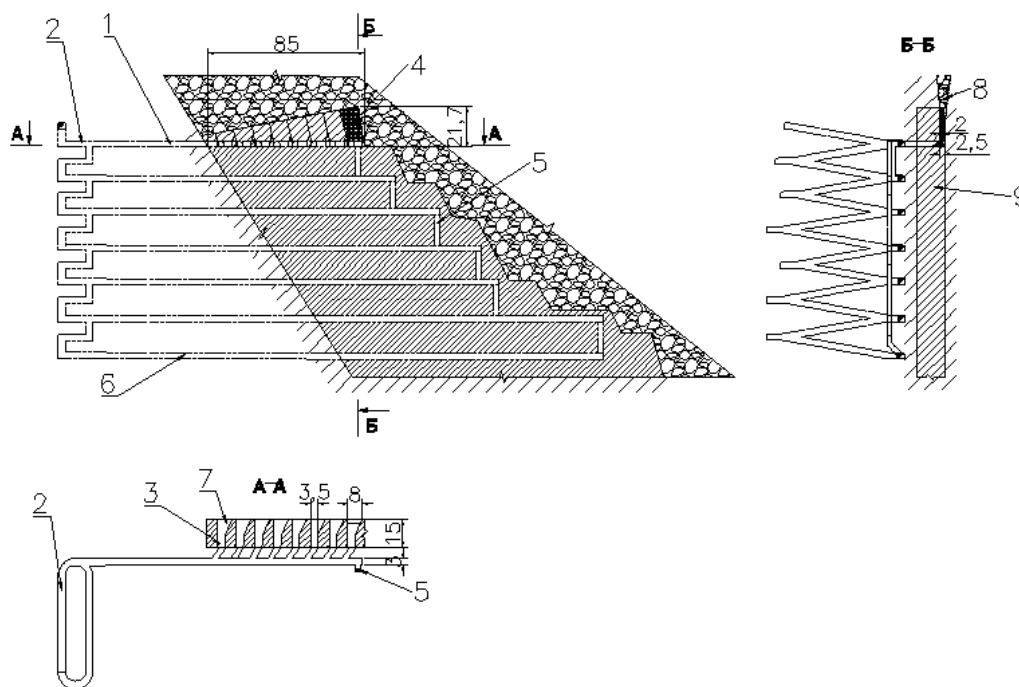
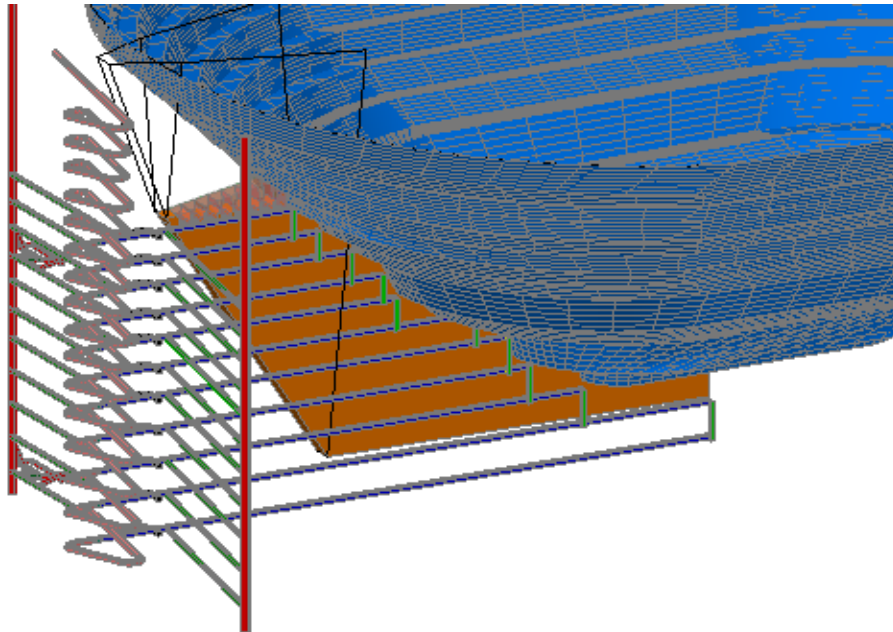
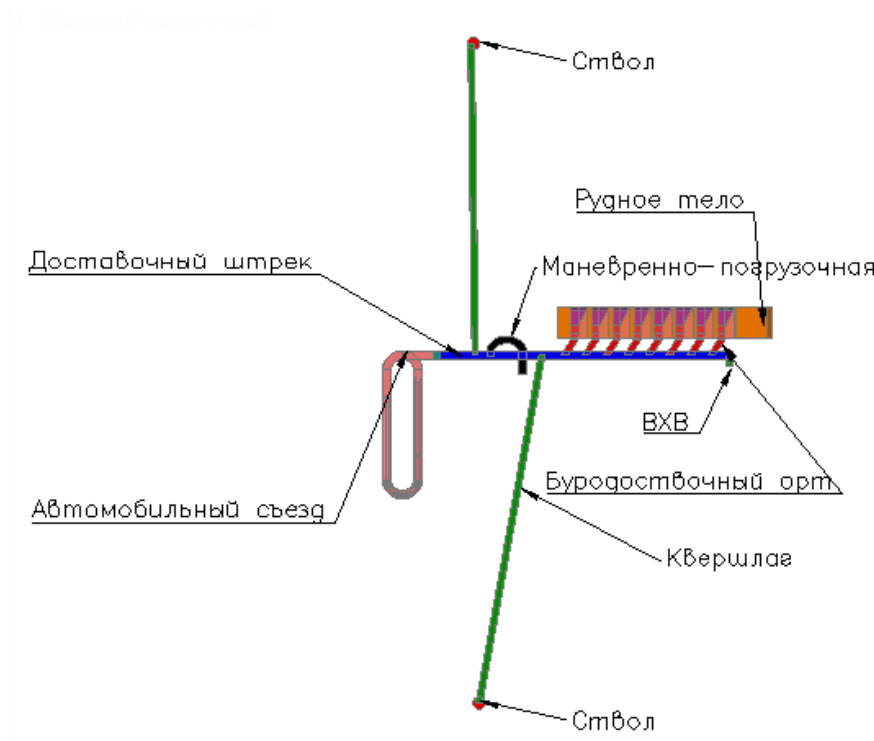


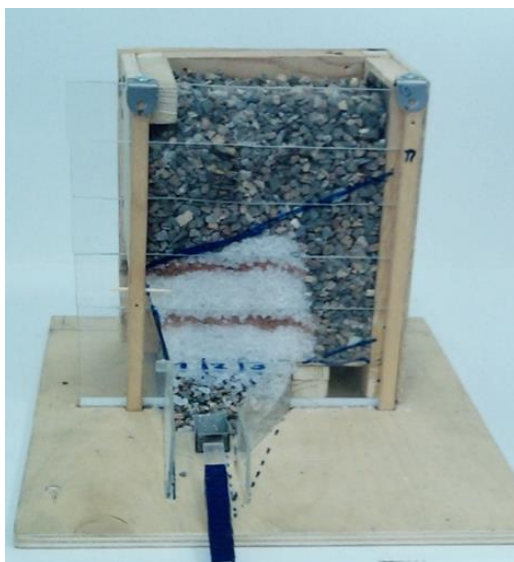
Рис. 1. Система разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды с пропорционально-последовательным выпуском в условиях Северо-Западного участка Горевского месторождения: 1 – доставочный штрек; 2 – автомобильный съезд; 3 – буродоставочный орт; 4 – отбиваемый слой; 5 – ВХВ; 6 – откаточный штрек; 7 – треугольная подсечка; 8 – обрушенная порода; 9 – рудное тело



*Рис. 2. Трёхмерная модель вскрытия законтурных запасов карьера Северо-Западного участка Горевского месторождения автомобильным съездом с откаткой рудной массы на каждом горизонте*



*Рис. 3. План горизонта*



*Рис. 4. Физическая модель линейно-торцового выпуска в масштабе 1:100*

В результате было установлено, что доработка законтурных запасов карьера Северо-Западного участка Горевского свинцово-цинкового месторождения целесообразно обрабатывать системой разработки подэтажного обрушения с торцовым пропорционально-последовательным выпуском руды, которая обеспечивает безопасность ведения работ, быстрое время строительства и ввод в эксплуатацию рудника, а также лучшие показатели извлечения.

УДК 624.1

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА РУДНИКАХ ЗФ ОАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»**

**Г.С. Ябуров, С.А. Вохмин, П.А. Дерягин**  
**Научный руководитель С.А. Вохмин**

*Сибирский федеральный университет,  
Норильский филиал института «Гипроикель»  
институт «Норильскпроект»*

На сегодняшний день одной из основополагающих проблем горного производства является разрушение горного массива. Эффективность разрушения горных пород определяет эффективность всего горного производства и далее возможности всей промышленности, использующей результаты работы горнодобывающих предприятий.

При проведении горизонтальных выработок к буровзрывным работам предъявляются повышенные требования в части обеспечения необходимого развала породы после взрыва и качественного ее дробления, высокой устойчивости выработок и оконтуривание их в соответствии с проектом, а также экономических показателей. Прежде всего – снижение затрат на БВР.

Выполнить требования возможно за счет разработки методов расчета оптимальных параметров буровзрывных работ, обеспечивающих оптимальный заданный отрыв и качество дробления горной массы при проходке. Существующие технологии ведения буровзрывных работ не всегда обеспечивают требуемое дробление горной породы, что приводит либо к высокому выходу негабаритов, либо к переизмельчению породы. Причин, порождающих эти явления, может быть несколько: неправильный подбор типа взрывчатого вещества для данного массива пород, завышенный или заниженный расход ВВ, ошибка в подборе параметров сетки расположения шпуров и т. п.

Наибольшее распространение получила методика расчета параметров БВР при проходке выработок предложенная профессором Н.М. Покровским [1]. Она базируется на определении удельного расхода ВВ, коэффициента, учитывающего структурные особенности пород, коэффициента зажима взрываемой породы и т. д. Недостатком этой методики является то, что используемые в расчетах коэффициенты имеют весьма широкий диапазон изменения принимаемых значений, которые зависят чаще от уровня подготовки и интуиции специалиста, выполняющего расчеты, нежели от собственно горно-геологических условий. В результате параметры БВР устанавливаются по усредненным значениям, что отрицательно сказывается на эффективности взрывных работ.

Несколько иной подход предложен в методике Б.Н. Кутузова [3], в основе которой лежит определение радиуса зоны трещинообразования вокруг взрывающегося заряда ВВ.

Б.Н. Кутузов [2] отмечает, что при взрыве в массиве заряда ВВ вокруг места его расположения образуются две активные зоны, размеры которых влияют на эффективность БВР. Применительно к условиям Талнахско-Октябрьского месторождения размеры этих зон определяются с учетом таких факторов как физико-механические свойства массива (медистых, вкрапленных, богатых руд; закладочного массива, при вскрытии его части в кровли или боках выработки), тип применяемого ВВ, диаметр заряда, конструкция заряда, место инициирования заряда, длина заряда и величина недозаряда, длина и качество забойки, взаимодействие одновременно взрываемых зарядов.

Предлагаемый методический подход для определения параметров БВР при проходке горных выработок и на очистных работах при различных системах разработки позволяет учитывать особенности производства взрывных работ на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель».

С целью проверки и адаптации данной методики авторами статьи проведены экспериментальные работы в условиях отработки разных типов медно-никелевых руд месторождений «Октябрьское», «Талнахское» и «Норильск-1».

Рудник «Октябрьский» отрабатывает месторождение сульфидно-никелевых руд «Октябрьское». В настоящее время объектом отработки являются три промышленных типа руд: сплошные, медистые и вкрапленные. Контакты сплошных (богатых) руд с вмещающими породами четкие, ровные, иногда весьма неровные с апофизами и прожилками. Прочность связи с метаморфизованными осадочными породами довольно значительна.

Медистые руды – ороговикованные и скарнированные разности осадочных и изверженных пород, различные метасоматиты – образуют тела сложных очертаний, находящиеся как под сплошными рудами, так и над ними. Мощность их резко меняется, достигая в некоторых случаях 40 м. Контакты – нерезкие, неровные, прочные, лишь со сплошными рудами нередко они ослаблены присутствием хлорита или наличием зоны срыва контактов, представленной дроблеными сильно измененными породами.

Вкрапленные руды распространены в пикритовых, такситовых и троктолитовых габбро-долеритах (реже в оливиновых и контактовых). Они образуют практически единый горизонт пластообразной формы мощностью до 90 м, который в плане перекрывает сплошные руды. Границы этих руд – обычно нерезкие, неровные и выделяются по результатам опробования. Прочность связи по ним различна, поскольку границы вкрапленных руд нередко ослаблены участками весьма сильной трещиноватости или хлоритовой зонкой. Между вкрапленными рудами и нижележащими «медистыми» или сплошными рудами иногда присутствует безрудный прослой мощностью от 1–2 м до 15–25 м.

На проходке выработок используют шпуры диаметром 48 мм и 51 мм. Для бурения шпуров применяют Boomer L2D, Boomer M2D. Наиболее широко используют паспорта БВР на 52 шпура длиной 5,0–6,0 м и на 48 шпуров длиной 5,0 м. На руднике используют гранулированные ВВ типа игданит-П, гранулит-АС-8 и гранулит АС-6. Заряжание шпуров производится пневмозарядчиками ЗП-2, РПЗ-06, ЗП-12. Иницирование производят средствами ИСКРА-Ш.

Опираясь на исходные данные, полученные на руднике «Октябрьский» и согласно названной методике, скорректированной авторским коллективом для условий Талнахско-Октябрьского месторождения, был разработан и в установленном порядке утвержден паспорт буровзрывных работ на проведении опытного взрыва (рисунок). Условия проведения опытного взрыва: крепость пород по шкале М.М. Протодьяконова  $f = 12$ , сечение выработки –  $20,73 \text{ м}^2$ , применяемое ВВ гранулит АС-8 и аммонит № 6-ЖВ, диаметр шпуров – 48 мм.

Последовательность построения паспорта БВР следующая: от почвы и борта выработки откладывается расстояние равное расчетной величине радиуса зоны смятия,  $R_{cm} = 150$  мм. Однако по результатам практики ведения буровых работ на используемом оборудовании нет возможности расположить стрелу таким образом, чтобы соблюдался угол наклона шпуров и данное расстояние зоны смятия. Поэтому принято решение данное расстояние принять равным 250 мм. Далее на расстоянии, равном радиусу зоны трещинообразования вокруг взрыва заряда ВВ, располагаются последующие шпуры по контуру выработки.

Тип вруба был выбран прямой с компенсационными скважинами, что обусловлено высокой производительностью оборудования на бурении шпуров и практикой применения подобных врубов на предприятии.

Вспомогательные шпуры располагаются на расстоянии равном линии наименьшего сопротивления, рассчитанной по методике Б.Н. Кутузова [3].

Дальнейшее построение ведется таким образом, чтобы происходило наложение зон трещиноватости от каждого шпура.

Расчетно-графическим путем установлено, что для вышеуказанных условий необходимо 32 шпура (рисунок), это на 16 шпуров меньше, чем в паспорте, применяемом на руднике в настоящее время (рисунок). Снижение количества шпуров с 48 до 32 шт. выразилось в общем снижении расхода ВВ на 95 кг и объема бурения на 59 м.

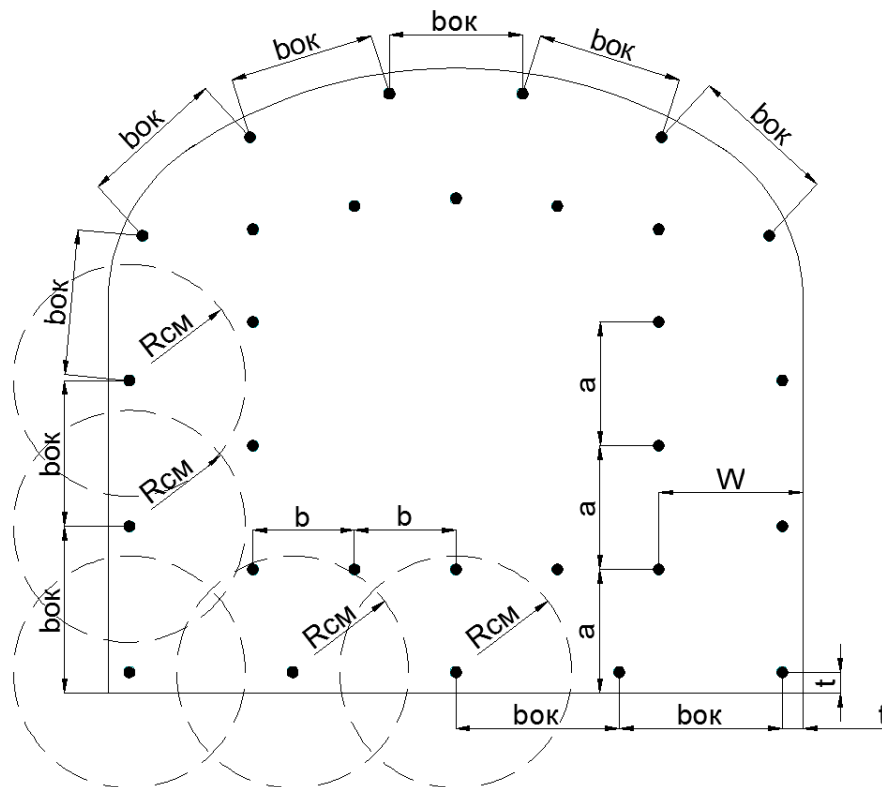


Рис. Схема расположения шпуров в забое



В данном паспорте было решено добавить 1 шпур по почве выработки в целях повышения качества формирования трассы выработки.

Отличительной чертой технологии ведения буровзрывных работ на предприятиях ЗФ ОАО «ГМК Норильский никель» является единая длина для всех комплектов шпуров в паспорте, в том числе и врубового.

В опытном варианте было принято решение увеличить длину врубовых шпуров на 10 % согласно широко распространенной практики.

Для наглядности восприятия сравнение паспортов БВР представим в виде таблицы.

**Таблица.** Сравнение параметров паспортов БВР

Показатели	Паспорт БВР, используемый на руднике	Паспорт БВР опытного взрыва
Общее количество шпуров, шт.	48	32
Количество врубовых шпуров, шт.	12	8
Количество вспомогательных шпуров, шт.	16	10
Количество оконтуривающих шпуров, шт.	20	14
Расход ВВ:		
гранулит АС-8	280,0	198,0
аммонит №6-ЖВ	39,25	26,75
Объем бурения, м	240	181
Расход ВВ на 1 м <sup>3</sup> горной массы:		
гранулит АС-8	3,24	2,12
аммонит №6-ЖВ	0,39	0,29
ЭД, шт.	0,010	0,011
ДШ	0,015	0,063

Результаты опытно-промышленных взрывов показали, что возможно уменьшение общего количества шпуров на 16 шт., что позволяет достигнуть экономию на процессе бурения в размере 59 шт. и снижение расхода ВВ в на 82 кг гранулита АС-8 и 12,5 кг Аммонита №6-ЖВ.

Съемка забоя после взрыва по опытному паспорту БВР показала, что сечение выработки соответствует проектному и не требует дополнительных работ по доведению до проекта, снижено заколообразование и основные технологические параметры соответствуют заданным требованиям.

Результаты проведенных взрывов показали эффективность предлагаемой методики, что подтверждается сокращением как расхода бурения, так и ВВ.

### **Список литературы**

1. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Ч. 1. Технология сооружения горизонтальных горных выработок и тоннелей. М.: Недра, 1977.
2. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: изд-во МГИ, 1992. 516 с.
3. Кутузов Б.Н., Андриевский А.П. Новая теория и новые технологии разрушения горных пород удлиненными зарядами взрывчатых веществ. Новосибирск: Наука, 2002.
4. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. М.: Недра, 2003. 103 с.
5. Таранов П.Я., Гуздь А.Г. Разрушение горных пород взрывом: учебник. М.: Недра, 1976. 253 с.
6. Регламент технологических производственных процессов ведения взрывных работ в подземных условиях подразделений ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» (РТПП-030-2011). Норильск, 2011. 60 с.
7. Безопасность при взрывных работах: Сборник документов. Серия 13. Выпуск 1 / кол. авт. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001. 248 с.

УДК 531:622.002.5

## **РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫМИ ДОЛОТАМИ**

**О.В. Болотникова**

**Научный руководитель Т.Г. Калиновская**

*Сибирский федеральный университет*

К станкам вращательного бурения относятся станки шарошечного бурения, предназначенные для бурения вертикальных и наклонных скважин в породах средней крепости и крепких. Разрушение породы осуществляется шарошечным долотом, во время вращения которого при постоянном усилии подачи зубья шарошек скалывают и раздавливают горную породу.

Эффективность бурения скважин, особенно в крепких горных породах, в значительной степени определяется эксплуатационными показателями породоразрушающего инструмента и рациональными технологиче-

скими режимами. Оптимальный режим бурения определяется рациональным соотношением скорости вращения инструмента и величины осевого нажатия на него при оптимальной скорости удаления продуктов бурения из скважины. Поэтому вращательные буровые станки должны обеспечивать различный режим бурения в соответствии с характером породы. Основные параметры станков вращательного бурения: осевое давление, скорость вращения, расход сжатого воздуха и мощность, затрачиваемая на бурение, – определяются диаметром скважины и крепостью пород.

Обобщенным количественным показателем механического бурения, зависящим от параметров режима бурения, является рейсовая скорость проходки. Сочетание параметров режима бурения, при котором получают наиболее высокую рейсовую скорость проходки и требуемые качественные показатели бурения, называется оптимальным режимом бурения. В практике встречаются случаи, когда необходимо подбирать параметры режима бурения для решения специальных задач. Такие режимы называются специальными. К ним относятся режимы бурения, применяемые в неблагоприятных геологических условиях, а также используемые при изменении направления оси ствола скважины (бурение наклонных и горизонтальных скважин) и при отборе кернов.

В данной работе рассматривались некоторые режимные параметры наклонного бурения шарошечными долотами под углом  $\alpha$ . Максимальное осевое давление на забой определялось исходя из условия предельного равновесия станка в момент начала его сдвига по почве при бурении наклонной скважины под углом  $\alpha$ . Для уравнивания бурового станка при бурении наклонной скважины рассмотрена упрощенная схема, согласно которой корпус станка опирается на почву домкратами А и В, на буровой инструмент действует сила сопротивления породы  $F$  (рис. 1, а). Для проведения расчетов составлена плоская уравновешенная система сил, действующих на буровой станок, показанная на рис. 1, б. С целью упрощения схемы сила сопротивления породы  $F$  перенесена в центр шарнира О вдоль оси буровой штанги.

С помощью уравнений равновесия, составленных для этой системы сил

$$\begin{aligned} \sum X_z &= F_z - f_{cy} \cdot N_A - f_{cy} \cdot N_B = 0; \\ \sum Y_k &= F_B - mg + N_A + N_B = 0; \\ \sum M_O(\vec{F}_k) &= mgc - F \sin \alpha h - F \cos \alpha (b + d) - N_A d = 0, \end{aligned}$$

были получены формулы для вычисления сил давления домкратов на грунт и силы сопротивления породы.

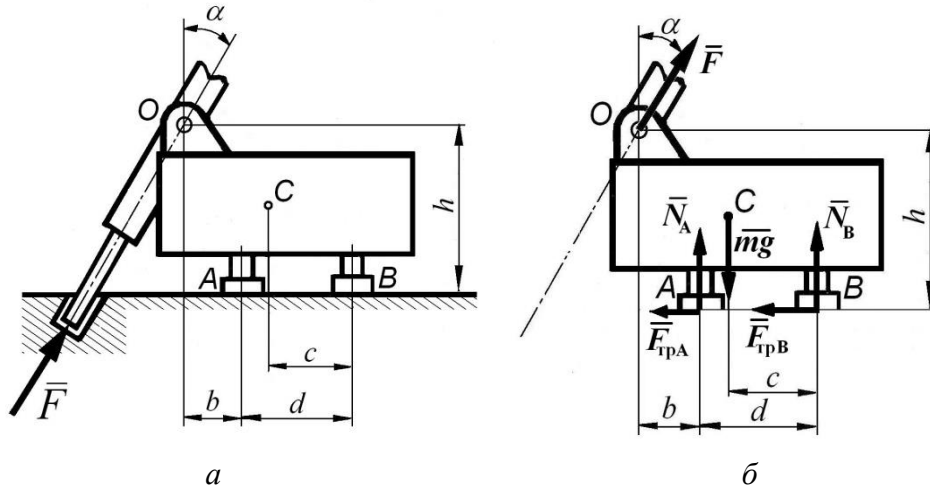


Рис. 1. К расчету уравнивания бурового станка наклонного бурения:  
 а – конструктивная схема; б – расчетная силовая схема

Так как сила осевого давления на забой  $P_{ос}$  равна силе сопротивления породы  $F$ , то зависимость предельного осевого давления от величины угла наклона скважины в условиях сохранения равновесия бурового станка на грунте можно выразить уравнением

$$F^{пред} = P_{ос}^{пред} = \frac{mg \cdot f_{сц}}{(\sin \alpha + f_{сц} \cdot \cos \alpha)}, \quad (1)$$

где  $f_{сц}$  – коэффициент сцепления домкратов с почвой  $m$  – масса станка.

Полученная зависимость носит нелинейный характер и показывает, что при увеличении угла наклона скважины предельные значения осевого давления на забой снижаются.

Требуемое усилие подачи, соответствующее диаметру долота  $D$  и условию равновесия корпуса бурового станка при наклонном бурении

$$P_{ос} = K \sigma_{сж} D < P_{ос}^{пред},$$

где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности породы на сжатие;  $K$  – эмпирический коэффициент.

Глубина внедрения зубьев долота в породу

$$h = \frac{1,5 \cdot 10^2 \cdot P_{ос}}{D \cdot f \cdot \left( \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + \mu_1 \right) K_3},$$

где  $f$  – коэффициент крепости породы,  $f = 0,1\sigma_{сж}$ ;  $\mu_1$  – коэффициент трения металла шарошки о породу;  $\gamma$  – угол заострения зубашарошки;  $K_3$  – коэффициент затупления зуба.

Теоретическая скорость шарошечного бурения  $V$ , м/ч

$$V = 10,8 \cdot K_{ск} \cdot h \cdot n_{вр} ,$$

где  $K_{ск}$  – коэффициент, учитывающий уменьшение скорости бурения за счет неполного скола породы между зубьями;  $n_{вр}$  – частота вращения долота,  $c^{-1}$ .

Используя зависимость (1) можно рассматривать различные варианты режимных параметров бурения в соответствии с изменением угла наклона скважины.

УДК 621.327.9

## ИНДУКЦИОННЫЕ ЛАМПЫ

**С.А. Дулевич, Н.П. Клебов, Н.И. Самылин**  
**Научный руководитель В.В. Кибардин**

*Сибирский федеральный университет*

### **Введение**

Не так давно на рынке источников света появился новый продукт – индукционные лампы, позиционирующиеся производителями как энерго-сберегающие источники качественного света, по техническим характеристиками превосходящие традиционные виды источников освещения. В докладе приводится обзор данного технического устройства на основе информации предоставляемой производителями ламп, отзывов компаний и результатах испытаний.

### **Историческая справка**

Впервые безэлектродную лампу продемонстрировал Н. Тесла на Всемирной Колумбийской выставке в Чикаго в 1893 г. Она была похожа на большой шар и светилась странным зеленоватым светом. Питалась она от электромагнитного поля вблизи катушки Тесла. В 1904 г. П. Хьюитт разработал индукционную лампу, в которой использовались пары ртути. Лампы имели форму сферы и сдвоенной сферы с внешним и внутренним дросселем. В 1967 г. Дж. Андерсон разработал первый надежный прототип индукционной лампы, а в 1994 г. его компактная лампа GENURA (впервые ВЧ-генератор был расположен в цоколе лампы) вышла на рынок.

Первые серийные образцы индукционных люминесцентных ламп (ИЛЛ) были выпущены в 1991–1992 гг. Лидерами в производстве ИЛЛ стали иностранные фирмы PHILIPS Lighting, GE Lighting, OSRAM.

Российские ученые также занимались практической разработкой таких ламп [1–4]. Источники света с индуктивным возбуждением в СССР выпускались серийно в 60-х гг. прошлого века. Например, выпускалась ультрафиолетовая косметическая лампа «ФОТОН», в которой источником света являлся шарик диаметром 2 см, рядом с которым располагалась катушка ВЧ-генератора 27, 12 МГц. Сотрудниками института теплофизики СО РАН (г. Новосибирск) в 1997–1999 гг. было получено несколько патентов на создание низкочастотных (10кГц) индукционных ламп. Были созданы экспериментальные образцы ИЛЛ мощностью от 100 Вт до 100 кВт. Однако ввиду отсутствия финансирования исследования были прекращены. В настоящее время монополия на производство этих ламп принадлежит Китаю.

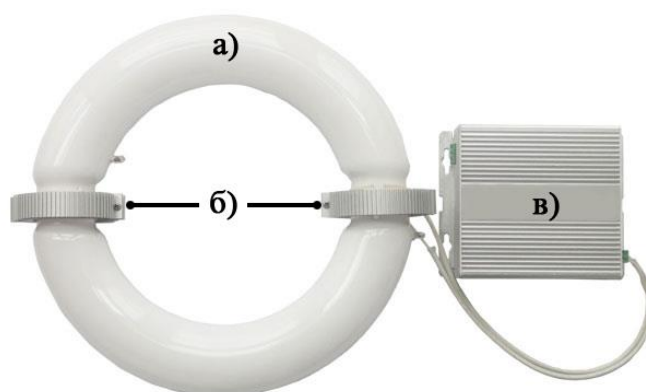
### **Принцип работы**

Индукционная лампа – безэлектродная люминесцентная лампа, в которой газовый разряд инициируется с помощью электромагнитного поля. Основные элементы конструкции (рис. 1):

а) стеклянная трубка тороидальной формы, заполненная инертным газом (аргоном или криптоном), её внутренняя поверхность покрыта люминофором, от вида которого зависит цвет свечения (как и в обычных люминесцентных лампах). В специальном отростке колбы содержатся шарики амальгамы;

б) магнитопровод с системой первичных обмоток;

в) электронный балласт (генератор высокочастотного тока).



*Рис. 1. Внешний вид индукционной лампы*

Электронный балласт подключается к сети синусоидального напряжения 127/220/380 В (или к источнику постоянного напряжения 12 или 24 В). Система управления балластом преобразует переменный ток частотой 50 Гц в переменный ток высокой частоты (190–250 кГц или 2,65 МГц) и может изменять частоту и силу тока через катушку индуктора для обеспечения стабильной работы лампы. Электромагнит и индукционная катушка создают высокочастотное электромагнитное поле, атомы ртути возбуждаются (газовый разряд), возникает ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется люминофором в видимое свечение (рис. 2).

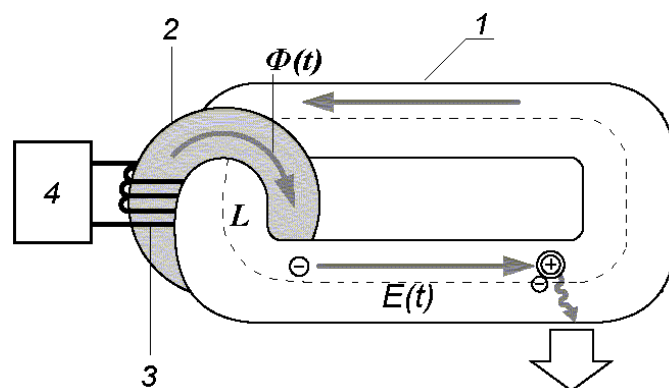


Рис. 2. К принципу работы ИЛ

По способу размещения электронного балласта ИЛЛ бывают со встроенным либо внешним балластом, по типу индукции – с внешней или внутренней.

ИЛЛ с внешним индуктором (низкочастотные – рабочая частота 190–250 кГц) имеют лучшие условия теплообмена с окружающей средой, обладают более высоким КПД преобразования и более длительным сроком службы (90 000–120 000 ч) по сравнению с лампами с внутренним индуктором (высокочастотные – рабочая частота 2–3 МГц). В последних тепло, выделяемое катушкой, оказывается внутри полости лампы и выводится излучением через стеклянные стенки колбы и теплопередачей через цоколь. Такие лампы внешне похожи на обычные лампы накаливания, срок службы 60 000–75 000 ч. Внутренний индуктор лампы имеет более низкий КПД преобразования.

### Технические характеристики. Область применения

Главной конструктивной особенностью ИЛЛ является отсутствие электродов, что позволяет значительно увеличить срок службы лампы, который ограничивается только старением материала стенок колбы и выходом из строя электронного балласта.

По сравнению с традиционными источниками света ИЛЛ обладают целым рядом достоинств. К основным, помимо длительного срока службы, также относятся достаточно высокая светоотдача, индекс цветопередачи >80, потери в светоотдаче за весь срок службы составляют не более 20–25 %, отсутствие пусковых токов и мерцания, коэффициент мощности более 0,98, КПД 90 %, низкие гармонические искажения (THD < 5 %). Температура нагрева лампы не превышает +60...+80°C.

Электронный балласт имеет управляющий микропроцессор, поэтому КПД балласта составляет более 98 %, лампы допускают изменение интенсивности света от 30 до 100 % и мгновенную возможность перезапуска, количество циклов включений/выключений не ограничено, имеется встроенная защита от скачков напряжения и короткого замыкания, а гарантия производителя 5 лет (у светодиодных ламп 2 года).

В таблице приведены данные из каталогов фирм Cree, Philips и Osram, а также по заключениям независимых экспертиз ЗАО «Оптоган» и служб ЦСМ Москвы и Новосибирска (данные на декабрь 2012 г.)

**Таблица.** Сравнение ламп разных типов

Принцип работы	Накаливания		Газоразрядные				Твердотельные
	Обычные	Галогенные	Низкого давления	Высокого давления	Натриевые	Индукционные	Светодиодные
Светоотдача, Лм/Вт	10–15	15–30	70–90	90	100–160	80–110	80–110
Индекс цветопередачи	80	95	70–90	40–60	25	75–85	70–90
Срок службы, тыс. час	1	3	6–9	7	15–25	100	100
Цветовая температура, °К	2000–2800	2300–3200	2300–4900	2300–2900	2300–2900	2700–6500	2700–6500
Рабочая температура, °С	–45...+100	–45...+100	–15...+50	–40...+40	–60...+40	–35...+50	–60...+45
Время включения	мгновенно	мгновенно	0–30 секунд	7–10 минут	10 минут	0,1–3 минуты	мгновенно
Сложность схемы питания	нет	нет	средняя	средняя	средняя	сложная	простая
Механическая прочность	низкая	высокая	низкая	средняя	средняя	низкая	очень высокая



Экологический фактор	безопасно	безопасно	ртуть	ртуть	ртуть	амальгама	безопасно
Диммирование	возможно	возможно	возможно	нет	нет	возможно	возможно
Горячий перезапуск	есть	есть	есть	нет	нет	есть	есть
Побочные излучения	есть	есть	есть	есть	есть	есть	нет
Прочие недостатки		чувствительность к перепадам напряжения, загрязнениям, сильный нагрев	утилизация, мерцание при снижении эмиссии, повышенная деградация при высоких температурах	утилизация	утилизация	цена, утилизация, чувствительность к перепадам напряжения, температуры	цена

Главным недостатком ИЛЛ является их стоимость – дороже только светодиоды. Однако в долгосрочной перспективе экономия существенна, а срок окупаемости ламп составляет максимум несколько лет. Световая отдача ИЛЛ ниже, чем у натриевых газоразрядных ламп, но индекс цветопередачи последних намного хуже.

Работа ламп на пределе диапазона заслуживает замечаний. Существуют свидетельства того, что светимость ламп существенно меняется при достижении граничных температур из рекомендуемого диапазона, причем заметнее влияние низких температур, нежели высоких. Например, достаточная светимость развивается светильником тем дольше, чем ниже температура, и при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  достигает 20 мин; при условии достижения 70 % от номинальной яркости [6]. Некоторые продавцы осторожно указывают диапазон рабочих температур в  $-20...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и запрещают применение ламп вне указанного диапазона. Поэтому использование таких ламп для уличного освещения затруднено в холодное время года.

На основании сказанного основной областью применения ИЛЛ являются места, требующие яркого, воспринимаемого глазом освещения, там, где замена ламп сложна и/или дорога, а света требуется много, светильники работают не переставая значительную часть времени. В первую очередь это городское освещение (при соблюдении температурного режима), промышленные, общественные, торговые помещения и т. д.

В настоящий момент ИЛЛ уже достаточно широко используются в освещении промышленных объектов [14, 15].

### **Список литературы**

1. Давиденко Ю.Н. Настольная книга домашнего электрика: люминесцентные лампы. М., 2005.
2. Уланов И.М., Медведко В.С., Сидоренко С.А. Разработка экономичных источников света... // Я электрик. 2007. № 6.
3. Уланов И.М., Исупов М.В., Литвинцев А.Ю., Кротов С.В. Индукционная УФ-лампа. Светотехника. 2007. № 5.
4. Индукционная лампа. Альтернатива ртутным, натриевым и металлогалогенным лампам // Д. Стахович, С. Швецов.
5. Индукционные лампы. URL: [inductionlighting.ru/page/1352962071221/](http://inductionlighting.ru/page/1352962071221/).
6. Работа при низких температурах. URL: [inductionlighting.ru/page/1352962071221/](http://inductionlighting.ru/page/1352962071221/).
7. Яков Кузнецов. Индукционная лампа, как альтернатива светодиодной. URL: <http://elektrik.info/>.
8. Энергосберегающие системы индукционного и светодиодного освещения. URL: [dialog-led.ru/induktsionnoe-osveshchenie.html](http://dialog-led.ru/induktsionnoe-osveshchenie.html).
9. URL: [led-displays.ru/indukcionnye\\_lampy.html](http://led-displays.ru/indukcionnye_lampy.html).
10. Индукционные лампы S&O. URL: [SO-induction.ru](http://SO-induction.ru).
11. URL: [inductos.ru/index.php](http://inductos.ru/index.php).
12. Отзывы об индукционных лампах. URL: [lvd-rus.ru/otzivы.html](http://lvd-rus.ru/otzivы.html).
13. URL: [prosvet36.ru/otziv](http://prosvet36.ru/otziv).
14. URL: [electricalschool.info/main/lighting/459-sovremennye-atrивeуe-lampy-vysokogo.html](http://electricalschool.info/main/lighting/459-sovremennye-atrивeуe-lampy-vysokogo.html).
15. URL: [lvd.promdex.com/page/1529.html](http://lvd.promdex.com/page/1529.html).

УДК 622.233.05:621.3

## **РАСЧЕТ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУРОВОГО СТАНКА**

**Д.А. Татарков**

*Сибирский федеральный университет*

При бурении сложноструктурных массивов горных пород с колебанием их физико-механических свойств возникают ударные нагрузки и вибрация, результатом которых является увеличение циклических напряжений во всем буровом органе. Оценка напряженного состояния опорша-

рошечных долот показывает их низкий расчетный ресурс. Для приближения ресурса шарошечных долот к максимально возможному, имеющему место при бурении однородной породы, разработаны адаптивный вращательно-подающий механизм и лабораторный стенд для исследования его механических характеристик при различных режимах работы. Произведен анализ общего вида механических характеристик и расчет ориентировочной потребляемой мощности двигателя. Сделаны выводы об эффективности применения линейного трехфазного асинхронного двигателя с массивным ротором в качестве привода подачи при бурении сложноструктурных горных массивов.

В горной промышленности применяются буровые станки с различными типами вращательно-подающих механизмов, которые характеризуются величиной усилия подачи, частотой вращения бурового става и др. При бурении сложно структурных массивов горных пород с колебанием их физико-механических свойств по глубине часто возникают большие ударные нагрузки и вибрация, результатом которых является увеличение циклических напряжений во всем буровом органе. При этом 80 % случаев отказов приходится на разрушение опор качения шарошек буровых долот [1]. Из анализа наработок на отказ шарошечных долот следует вывод о значительном снижении их стойкости (вдвое) при бурении породы со сложной структурой.

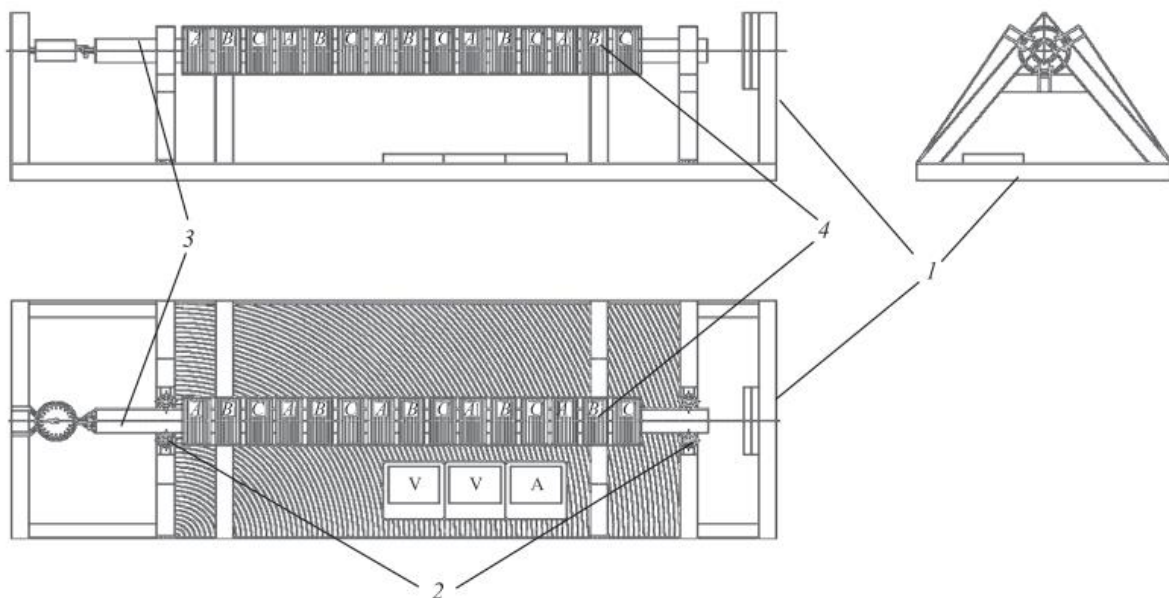
В конструкции современных шарошечных долот, имеющих опоры качения, часто применяются подшипники по схеме ролик–шарик–ролик. Предел прочно стистали для тел качения составляет 1900–2300 МПа и более. Для получения еще более высоких показателей необходимо осуществлять термическую обработку с большей точностью в температурах и по времени выдержки. Расчеты показывают, что напряжение в телах качения при равномерном нагружении составляет 1400–1650 МПа, а при значительных колебаниях физико-механических свойств породы напряжение достигает до 2250 МПа и выше.

Для приближения ресурса шарошечных долот к максимально возможному, имеющему место при бурении однородной породы, необходимо применение адаптивного вращательно-подающего механизма. Он позволит использовать узкий промежуток между уровнем напряжения в телах качения и предельными прочностными показателями материала.

Отечественные станки шарошечного бурения имеют в системе подачи рабочего органа нерегулируемые гидроприводы. При изменении свойств горной породы исключить внезапную ударную нагрузку практически невозможно (на изменение свойств породы уже позже реагирует машинист). В течение указанного переходного процесса буровой инструмент испытывает сложнейшие по характеру и величине нагрузки, вследствие че-

го стойкость буровых долот значительно снижается. Для решения данной проблемы возможно применение линейного электромагнитного привода механизма подачи рабочего органа. Авторами разработан экспериментальный лабораторный стенд «Электромагнитный механизм подачи бурового станка». Основным его элементом является линейный трехфазный асинхронный электрический двигатель с массивным ротором. Он имеет в своей основе статорную обмотку, подключаемую к сети трехфазного переменного тока, напряжением 380 В. В качестве ротора используется стандартная труба из стали, обладающей ферромагнитными свойствами.

Схема экспериментальной установки с трехфазным асинхронным линейным двигателем представлена на рисунке. Стенд состоит из стальной рамы 1 с роликовыми опорами 2, в которых подвижно закреплен массивный ротор, 3 – стальной магнитной трубы. Статор 4 в виде цилиндрических обмоток расположен вокруг массивного ротора 3 с возможностью продольного перемещения последнего внутри статора. Катушки статора могут подключаться попеременно, как показано на рисунке, по одной или несколько штук на каждую фазу. Таким образом, стенд позволяет проанализировать режимы работы двигателя. Для этого он оснащен динамометром для измерения усилия подачи, а также приборами для измерения тока и напряжения в определенных фазах.



*Рис. Схема экспериментальной установки с трехфазным асинхронным линейным двигателем*

Двигатель стенда не имеет магнитопровода для получения характеристик, зависящих от минимального числа фазов. Двигатель подключается к сети переменного трехфазного напряжения 380 В.

В результате начальных испытаний выяснено, что при потребляемой мощности 6,35 кВт и нулевой скорости двигатель без ферромагнитного магнитопровода развивал усилие с учетом погрешности приборов 80–90 Н. Без нагрузки двигатель развивал линейную скорость 0,31 м/с. Наличие ферромагнитного магнитопровода, с учетом его магнитного насыщения, увеличивает эффективность электрического двигателя в несколько десятков раз. Механическая характеристика асинхронного двигателя вращательного действия представлена на рисунке.

Асинхронная машина линейного действия имеет подобную механическую характеристику. Отличие заключается в наличии краевых эффектов. Однако при условии применения в качестве массивного ротора трубы достаточно большой длины краевой эффект оказывает меньшее влияние на механическую характеристику двигателя. Активное и индуктивное сопротивления массивного ротора ввиду сильно выраженного поверхностного эффекта значительно зависят от скольжения. Так, в случае  $f_1 = 50$  Гц при пуске ( $S = 1$ ) эквивалентная глубина проникновения токов в роторе составляет только 3 мм, при  $S = 0,02$  – около 20 мм, при  $S = 0,001$  – около 100 мм. Поэтому при пуске сопротивление  $r_2$  весьма велико и  $X_2$  мало, а с уменьшением скольжения сопротивление  $r_2$  уменьшается, а  $X_2$  увеличивается.

В результате сильного проявления поверхностного эффекта пусковой момент  $M_p$  двигателя с массивным ротором достаточно велик по отношению к номинальному моменту  $M_n$ :  $M_p/M_n = 1,5–2,0$ . Однако двигатели малой мощности с массивными роторами при  $f_1 = 50$  Гц имеют низкие КПД и коэффициент мощности, но с увеличением мощности растет и КПД.

Массивный ротор имеет большое преимущество в прочности. В связи с этим асинхронные двигатели вполне могут применяться в качестве привода подачи рабочего органа бурового станка.

Поскольку двигатель в лабораторном стенде не имеет ферромагнитного магнитопровода, необходимо рассчитать номинальное подающее усилие в случае наличия магнитопровода, изготовленного из электротехнической стали. А затем найти мощность двигателя, способного создавать подающее усилие до 200 или 300 кН в зависимости от модели бурового станка. Для этого необходимо рассчитать магнитное сопротивление цепи в случае с магнитопроводом и без него.

Таким образом, трехфазный асинхронный двигатель с массивным ротором, имеющий аналогичные размеры, оснащенный магнитопроводом, будет развивать усилие в пределах 7766–8736,5 Н. Среднее значение усилия  $P_1 = 8251$  Н при потребляемой мощности 6,35 кВт.

Для получения усилия подачи 200 кН данный привод должен будет иметь ориентировочную мощность с учетом магнитных и электрических по-

ть 154 кВт. Потребляемая мощность может быть уменьшена увеличением площади поперечного сечения и магнитной проницаемости магнитопровода; уменьшением магнитного сопротивления в воздушном зазоре; нанесением металлического слоя с высокой электрической проводимостью на поверхность массивного ротора; созданием пазов в теле массивного ротора.

При этом основной задачей создания электромагнитного привода подачи бурового органа является своевременное реагирование на изменение свойств горной породы. Электромагнитный привод будет реагировать на увеличение или уменьшение показателя буримости соответственным изменением величины тока в обмотке статора, т. е. точка рабочего режима двигателя будет перемещаться по механической характеристике. Продолжительность такой адаптивной реакции будет характеризоваться периодом переходных электромагнитных процессов, что равняется десятым долям секунды. Изменение тока в обмотке двигателя должно быть учтено при проектировании электрической машины.

Кроме того, данный механизм подачи рабочего органа позволяет легко автоматизировать процесс в случае длительных перегрузок. Изменение тока будет фиксироваться напрямую с обмотки двигателя. В автоматическом режиме, согласно заложенной в контроллере функции, режим бурения будет изменен. Соответственно должны быть изменены усилие и скорость подачи, а также момент навалу вращательного механизма и скорость вращения бурового става. Регулировка режимов возможна тремя способами: при помощи преобразователя частоты; понижением напряжения – для экстренного снижения величины ударных нагрузок; комплексное использование обоих способов для получения оптимальных режимов. Таким образом, применение адаптивного механизма подачи на основе линейного трехфазного асинхронного двигателя с массивным ротором возможно на базе существующих буровых станков, запитанных от трехфазной электрической сети.

Линейный трехфазный асинхронный двигатель с массивным ротором способен обеспечить требуемое усилие подачи с приемлемым значением потребляемой мощности. Адаптивный привод подачи способен своевременно реагировать на резкие изменения свойств горных пород перемещением точки рабочего режима по механической характеристике асинхронной машины при соответственном изменении величины тока в обмотке двигателя.

Применение в качестве системы подачи линейного электромагнитного двигателя позволяет получать информацию об изменениях физико-механических свойств породы при измерении величины тока в обмотке двигателя. В случае длительных перегрузок в автоматическом режиме, согласно заложенной в контроллере функции, режим бурения может быть изменен.

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ  
УСТАНОВКИ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕХАНИЗМ  
ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА  
БУРОВОГО СТАНКА**

**С.В. Шестаков**

**Научный руководитель А.В. Гилёв**

*Сибирский федеральный университет*

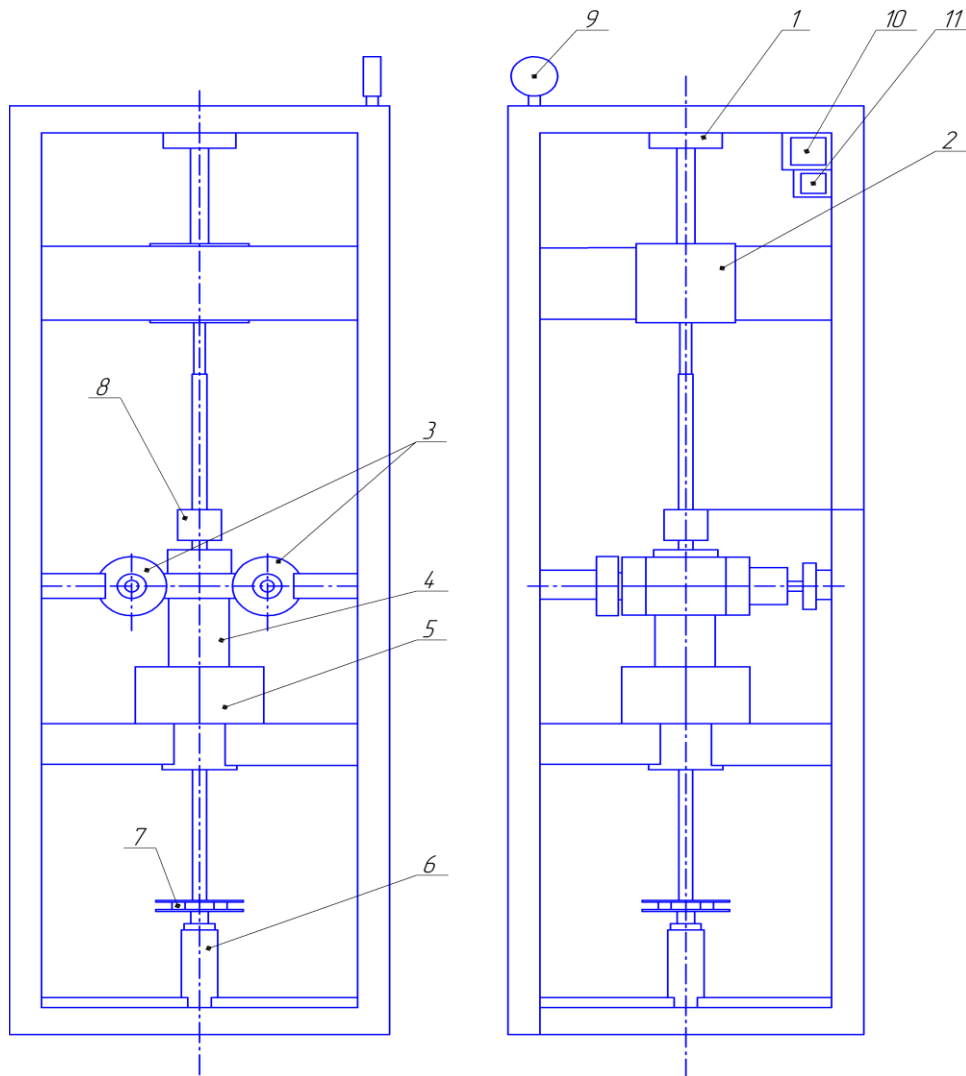
При бурении свойства горной породы на забое скважины (условия бурения) меняются непрерывно случайным образом. Для поддержания оптимальных значений параметров режима требуется непрерывное или дискретное их регулирование, поэтому в общем случае условия бурения – случайный процесс.

Существующие конструкции механизмов подач буровых станков не обеспечивают своевременного изменения режимов бурения, что приводит к быстрому износу и разрушению бурового инструмента. Это происходит из-за того, что переходные процессы, связанные со стохастическим изменением крепости пород делятся доли секунд, а взаимодействие существующих вращательно-подающих механизмов с системами управления, в свою очередь, характеризуется большой инерционностью процессов регулирования в связи с большим количеством механических промежуточных элементов. Это приводит к быстрому выходу из строя оснастки бурового инструмента [1].

Для изучения изменяющихся физико-механических свойств породы был разработан лабораторный стенд, основанный на адаптивной системе подачи.

Целью создания опытной установки является необходимость практически проверить возможность использования в дальнейшем нового механизма подачи бурового инструмента, срабатывание его адаптивной системы при повышенных динамических нагрузках. Установка необходима для определения силовых характеристик данного варианта вращательно-подающего механизма и способности их изменения системой автоматического управления в зависимости от изменяющихся горно-геологических условий.

Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке.



*Рис. Общий вид экспериментальной установки электромагнитного вращательно-подающего механизма: 1 – подшипниковый узел; 2 – двигатель постоянного тока; 3 – два ротора адаптивной статорной обмотки; 4 – обмотка возбуждения; 5 – силовая статорная обмотка; 6 – измерительный гидроцилиндр; 7 – нижняя подшипниковая опора; 8 – коллектор; 9 – манометр; 10 – амперметр; 11 – вольтметр*

Разработанная конструкция лабораторного стенда обеспечивает:

- 1) постоянное подающее усилие на забой;
- 2) плавное и быстрое регулирование режима за счет возможности применения обратной связи и автоматического регулирования непосредственно тока в электродвигателе;
- 3) адаптивная статорная обмотка создает дополнительное подающее усилие, за счет которого может без задержки и включения автоматики смягчать значительную ударную нагрузку.



## МЕНТАЛЬНЫЕ КАРТЫ КАК МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ

Ю.А. Сизова

Научный руководитель И.Г. Федченко

*Сибирский федеральный университет*

В последнее время в обсуждении проблем городской среды особую актуальность приобретает вопрос несоответствия проектов благоустройства городских территорий их дальнейшему функционированию и освоению человеком. Интерес к данной теме возрастает за счет накопленных архитектурно-планировочных решений городских пространств игнорирующих спектр человеческих потребностей. Все чаще жители – «критики городского пространства» – высказывают свои недовольства, вызванные неудобствами функционирования среды. Неудобные пешеходные связи, параллельные автодорогам, «пустующие» ничейные пространства, барьеры среды, а также отсутствия «определенных» пространств в «необходимом» и «удобном» месте, – все это формирует круг проблем несоответствия физической «проектируемой» среды его ментальному восприятию и требованию горожан. Основой для проектирования должна быть правильно сформированная программа форм поведения и потребностей, а не простой набор универсальных функциональных зон с несоответствующими габаритами и неактуальными нормами. Методы и средства, используемые в решении данного вопроса, относятся к теме ментального картографирования, которые на сегодняшний день мало исследованы.

*Целью данного исследования является фактическое сравнение физической и ментальной среды городского пространства, обобщение периодически повторяющихся процессов с учетом разных социально-возрастных групп населения, а также выявление символически значимых элементов средообразования.*

*Объектом исследования являются фрагменты городского пространства – жилые дворы (на примере существующих дворовых пространств микрорайонов г. Красноярска), а предметом исследования является их физические и ментальные характеристики.*

### **Точка зрения**

В теории градостроительства существуют примеры анализа поведения людей в пространстве, а также исследования в смежных дисциплинах направленных на изучение понятия «ментальности» и «осознанности» в проектировании городских пространств.

Первоначальные исследования особенностей визуального восприятия и осознания городского пространства человеком были проведены Кевином Линчем в 1970–1980 гг. Ментальными картами Кевин Линч обозначал «восприятие окружающей среды индивидуумом». Позднее американский социальный психолог Стэнли Милграм определил понятие ментальных карт как «образ города, который живёт в сознании человека: улицы, кварталы, площади, имеющие для него важность, связывающие их устойчивые маршруты передвижения и ассоциативные цепочки».

В современных исследованиях под ментальной картой понимается **образ пространства, формирующийся в сознании человека под влиянием важных лично для него архитектурных, градостроительных, социально-культурных и исторических особенностей пространства, а также в силу личностных черт самого человека и сложившихся у него установок по отношению к городской среде.** В исследованиях Л.В. Анисимовой сформулированы свойства среды в зависимости от социально-поведенческого аспекта человека, а именно от его задач в данной среде, его психологии. Профессор В.А. Нефедов отмечает, что в структуре городского пространства материализуются социальные процессы, подчеркивает, что без учета интересов человека как «потребителя» городского пространства, без представления о мотивациях его пребывания в конкретном фрагменте городской среды не существует цивилизованного обустройства его жизненного пространства, а следовательно и успешного градостроительного проекта. Доктор архитектуры В.А. Крашенинников подчеркивает, что «социальное общественное пространство города – это не только ментальная модель городского пространства, которую члены общества используют для ориентации, взаимодействия, обсуждения, категоризации и интерпретации своего текущего местонахождения, но и реальная городская среда, в которой локализуются различные жизненные сценарии».

Итак, ментальные карты – это пространственные карты. Они делятся на линейные и нелинейные. *Линейная карта* – это карта-путь как последовательное представление связей между объектами по определенному маршруту. На них чаще наносятся объекты, масштаб, высота, условные обозначения и т. д. Вид *нелинейных ментальных карт* чаще представляется как карта-обозрение, как одновременное представление пространственного расположения объектов и процессов, происходящих в определенных пространственных ареалах.

Таким образом, среда становится «Сферой» доступного и мотивированного человеком пространства. При этом проектирование объектов городской среды ориентируется на предоставление выбора разнообразных пространств пребывания людей с различными потребностями, структури-

рование пространства и повышение его потребительских качеств. Отвечая на психологические потребности человека в создании близкой ему по масштабу среды, ландшафтно-градостроительное проектирование призвано повлиять на оптимальную структуризацию городских пространств с учетом поведения людей.

### **Эксперимент**

Для эксперимента были определены существующие фрагменты городского пространства – жилые дворы как сложившийся средовой объект, «освоенный» местными жителями. На основе натурного обследования, фотофиксации и наблюдения исследование подразделяется на два блока: **1) опрос жителей и составление ментальных схем; 2) системное наблюдение и фотофиксация.**

В первом блоке акцент сделан на прямое участие людей в проведении исследования. Респондентам было предложено графически изобразить свой двор с позиций места их активного времяпрепровождения и путей передвижения по нему. Респонденты отражали в рисунке собственные социально значимые элементы «своего» жилого пространства, является экспертом описания «местной» среды. Естественно, что при выстраивании таких образов индивиды отбирают из общей палитры те элементы, которые соответствуют их субъективным опытам и моментам памяти, поскольку среда воспринимается не сама по себе, а во взаимодействии с памятливыми событиями и процессами. Таким образом, было получено несколько индивидуальных линейных и нелинейных ментальных карт, отражающих символически значимые элементы среды (место отдыха, места общения и прочее) и их взаимосвязи организующие хаотичное пространство в определённую пешеходную систему («быстрый» путь, «интересный» путь и прочее). Сделан вывод, что запроектированная дворовая среда не отвечает потребностям и ориентирам жителей.

Следующий блок основан на составлении карты ментального пешеходно-рекреационного пространства с позиции системного наблюдения и фотофиксации. В течение недели было произведено фотонаблюдение за дворовыми пространствами с целью выявления социально-поведенческой среды. В результате системного наблюдения выявлены определенные сценарии функционирования дворового пространства: излюбленные маршруты, траектории движения, периодически повторяющиеся пространства скопления социально-возрастных групп, а также знаковые пространства и узлы пересечения разных сфер деятельности. Сделан вывод, что в обследуемых дворовых пространствах сложились периодически-повторяющиеся явления, существуют сложившиеся пешеходные связи, дифференцируемые по степени использования.

Выводы фактического сравнения физического и ментальной среды дворовых пространств подтверждает анализ общественно-значимых городских пространств. Например, автором был проведен анализ территории кампуса Сибирского федерального университета на предмет сравнения физической и ментальной среды. Исследование установлено, что сложившиеся пешеходные потоки идут в разрез с проектированными ранее пешеходными направлениями, а также выявлены места «неэффективного» благоустройства. Вышесказанное подтверждает, что проектировщиками не был проведен ментально-средовой анализ территории на выявление требований данного пространства.

Полученные данные эксперимента систематизированы и сведены в аналитическую матрицу **«Влияние ментальных потребностей человека и групп людей на средовые характеристики пространства»** с приложением графы фотофактов.

### **Результат**

Фактическое сравнение физической и ментальной среды городских пространств показало, что на сегодняшний день проектировщики, как правило, игнорируют поведенческий аспект человека в пространстве.

В итоге сравнения ментальной и физической карты дворового пространства были найдены пространственные отличия («разницы»), раскрывающие расхождения проекта и реальности:

1) несоответствие запроектированных площадок их прямому процессуальному использованию (в физической среде зоны для отдыха жителей слабо дифференцированы по функциональному назначению, в ментальной среде складываются определенные ареалы общения различных социально-возрастных групп);

2) расхождение направлений пешеходных движений с запроектированными путями (в физической среде – «линейно-параллельные» пространства, в ментальной среде – «транзитно-ориентированные», «витиеватые» пути в зависимости от характера использования).

Следовательно, при проектировании городского пространства на этапе зонирования территории необходимо четко представлять количество проектируемых сред, которые будут размещаться, а впоследствии позволять бесконфликтно существовать различным группам населения. Опираясь на особенности движения человека, его привычные, «логичные» маршруты, градостроитель сможет создать гармоничное пешеходно-рекреационное пространство, которое должно быть насыщено необходимыми элементами, способствующими перемещению человека, не превращая его путь в полосу препятствий.

Из сказанного следует, что основой для проектирования средового пространства должна стать правильно сформированный сценарий поведе-

ния, а не простой набор функциональных зон с определенными габаритами и соответствующими нормативов, а также выстроенная логика пешеходного движения.

Согласно проведенному анализу научной литературы и эксперименту, можно сделать вывод о необходимости **внедрения предпроектных исследований ментально-средового анализа**, а также **адаптивной реконструкции городских пространств**, фиксирующей изменения во времени. Использование полученных данных дает понять, что физическая среда неразрывная с ментальной – залог гармоничной комфортной пешеходно-рекреационной среды, учитывающей приоритеты потребности человека в пространстве.

УДК 725

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ИНТЕРЬЕРОВ**

**Ю.А. Шулика**

**Научный руководитель Е.С. Пономарева**

*Сибирский федеральный университет*

В современном динамичном мире, прочно опутанном беспроводной сетью Интернета, делающей людей более мобильными, большая часть жизни протекает вне дома. Общественные пространства в полной мере становятся средоточием деловой, культурной, политической жизни населения. Однако в сравнении с быстро развивающимися идеями и технологиями зачастую интерьеры таких зданий не отвечают современным требованиям дизайна и эстетики. Отечественное сознание прочно законсервировано в устаревших рамках и нуждается в «революции».

В силу обусловленности спецификой *технологическое* оборудование имеет ряд требований, регламентируемых специальными документами, тогда как оборудование «бытового» характера легко поддается трансформации. Однако мебель для общественных пространств отличается от мебели для частных интерьеров. Если индивидуальная обстановка выражает характер и эстетическое восприятие окружающего пространства своим владельцем, то мебель для общественных интерьеров предназначена, чтобы люди с разными вкусами и предпочтениями, пользуясь ее, чувствовали комфорт и получали удовольствие. Здесь важно упомянуть *эргономичность* как главный критерий, по которому выбирается мебель для общественных помещений. Второй важный аспект – *стильность и современ-*

ность такой мебели, т. к. она влияет на имидж компании. *Оригинальность* – также один из важных критериев. Такая мебель требует более общего, универсального подхода, потому что рассчитана на людей разных социальных слоев, возрастных категорий, национальностей. Мебель для общественных пространств должна быть изготовлена из высококачественных, экологически чистых и долговечных материалов, так как ежедневно несет большую нагрузку от многочисленных посетителей.

Общественная мебель различается по типологии общественных зданий, для которых она предназначена.

1. Мебель для учебно-воспитательных и научных учреждений. К этой группе относятся детские дошкольные учреждения, общеобразовательные школы, средние и высшие учебные заведения, научно-исследовательские учреждения.

2. Мебель для административных и коммунальных зданий. В них размещаются учреждения управления различных уровней, проектные организации, банки, сберкассы, гостиницы, офисы.

3. Мебель для зданий и комплексов торгово-бытового обслуживания. Это предприятия общественного питания, сферы бытового обслуживания, магазины, рынки, торговые центры, дома быта.

4. Мебель для зрелищных зданий. К ним относятся кинотеатры, театры, цирки, клубы, музеи, а также выставочные комплексы.

5. Мебель для лечебно-профилактических зданий. В них размещаются больницы, поликлиники, санатории, учреждения отдыха.

6. Мебель для спортивных сооружений: стадионов, крытых сооружений, вспомогательных сооружений для спортсменов и зрителей.

7. Мебель для транспортных сооружений: вокзалов, гаражей, автостоянок.

Общественная мебель различается по функциям:

- лавочки, устройства для сидения, диваны;
- столы, стойки;
- стеллажи;
- арт-формы, комплексы многофункционального назначения.

Все эти типы объектов становятся неординарными, эпатажными, придают общую органичность интерьеру или добавляют изюминку. Поиск *новых подходов* и идей, внедрение их в среду формирует современный облик пространства, придает эстетическую полноценность. В результате эксперимента художественный замысел привносит новые движения в интерьер. И если за границей это направление развивается очень активно, то в нашей стране необходимость оснащения общественных пространств специализированной мебелью понимают лишь немногие.

Рассматривая современную практику оборудования общественных зданий, можно выделить три основных направления художественного ре-

шения мебельных изделий. К первому направлению можно отнести те группы, композиционное решение которых более всего подчинено функциональным требованиям. Например, мебель для оборудования больниц, учебных заведений.

Для тех общественных зданий, задачей которых является создание характерной обстановки, проектирование мебели идет по второму направлению – решение в определенном характерном стиле. Это направление может быть прослежено на примере мебели для предприятий общественного питания, гостиниц.

Третьим основным направлением художественного решения можно считать поиск таких новых форм мебели, которые при полном соответствии назначению здания стремятся передать его образное начало. Многочисленные примеры отечественной и зарубежной практики позволяют считать эту тенденцию проектирования ведущей, так как выбор мебели в основном обусловлен общим архитектурным замыслом сооружения, характером его интерьера.

Эту тенденцию поддерживает и то, что в последнее время резко возрастает спрос на формирование определенного имиджа общественных помещений. Возникает поиск разнообразных новых форм в общественной мебели, решения пространства с помощью формирования зон посредством цвета, текстуры, освещения. При создании оборудования проектировщики стремятся к оригинальному, запоминающемуся решению, не забывая при этом и о функциональности. Особое внимание уделяется и материалам: динамично развивается рынок мебели из *стекла* и *пластика*, т. к. эти материалы обладают широкими возможностями формообразования, цветового решения. Другие подходящие материалы – *дерево* или клееная фанера, которые позволяют создавать необыкновенно пластичные формы, являются экологически чистыми и приятными в обращении.

Необходимо отметить, что рынок общественной мебели в нашей стране удивительно скуден, очень сложно найти высококачественную, оригинальную, отвечающую всем требованиям дизайна продукции. В то время как в Европе такой рынок развивается очень активно, знаменитые дизайнеры и архитекторы, такие как Заха Хадид, Тойо Ито, Вадим Кибардин занимаются разработкой мебели для общественных пространств, проектируя ее на самом высоком международном уровне. Из этого можно сделать вывод, что в нашей стране необходимо активно развивать проектирование и производство мебели для общественных пространств, синтезируя опыт зарубежного дизайна с нашими требованиями к функциональности и эргономики, но, не отесняя при этом красоту и эстетику мебели на второй план, так как это является сдерживающим фактором в развитии дизайна общественных пространств.

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ МОНОСЛОЯ НИТРИДА ВАНАДИЯ(111) НА ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДА МАГНИЯ(111)

А.В. Куклин

Научный руководитель А.А. Кузубов

*Сибирский федеральный университет*

Исследования спинзависимого транспорта в твердом теле важны с научной точки зрения и направлены на разработку новых методов активного управления спинами электронов и создание эффективно работающих элементов спинтроники. При поиске материалов для спинтроники существует необходимость создания этих материалов на основе полупроводников, так как только в этом случае возможны одновременное управление спиновым и зарядовым транспортом. В настоящее время наибольший интерес представляют системы типа «металл-полупроводник» из-за возможности появления в них раздельной спиновой проводимости. Подобными свойствами могут обладать соединения переходных металлов.

Переходные металлы образуют нитриды с преимущественной металлической связью. Эти вещества обладают значительной твердостью, высокой электропроводностью, высокими температурами плавления, большой энтальпией образования. Одним из них является VN. До температуры 2620 К он имеет кубическую модификацию (структурный тип NaCl). Известно, что VN обладает металлической проводимостью. Пленки VN получают, используя в качестве субстрата MgO или Pt. Постоянная решетки MgO на 2 % больше VN, что позволяет вырастить пленку без существенных дефектов. К тому же обе кристаллические решетки в направлении (111) представляют ячейку с гексагональной укладкой.

Таким образом, подобрав необходимые условия, можно было бы синтезировать монослой нитрида ванадия на подходящей подложке MgO, который обладал бы свойством разбавленного магнитного проводника. В связи с этим есть необходимость теоретического исследования возможности существования данного свойства и геометрических особенностей равновесного состояния в структуре  $(111)_{\text{VN}} \parallel (111)_{\text{MgO}}$ .

Расчеты были выполнены с помощью программного пакета VASP в рамках теории функционала плотности с помощью обменно-корреляционного потенциала PBE (Perdew-Burke-Ernzerhof). Число  $k$ -точек в первой зоне Бриллюэна было выбрано на основе сетки, полученной с помощью метода Монхорста – Пака,  $6 \times 6 \times 1$ . Энергия обрезания была равна



400 eV. Оптимизация велась до тех пор, пока разница по энергии между соседними геометриями одной структуры составит менее 0,0001 eV.

На первом этапе на основе рассчитанной равновесной геометрии элементарной ячейки были смоделированы и оптимизированы монослой  $(111)_{\text{VN}}$  и пластина  $(111)_{\text{MgO}}$ . Рассчитывалось разное количество слоев пластины. При этом вычислялась энергия поверхности. Была рассмотрена зависимость изменения энергии поверхности от числа слоёв. При изменении числа слоёв от 9 к 10 разница в энергии поверхности составила менее  $0,01 \text{ эВ/ \AA}^2$ , что говорит о достаточном количестве атомных слоев в пластине, необходимых для адекватного описания подложки.

Энергия связи между монослоем и поверхностью рассчитывалась по формуле

$$E = E_{\text{VN/MgO}} - (E_{\text{MgO}} + E_{\text{VN}}), \quad (1)$$

где  $E_{\text{VN/MgO}}$  – полная энергия структуры,  $E_{\text{MgO}}$  – энергия пластины MgO,  $E_{\text{VN}}$  – энергия монослоя VN.

Для оценки проводящих свойств рассчитаны плотности состояний, а также зонная структура монослоя  $(111)_{\text{VN}}$ . Для построения зонной структуры вдоль каждого направления обратное пространство разбивалось на 20 промежуточных  $k$ -точек.

Из расчетов видно, что монослой  $(111)_{\text{VN}}$  обладает свойствами разбавленного магнитного полупроводника (рис. 2), так как в плотности состояний для электронов со спином  $\alpha$  наблюдается ненулевая плотность, а для электронов со спином  $\beta$  – нулевая. Но в реальности его необходимо синтезировать на какой-то подложке. Поэтому следует проверить влияние подложки на структуру в целом.

Система  $(111)_{\text{VN}}|(111)_{\text{MgO}}$  рассчитывалась с 6 различными расположениями монослоя VN (top, hcp и fcc) относительно подложки MgO (рис. 1).

Монослой располагался поочередно с обеих сторон. С одной стороны подложка заканчивалась атомами магния, с другой – кислорода. Так, для поверхности, заканчивающейся атомами кислорода (рис. 1), положение top означает расположение ванадия или азота над первым слоем кислорода, hcp – над вторым слоем с атомами магния, fcc – над третьим слоем с атомами кислорода. Для поверхности, заканчивающейся атомами магния: top – над магнием, hcp – над кислородом, fcc – над третьим слоем, состоящим из атомов магния соответственно. В таблице приведены энергии связи монослоя VN с поверхностью MgO, а также средняя величина выхода атомов азота и ванадия из плоскости монослоя.

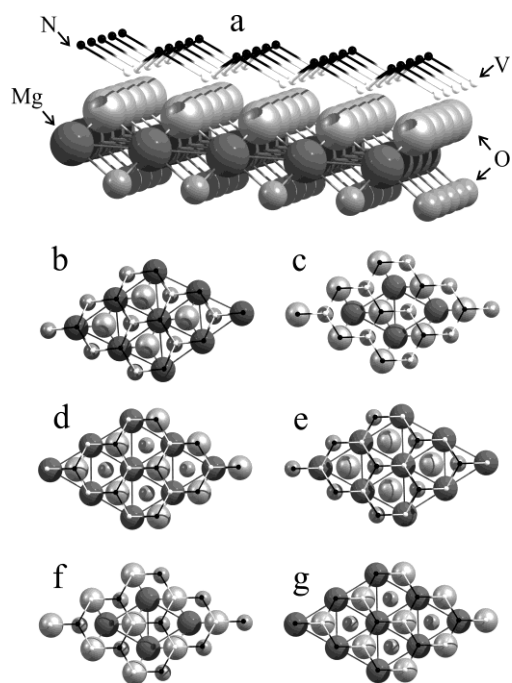


Рис. 1. Расположение монослоя VN относительно подложки MgO с O-завершённой поверхностью: a – общий вид структуры; b – положение  $N_{\text{top}}-V_{\text{fcc}}$ ; c – положение  $N_{\text{top}}-V_{\text{fcc}}$ ; d – положение  $N_{\text{top}}-V_{\text{hcp}}$ ; e – положение  $N_{\text{fcc}}-V_{\text{hcp}}$ ; f – положение  $V_{\text{top}}-N_{\text{fcc}}$ ; g – положение  $V_{\text{top}}-N_{\text{hcp}}$

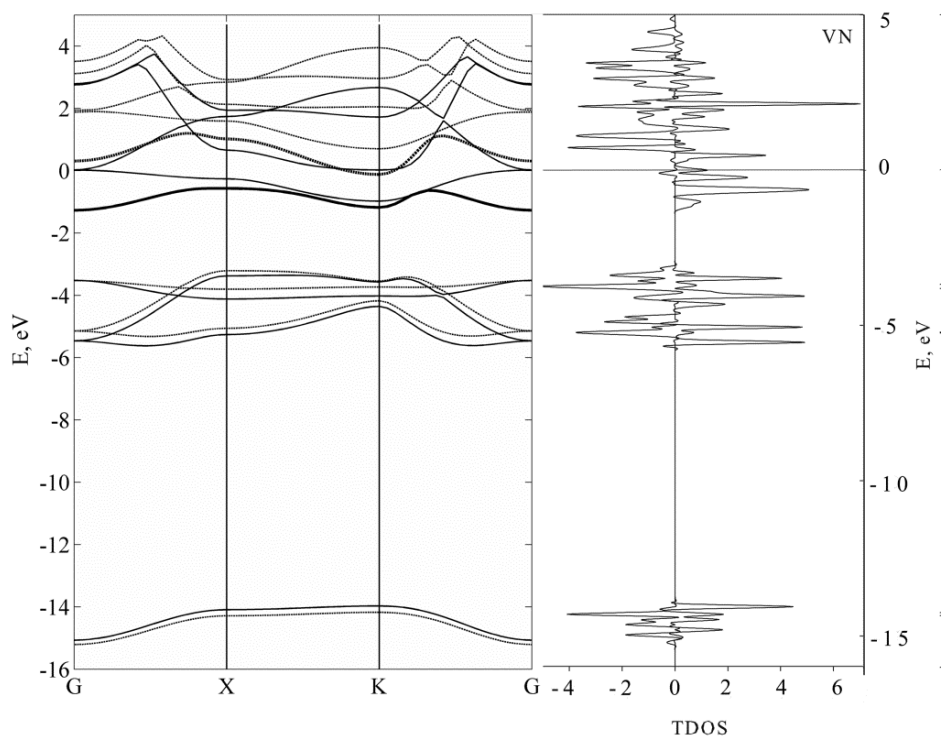


Рис. 2. Зонная структура и плотности состояний монослоя  $(111)_{\text{VN}}$

**Таблица.** Энергии связи монослоя(111)<sub>VN</sub> с поверхностью (111)<sub>MgO</sub> и средняя величина выхода атомов V и N из плоскости монослоя

	E, eV	$\sigma$ , Å
Поверхность, заканчивающаяся атомами магния		
$N_{top}-V_{hcp}$	-0,8979	0,339
$N_{top}-V_{fcc}$	0,0419	0,103
$V_{top}-N_{hcp}$	0,5801	0,119
$V_{top}-N_{fcc}$	0,6304	0,109
$N_{hcp}-V_{fcc}$	0,1075	0,104
$N_{fcc}-V_{hcp}$	0,5157	0,108
Поверхность, заканчивающаяся атомами кислорода		
$N_{top}-V_{hcp}$	0,7383	0,157
$N_{top}-V_{fcc}$	0,1016	0,157
$V_{top}-N_{hcp}$	-3,4329	0,358
$V_{top}-N_{fcc}$	-4,1295	0,360
$N_{hcp}-V_{fcc}$	-4,0746	0,380
$N_{fcc}-V_{hcp}$	-3,6547	0,379

По данным таблицы можно сделать вывод, что наиболее стабильным является расположение над поверхностью, заканчивающейся атомами кислорода. При этом наиболее выгодно, когда атом V расположен непосредственно над O (конфигурация  $V_{top}-N_{fcc}$ ). В результате образуется химическая связь V–O (1,8 Å). Характерным для всех структур является то, что атом азота должен быть достаточно далеко удален от кислорода из-за частичного отрицательного заряда на обоих атомах. Стоит отметить, что при выращивании тонких плёнок VN их структура будет стремиться принять форму поверхности подложки, об этом свидетельствует средняя величина выхода атомов из плоскости монослоя после DFT-оптимизации, приведённая в таблице. В реальных условиях поверхность MgO должна быть насыщена кислородом воздуха, что благоприятствует осуществлению выращивания плёнки VN.

Для оценки проводящих свойств были рассчитаны полные плотности состояний структуры монослой(111)<sub>VN</sub>|| (111)<sub>MgO</sub>, а также составляющих данной структуры по отдельности (монослой VN и пластины MgO).

В работе показано, что структура монослой (111)<sub>VN</sub>|| (111)<sub>MgO</sub> обладает свойством проводника (рис. 3, *a*). Однако при синтезе монослой будет располагаться на достаточно толстой подложке, которая исключает влияние нижнего слоя пластины. В то же время существенный вклад вносят атомы свободной поверхности MgO, которые располагаются вблизи уровня Ферми, что подтверждает плотность состояний пластинки MgO на рис. 3, *b*. Чтобы исключить данный вклад, была построена парциальная плотность состояний четырёх верхних слоёв пластины (111)<sub>MgO</sub> с нанесённым монослоем (111)<sub>VN</sub> (рис. 3, *c*).

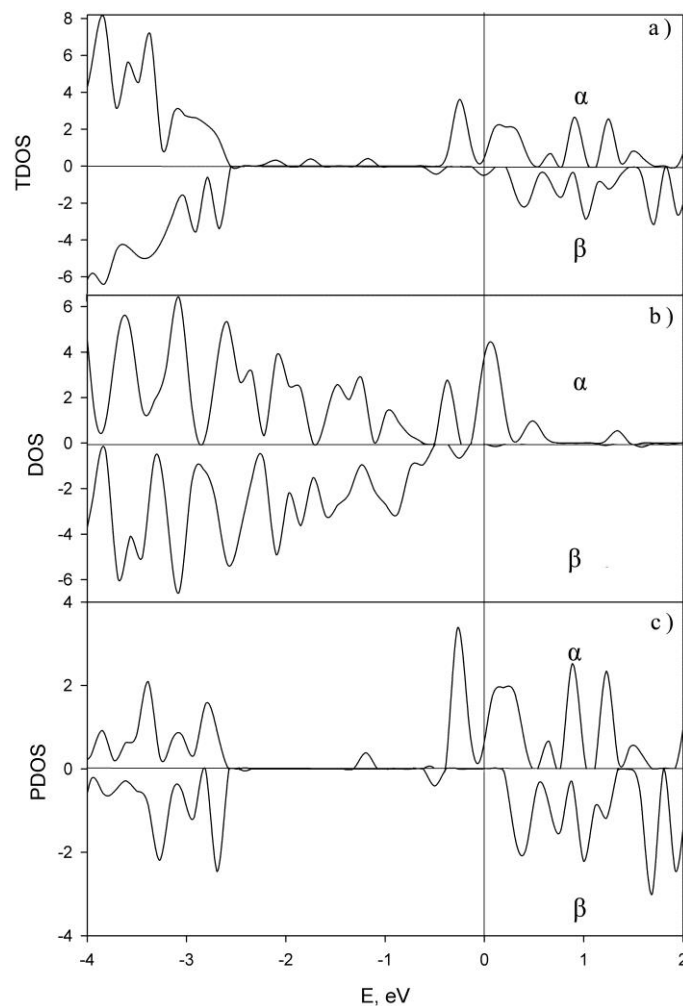


Рис. 3. Плотности состояний: *a* – полной структуры; *b* – пластины MgO; *c* – четырёх верхних слоев пластины с монослоем VN

В результате, исключая вклад свободной поверхности, установлено, что в данной структуре для электронов со спином  $\alpha$  будет наблюдаться

ненулевая плотность состояний. Для электронов со спином  $\beta$  в плотностях состояний проводимость отсутствует. Таким образом, в структуре монослой  $(111)_{\text{VN}} \parallel (111)_{\text{MgO}}$  электроны со спином  $\alpha$  будут проводящими, а со спином  $\beta$  – нет, т. е. подобная система будет вести себя как разбавленный магнитный полупроводник. Это позволяет считать данный материал перспективным для использования в спинтронике.

Также нами было теоретически проверено, что при последующем наращивании слоев VN свойство разбавленного магнитного полупроводника будет теряться.

УДК 621.9.06

## **РАЗРАБОТКА В ИПИ-СРЕДЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДВИЖНОГО ПОРТАЛА И ПРИВОДА ДЛЯ ЕГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПЛАЗМОРЕЖУЩЕМ СТАНКЕ С ЧПУ**

**Д.Ю. Шестаков, А.Н. Большакова**  
**Научный руководитель Г.Н. Лимаренко**

*Сибирский федеральный университет*

Главной целью работы является разработка конструкции подвижного портала и станины в плазморежущем станке с ЧПУ. При разработке основополагающими принципами конструкций элементов являлись унификация комплектующих станка, внедрение собственных разработок (волновой речный модуль), простота конструкции, оптимальное соотношение цены и качества.

### **1. Расчетная схема конструкции**

Станиной называется базовая деталь станка, на которой установлены и закреплены все его детали и узлы и относительно которой ориентируются и перемещаются подвижные детали и механизмы.

Требованием, предъявляемым к станинам, является длительное обеспечение правильного взаимного положения узлов и частей, смонтированных на ней, при всех предусмотренных режимах работы станка в нормальных эксплуатационных условиях. Базирующими поверхностями станины являются ее направляющие, на которые устанавливаются детали и узлы станка.

Основными составляющими конструкции подвижного портала в плазморежущем станке с ЧПУ являются профили 1, роликовая рейка 2, направляющая 3 (рис. 1, 2).

Портал плазморежущего станка служит для поддержания и перемещения рабочего органа станка (плазмотрона) относительно обрабатываемой заготовки. Состоит из несущей прямоугольной трубы с направляющими (ГОСТ 30245-94, габаритные размеры 100×100 мм, толщиной в 5 мм) и перемещаемого по ней суппорта. Суппорт перемещается относительно станины с помощью волнового реечного привода. Балка снабжена дополнительными ребрами жесткости, которые увеличиваются по прочности и служат для поддержания кабельного оборудования.

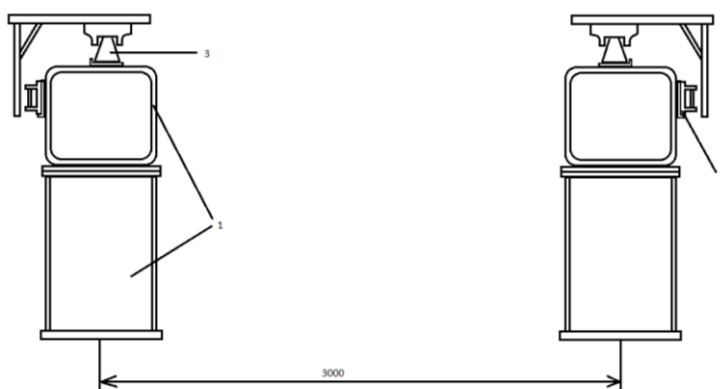


Рис. 1. Конструкция станины

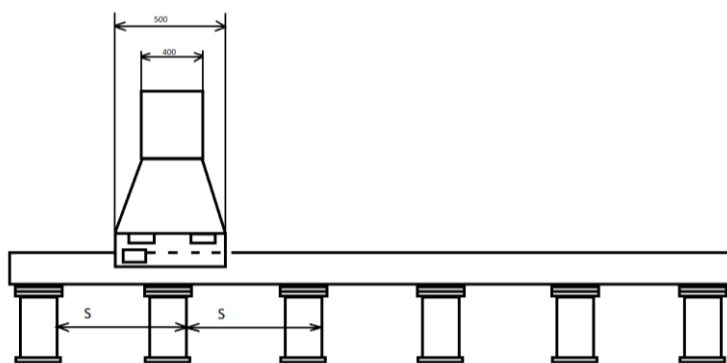


Рис. 2. Конструкция станины. Вид сбоку

**Наименование, число и назначение основных составных частей:**

- портал подвижный ПЛРС 2.6 03.00.000 1;
- суппорт вертикальный ПЛРС 2.6 04.00.000 1
- привод портала ПЛРС 2.6 05.00.000 1;
- привод суппорта по порталу ПЛРС 2.6 06.00.000 1.

### Основные параметры портала (значения приближенные):

- длина несущей балки – 3000 мм;
  - сечение несущей трубы (ширина, высота, толщина)– 100, 100, 5 мм;
  - масса суппорта – 50 кг;
  - масса портала – 300 кг;
  - ход суппорта – 2000 мм;
  - габаритные размеры (длина, ширина, высота) –3000, 500, 250 мм.
- Конструкция портала станка показана на рис. 3.

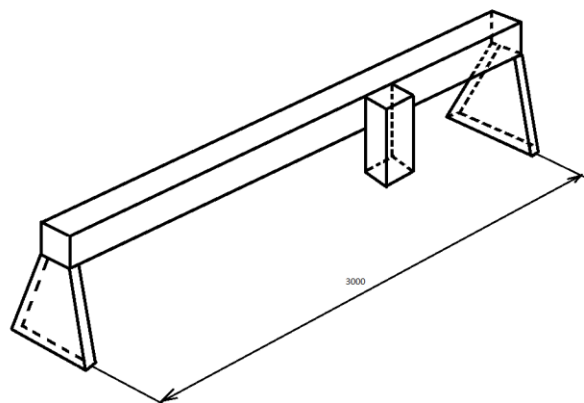


Рис. 3. Портал

## 2. Проектирование несущей системы

Станина содержит две балки с направляющими и две рельсы (по одной на каждую сторону) для перемещения портала по координате X. Балки установлены на взаимосвязанных стойках, обеспечивающих требуемую жесткость и точность обрабатываемого изделия. На рис. 4 показана модель половины станины.

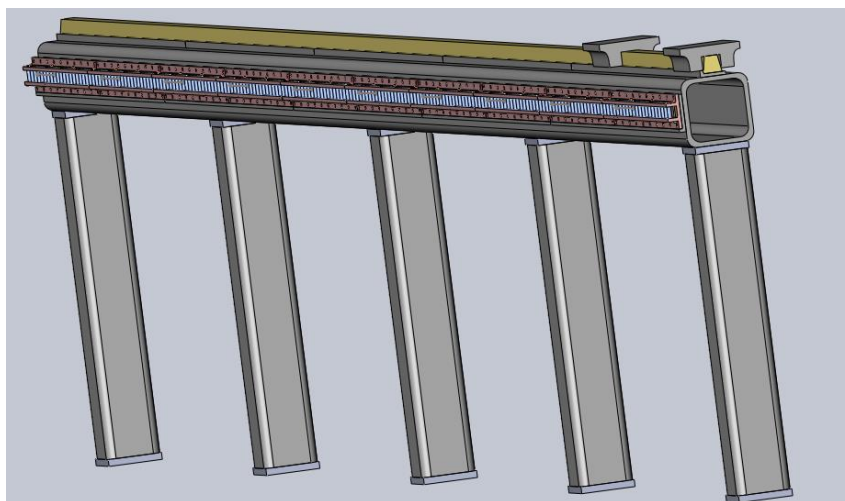


Рис. 4. Модель половины станины

Подбираем профиль квадратный, длиной 7 м, толщиной 5 мм и  $h = 100$  мм.

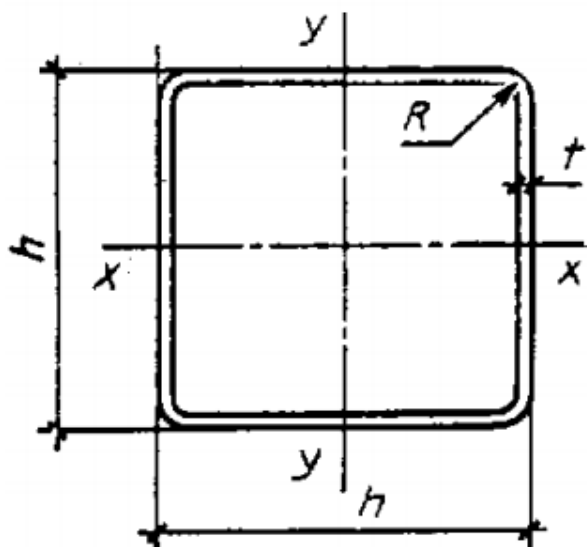


Рис. 5. Профиль станины

### Подбор рельсовых направляющих качения

На рис. 6 показана конструкция каретки.

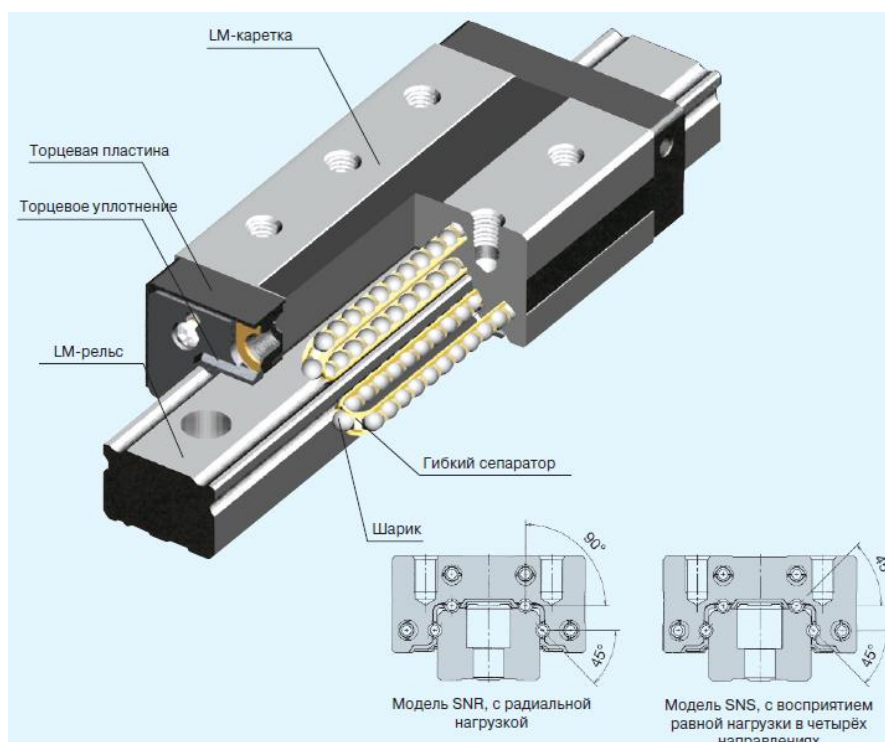
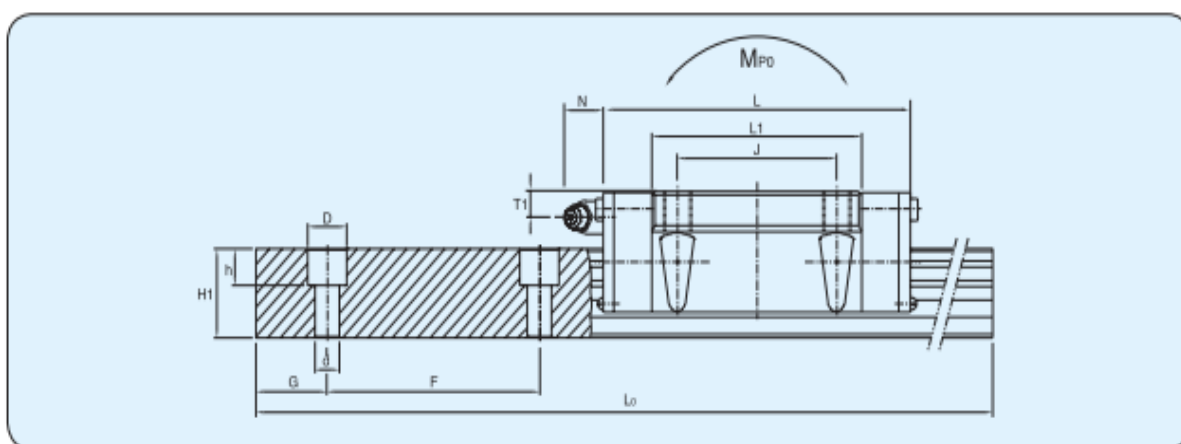


Рис. 6. Рельс и каретка



Выбор типоразмера направляющей: учитывая, что рабочая площадка нагружена силами в двух направлениях (максимальные усилия на каретке  $R3 + R4 = 1481 \text{ N}$  – обратная и  $R5 + R6 = 416,66 \text{ N}$  – поперечная, принимаем модель SBS южнокорейской фирмы SBSLinearCo, Ltd, номер модели SBG 20 FL (<http://www.ctdr.ru/var/db/shared/pdf/sbc/general-katalog-sbc.pdf>) с основой номинальной нагрузкой  $C = 14,210 \text{ Н}$ . Эта каретка способна воспринимать обратную радиальную нагрузку  $C_L = 0,64C = 9094,4 \text{ Н}$  и поперечную нагрузку  $C_T = 0,47C = 6678,7 \text{ Н}$ .

Размеры каретки и рельса приведены на рис. 7.



Единицы: мм

Размеры рельса						Нагрузочная способность					Вес	
Ширина, W1	Высота, H1	Шаг, F	Монтажное отверстие d x D x h	G	Максимальная длина рельса Lmax	Динамическая C (N)	Стационарная CO (N)	Стационарный момент (кгс · м)			Каретка (кг)	Рельс (кг/м)
								MRO	MPO	MyO		
15	15	60	4,5 x 7,5 x 5,3	20	3,000	8,330	13,426	7	5	5	0,18	1,45
20	17,5	60	6 x 9,5 x 8,5	20	4,000	14,210	25,088	22	18	18	0,42	2,20
20	17,5	60	6 x 9,5 x 8,5	20	4,000	16,905	36,554	29	32	32	0,54	2,20
23	21,8	60	7 x 11 x 9	20	4,000	20,972	39,200	36	32	31	0,62	3,10
23	21,8	60	7 x 11 x 9	20	4,000	24,667	48,069	44	50	49	0,78	3,10
28	25	80	9 x 14 x 12	20	4000	29,204	53,802	60	50	49	1,10	4,45
28	25	80	9 x 14 x 12	20	4000	35,300	67,904	75	81	80	1,44	4,45

Рис. 7. Рельсовая направляющая и каретка

### ***Проверка работоспособности направляющих на заданную долговечность***

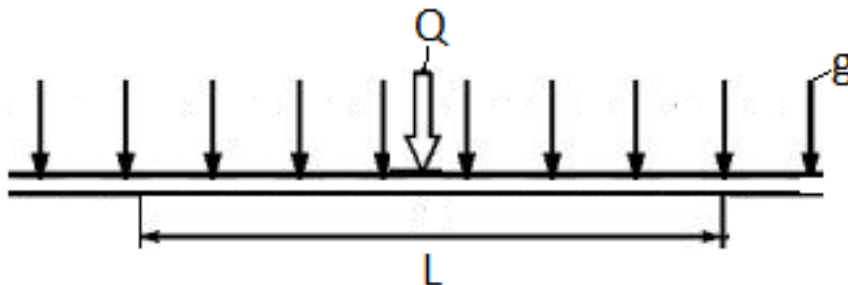
Цена каретки FL 20 = \$54,38 = 1700 руб./шт. Стоимость 4 шт. = 6800 руб.

Цена 1 м. рельса = \$101,97. Стоимость глухих отверстий = 14 м. Готового рельса = \$ 1641,72 = 49251,51 руб.

Для обеспечения точности работы всех узлов станка необходимо сохранение неизменности формы станины, что возможно при выполнении следующих условий

- Станина должна обладать жесткостью, при которой ее деформации под действием усилий в процессе работы станка не выходили бы за пределы, соответствующие допускам на неточность обрабатываемых на станке деталей. Для этого был проведен анализ на нагрузки участка станины.

Расчетная схема изображена на рис. 8.



*Рис. 8. Схема нагрузки: L – длина балки между опорами;  
Q – точечная нагрузка портала на балку;  
g – равномерное действие веса конструкции (собственный вес)*

По результатам прогиб составляет 0,013 мм, что является допустимым.

- Материал станины должен быть термически обработан, и при этом исключаются внутренние напряжения, вызывающие изменение ее формы. После предварительной механической обработки станины подвергают старению, в процессе которого происходит снятие внутренних напряжений.

- Станина должна быть виброустойчива, так как в противном случае будут иметь место ухудшение класса чистоты обрабатываемой поверхности и снижение стойкости режущего инструмента.

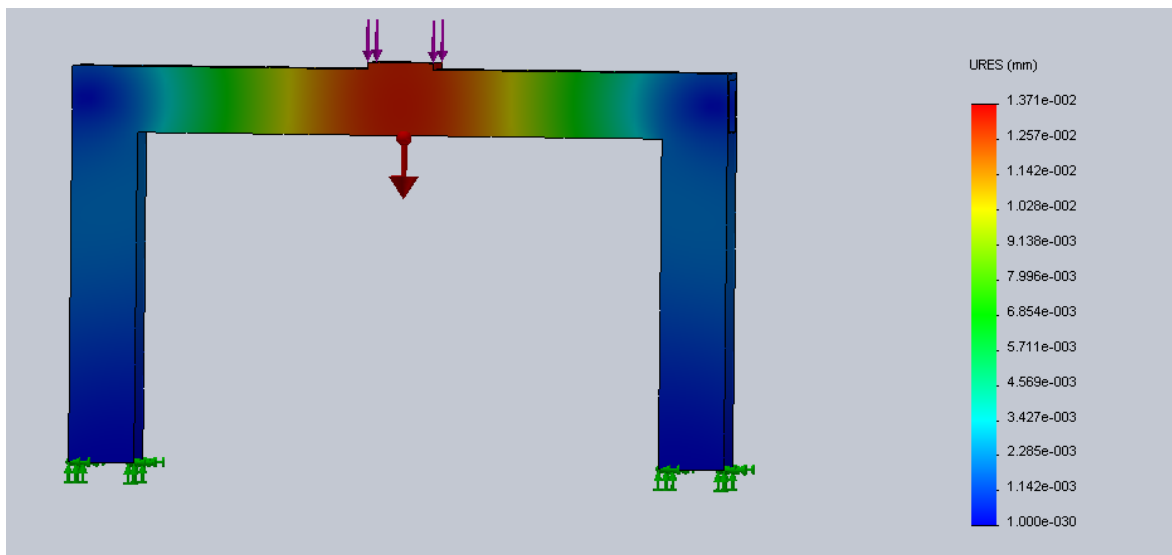


Рис. 9. Конечно-элементная модель участка станины

### 3. Определение тягового усилия

Для определения необходимого тягового усилия рассмотрим рис. 10, на котором изображены реакции различных составных частей суппорта –  $R_1...R_6$ ; тяговое усилие  $Q_T$ ; вес суппорта и портала  $G_c = 500\text{Н}$ ,  $G_p = 3000\text{Н}$ ,  $\eta = 0,06$  коэффициент трения; длина портала  $l = 3\text{ м}$ ,  $y = l/2 = 1,5\text{ м}$ , расстояние (максимальное); движения суппорта  $d = 2,6\text{ м}$ ; расстояние от геометрического центра портала до его опор  $a = b = 0,3\text{ м}$ ; расстояние от центра (геометрического) портала до суппорта  $c = 0,6\text{ м}$ .

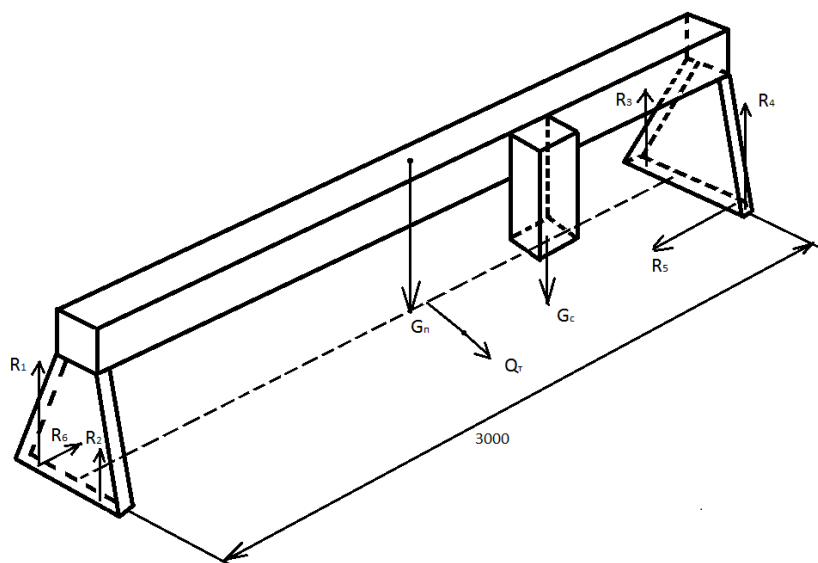


Рис. 10. Расчетная схема

Запишем систему уравнений для определения тягового усилия.

$$\begin{aligned}(R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6)\eta - Qt &= 0, \\ R6 - R5 &= 0, \\ R1 + R2 + R3 + R4 &= Gn + Gc, \\ (R3 + R4)L &= Gc * d + Gn * e, \\ -(R3 + R1)\eta * L - Qm * e - R5 * b * \eta &= 0, \\ R1 - R2 - R3 + R4 &= 0.\end{aligned}$$

Подставляя имеющиеся значения,  $Qt = 230 \text{ Н}$ .

Тем самым, получив тяговое усилие, необходимое для перемещения портала, определим тяговое усилие на рейке по формуле

$$Fm = Dp * bp * \left(\frac{22 * 60}{340}\right)^2 = 1461 \text{ Н},$$

где  $Dp$  – диаметр ролика, равный 5,83 мм,  $bp = 16,62$  мм.

Необходимо подобрать шаговый двигатель на ВРМ, мощность определяется по формуле

$$T = \frac{Fm * Pr * 10^{-3}}{2 * \pi * \eta} = 54,8 \text{ кг * см},$$

где  $Pr = 20$  мм, шаг между роликами.

Подбираем шаговый двигатель, например, двухфазные гибридные шаговые двигатели экономкласса серии 85CSTH (рис. 11).

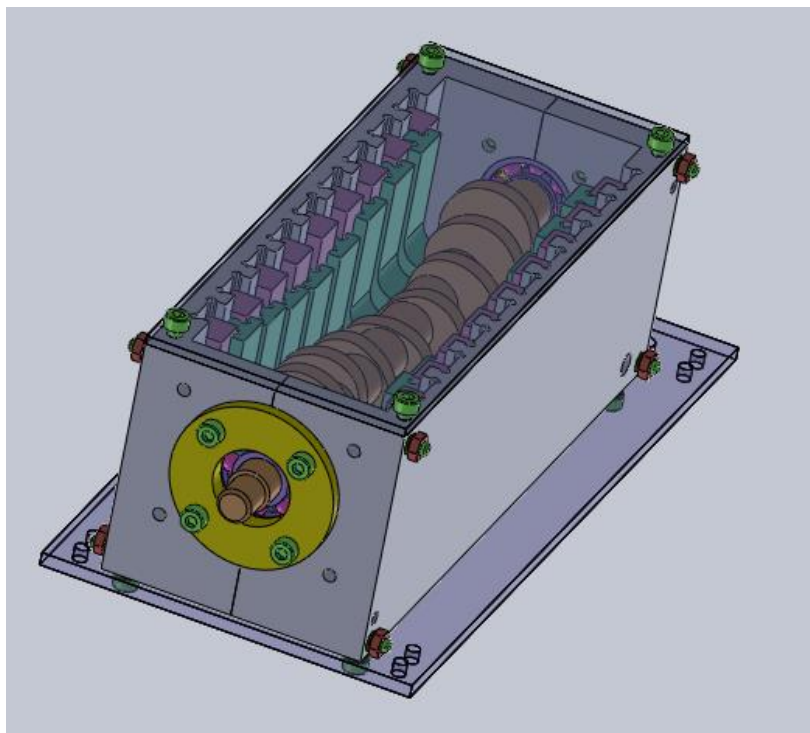


Рис. 11. Шаговый двигатель 85CSTH

#### 4. Встройка волнового реечного привода

ВРП представляет собой многокулачковый механизм с промежуточными звеньями в виде клиньев-толкателей, взаимодействующими с поступательно перемещаемым выходным звеном-рейкой с зубьями или роликами.

ВРМ – мехатронное устройство, состоящее из преобразователя вращательного движения приводного вала в поступательное движение клиновых толкателей; роликовой рейки; шагового электродвигателя, соединенного с приводным валом через безлюфтовую муфту; системы электропривода и управления. На рис. 12 приведена принципиальная конструкция передачи.



*Рис. 12. Привод поступательного перемещения*

Преобразователь модуля состоит из корпуса, кулачкового вала на подшипниковых опорах, толкателей, направляющих толкателей, опор качения поступательного перемещения, рельсовых направляющих опор, несущей конструкции, безлюфтовой муфты, промежуточного стакана и электродвигателя. На несущей конструкции устанавливается рейка с вращающимися роликами. При повороте ротора электродвигателя кулачковый вал перемещает толкатели в направляющих, а клинья толкателей, взаимодействуя с роликами рейки, перемещают корпус модуля в сборе со всеми элементами конструкции вдоль рельсовых направляющих.

ВРП потенциально обладает хорошими технико-экономическими характеристиками и имеет ряд преимуществ перед другими передачами поступательного перемещения:

- неограниченная величина перемещения и высокая линейная скорость сопоставимы с характеристиками шариковой винтовой передачи (ШВП);

- высокая редукция в сравнении с зубчатой реечной передачей (ЗРП);
- многопарность контакта в реечном зацеплении, способствующая повышению плавности поступательного движения в сравнении с ЗРП;
- конструктивная простота механизма выбора зазоров в реечном зацеплении, исключающая применение сдвоенных кинематических цепей;
- возможность создания ВРП с частичной герметизацией передаточного механизма, позволяющая создавать вводы движения в изолированное, в том числе агрессивное пространство;
- ВРП является импортозамещающим продуктом.

В приведенной конструкции шаг роликов в рейке равен 20, при этом технические характеристики модулей таковы:

- диаметр ролика рейки – 5,75;
- тяговое усилие – 1400;
- скорость поступательного перемещения – 20;
- расчетный КПД – 87;
- расчетная мощность приводн. двигателя – 355;
- расчетный максимальный крутящий момент – 5,1.

## **5. Новизна принятых решений**

При разработке станка мы руководствовались следующими основными принципами: унификация узлов и материалов, максимальное упрощение конструкции, повышение надежности и эргономичности, улучшение точностных характеристик станка.

Новизна конструкции осей станка заключается в следующем:

1. Использование в конструкции станка унифицированного квадратного профиля.

Преимущества:

- уменьшение общей стоимости станка;
- уменьшение массы;
- надежность конструкции;
- легкость в эксплуатации и ремонте;
- упрощение конструкции;
- эргономичность.

2. Использование унифицированного волнового реечного механизма для перемещения по осям станка.

Преимущества:

- отсутствие редуктора;
- высокая точность позиционирования, что является одной из основных характеристик высокоточного станка с ЧПУ;

- упрощение конструкции;
- внедрение наших разработок (нет зависимости от стороннего производителя);
- высокая скорость перемещения портала по оси X (до 25 м/мин).

### **Заключение**

Результатом проделанной работы является разработка и построение 3D модели конструкции станины и подвижного портала плазморежущего станка. Расчет и подбор комплектующих, а именно: рельсовая направляющая и каретка, волновой реечный механизм с роликовой рейкой, шаговый двигатель.

УДК 621.867.62-82

## **СИСТЕМА ПОДПИТКИ НАСОСА С ГИДРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ**

**В.А. Ягодкин**

**Научный руководитель В.В. Абрамов**

*Сибирский федеральный университет*

Насосная подпитка широко применяется в гидросистемах самоходных машин. При эксплуатации гидросистемы за счет создания избыточного давления на входе основного насоса потоком от насоса подпитки происходит улучшение условий всасывания и заполнения камер основного насоса, снижаются ограничения по увеличению его частоты вращения. Особенно это важно для гидроприводов, работающих в условиях повышенного содержания в атмосфере углекислого газа, а также углеводородных газов, которые обладают большей растворимостью в минеральных и синтетических маслах по сравнению с воздухом. Такие условия наблюдаются, например, в подземных рудниках. За счет создания избыточного давления на входе основного насоса уменьшается влияние газовой фазы рабочей жидкости, увеличивается коэффициент подачи насоса. При этом избыточное давление ограничивается клапаном, а излишний поток от системы подпитки сливается через данный клапан в гидробак, что приводит к потерям энергии и дополнительному нагреву жидкости и ухудшению её свойств. Кроме того, обычная система подпитки с нерегулируемым насосом не может компенсировать изменение подачи на сливе при использовании в качестве гидродвигателей гидроцилиндров с односторонними што-

ками. Поэтому в закрытых гидросистемах в качестве гидродвигателей применяются гидромашины с одинаковыми потоками на входе и выходе – гидромоторы.

Сохранить достоинства схемы с закрытой циркуляцией для гидросистем, имеющих различные типы гидродвигателей, и минимизировать недостатки позволяет установка аккумуляторной системы подпитки (рис. 1, а, б) вместо насосной подпитки. Основу системы подпитки составляет гидроаккумулятор, клапан управления и распределитель.

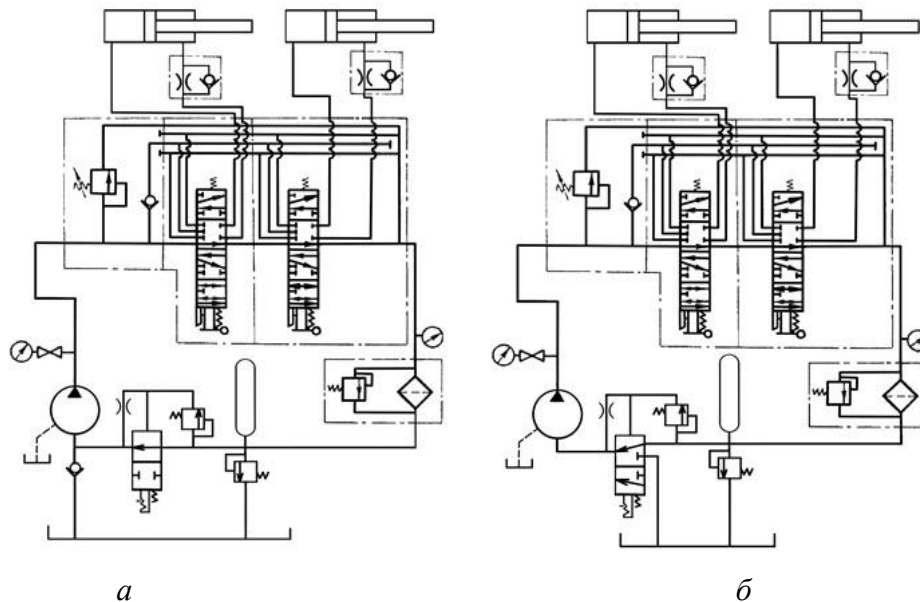


Рис. 1

При применении двухлинейного распределителя (рис. 1, а) во всасывающую магистраль насоса встраивается обратный клапан между ее соединением с системой подпитки и гидробаком. Если использовать трехлинейный распределитель (рис. 1, б), то всасывающая гидролиния перекрывается непосредственно им, поэтому надобность в обратном клапане отпадает. Аккумулятор устанавливается на сливной магистрали, которая соединяется с всасывающей линией насоса через распределитель. Система подпитки действует циклически. При давлении ниже установленного сливная магистраль после аккумулятора перекрывается распределителем, при этом производится зарядка аккумулятора, а насос всасывает жидкость из гидробака. При увеличении давления в аккумуляторе до величины соответствующей его достаточной зарядке клапан управления переключает позицию распределителя. Сливная и всасывающая магистрали соединяются. Обратный ток жидкости в гидробак из всасывающей магистрали предотвращается обратным клапаном либо распределителем. Утечки в системе и колебания потока слива компенсируются аккумулятором [1, 3].



В данных схемах подпитки отсутствуют механический привод и дросселирование, что позволяет более рационально использовать энергию привода, но имеется и недостаток – цикличность работы системы подпитки. Во время зарядки аккумулятора насос всасывает жидкость из гидробака, при этом могут проявляться негативные явления, связанные с понижением давления во всасывающей магистрали насоса. Для того чтобы устранить данный недостаток аккумуляторных систем подпитки, целесообразно устанавливать в системе гидропреобразователь с пружинным возвратом. Предлагаемая схема подпитки (рис. 2) представлена в момент зарядки гидропреобразователя. Гидропреобразователь будет также играть роль гидроаккумулятора за счет пружинного возврата. А во время зарядки будет подпитывать насос за счет использования потока жидкости сливаемого из полости пружины «А», поэтому система подпитки будет действовать непрерывно.

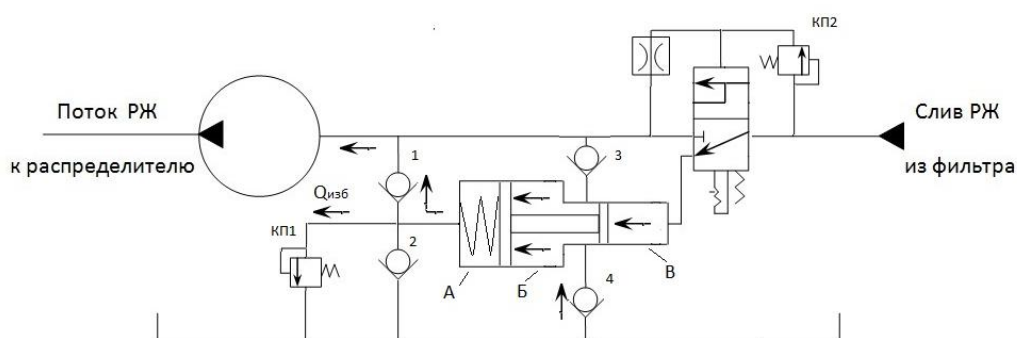


Рис. 2

При достижении давления в сливной магистрали близкого к установленному предохранительный клапан КП2 подает сигнал на распределитель, который переключается в нижнее положение. Таким образом, поток рабочей жидкости направляется в полость «В» гидропреобразователя, перемещая поршень влево и полость «Б» заполняется жидкостью из гидробака. За счет перемещения поршня рабочая жидкость вытесняется из полости «А» на вход насоса. Избыточное давление во всасывающей магистрали сбрасывается через предохранительный клапан КП1 в бак.

### Список литературы

1. Абрамов В.В., Михайлов А.А. Гидросистема мобильной машины. Патент на изобретение № 2435909 от 10.12.2011.
2. Каверзин С.В. Курсовое и дипломное проектирование по гидроприводу самоходных машин: учеб. пособие. Красноярск: ПИК «Офсет», 1997. 384 с.
3. Михайлов А.А., Абрамов В.В., Каверзин С.В. Гидросистема мобильной машины. Патент на полезную модель № 85920 от 13.04.2009.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ МЕДНО-МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ**

**А.И. Перфильева**  
**Научный руководитель В.Г. Бабкин**  
*Сибирский федеральный университет*

Из-за низкого удельного сопротивления медь широко применяется в электротехнике для изготовления силовых кабелей, проводов или других проводников. Чистая медь обладает высокой электрической проводимостью

(58 МОм/м), но при этом низкими прочностными свойствами. В связи с этим возникает вопрос о получении композиционного сплава на медной основе для электротехнического назначения.

В литературе описываются различные методы упрочнения меди. Основные из них:

- 1) метод замешивания порошкообразного карбида WC в расплав меди при воздействии низкочастотных колебаний;
- 2) метод механического легирования меди алмазными наночастицами;
- 3) метод получения конденсированных композитов с применением вольфрама;
- 4) метод высокотемпературной термомеханической обработки.

Приведенные технологии получения дисперсно-упрочненных металло-матричных композитов, содержащих медную матрицу и упрочняющие элементы (карбиды, алмазные наночастицы, тугоплавкие переходные металлы и др.), относятся в основном к методам порошковой металлургии или металлургическим методам (электронно-лучевого переплава компонентов композита с ограниченной растворимостью, их испарением и смешением в паровом потоке; получения полуфабрикатов из дисперсно-твердеющего низколегированного медного сплава с их последующей термо-механической обработкой; получения литых композиционных материалов), основанным на замешивании дискретных армирующих частиц в расплаве с применением механического, электромагнитного и других методов перемешивания жидкого металла вблизи температуры плавления.

Недостатками этих методов являются:

- 1) необходимость применения большого количества операций обработки;

2) снижение электропроводности и пластических свойств сплава с увеличением содержания примесей;

3) загрязнение материала железом вследствие истирания стальных мелющих тел в процессе механического легирования;

4) необходимость применения шаровых мельниц и низкочастотных колебаний.

Наиболее перспективным методом, разработанным американскими учеными, является метод упрочнения медного сплава диспергированным карбидом.

Он заключается во введении в медно-матричную основу диспергатора и карбидов хрома, вольфрама или молибдена. После этого проводилось механическое перемешивание сплава до самой разливки его в слитки, из которых впоследствии путем прокатки или волочения получали электропроводники.

Результаты эксперимента показывают, что электропроводники, полученные данным методом имеют достаточную прочность ( $649 \text{ Н/мм}^2$ ) при высокой температуре ( $400^\circ\text{C}$ ), а также необходимую электропроводность.

В частности, электрический проводник, к которому был добавлен трихромидкарбид, имеет прочность на разрыв  $649 \text{ Н/мм}^2$  при  $400^\circ\text{C}$ , что больше чем в два раза, чем у проводника из чистой меди ( $301 \text{ Н/мм}^2$ ) при той же температуре.

Однако и у этого метода есть недостатки. В первую очередь это грубая микроструктура, образованная крупными включениями карбидов, вследствие чего ухудшается деформируемость металла.

Жидкофазные технологии получения композиционных материалов следует признать перспективными, поскольку они позволяют получать композиты с заданными свойствами любых размеров и веса, в том числе наноструктурированных сплавов и композитов с повышенными термомеханическими параметрами. Однако технология их получения требует дальнейшего развития и совершенствования. В частности, необходимо развивать исследования по получению литых композиционных материалов, армированных дискретными частицами, синтезированными непосредственно в расплаве.

На кафедре МиТОМ СФУ в течение нескольких лет разрабатываются новые технологии получения алюмо-матричных литых композитов, упрочненных дискретными частицами тугоплавких карбидов, синтезированных в расплаве. В данной работе представлена попытка получения медно-матричных композитов электротехнического назначения, армированных дисперсными частицами карбидов переходных металлов. Карбиды переходных металлов проявляют уникальное сочетание физических и ме-

ханических свойств: высокие температуры плавления, электрическая проводимость, твердость, теплота образования и химическая стойкость в агрессивных средах.

Способ получения литого композиционного материала на основе меди включает приготовление сплава системы Cu-переходной металл (Ti, Zr, Cr и др.) и последующий ввод в расплав реакционной смеси для синтеза армирующих частиц. Реакционная смесь состоит из алмазографитного порошка НП-АГ в количестве, необходимом для получения заданной концентрации дискретных керамических частиц и поверхностно-активного вещества, способствующего равномерному распределению дискретных карбидов в предлагаемом сплаве. Согласно проведенным исследованиям, предпочтительно синтезировать частицы, хорошо смачиваемые расплавом и термодинамически устойчивыми в нем. О возможности синтеза тугоплавких карбидов судили по величине термодинамического потенциала реакций их образования в расплаве меди. Результаты расчетов  $\Delta G$  представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Термодинамические потенциалы реакций образования карбидов тугоплавких переходных металлов

Карбиды	C*, %	T, K	-ΔG, кДж/моль
TiC	20,05	1100	172, 1632
		1200	171, 0645
		1300	170, 0555
ZrC	11,6	1100	174, 5089
		1200	173, 5859
		1300	172, 664
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	13,2	1100	58, 9631
		1200	64, 0691
		1300	63, 1751

C\* – содержание углерода, соответствующее верхнему пределу области гомогенности.

По данным таблицы образование карбидов в расплаве меди возможно, и их прочность возрастает в следующей последовательности: Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>→ZrC→TiC.

Для обеспечения стабильности частиц, образовавшихся в расплаве, и предотвращения их укрупнения должно выполняться соотношение:

$$\Delta G = 2(\sigma_{A-газ} - \sigma_{A-Ме}) > 0,$$

где  $\sigma_{A-Ме}$  – межфазная энергия на границе контакта частицы с газом и металлом соответственно.

Изменение энергии Гиббса зависит от значения краевого угла смачивания ( $\Theta$ ) расплавом поверхности твердой частицы. При  $\Theta > 90^\circ$  обеспечивается слипание частиц и образование их скоплений, если  $\Theta < 90^\circ$ , то процесс коагуляции термодинамически невозможен. В табл. 2 приведены краевые углы смачивания карбидов расплавами на основе меди.

**Таблица 2.** Краевые углы смачивания карбидов расплавами меди

Металлический расплав масс, %	t, °C	Среда	$\Theta$ , град.	$W_a$ , МДж/м <sup>2</sup>
Карбид титана				
Медь	1100–1250	Вакуум	135–130	390–470
98Cu – 2 Cr	1150	Вакуум	65	2535
90 Cu – 10 Ti	1050–1250	Вакуум	8-75	1985–1650
Карбид циркония				
Медь	1100–1500	Аргон	140–118	316–680
Cu – Ni (0,1 %)	1200	Аргон	63	
Cu – Ni (0,25 %)	1200	Аргон	54	

По данным таблицы хром и никель являются поверхностно-активными по отношению к меди и могут быть использованы при получении литых композиционных материалов на основе меди.

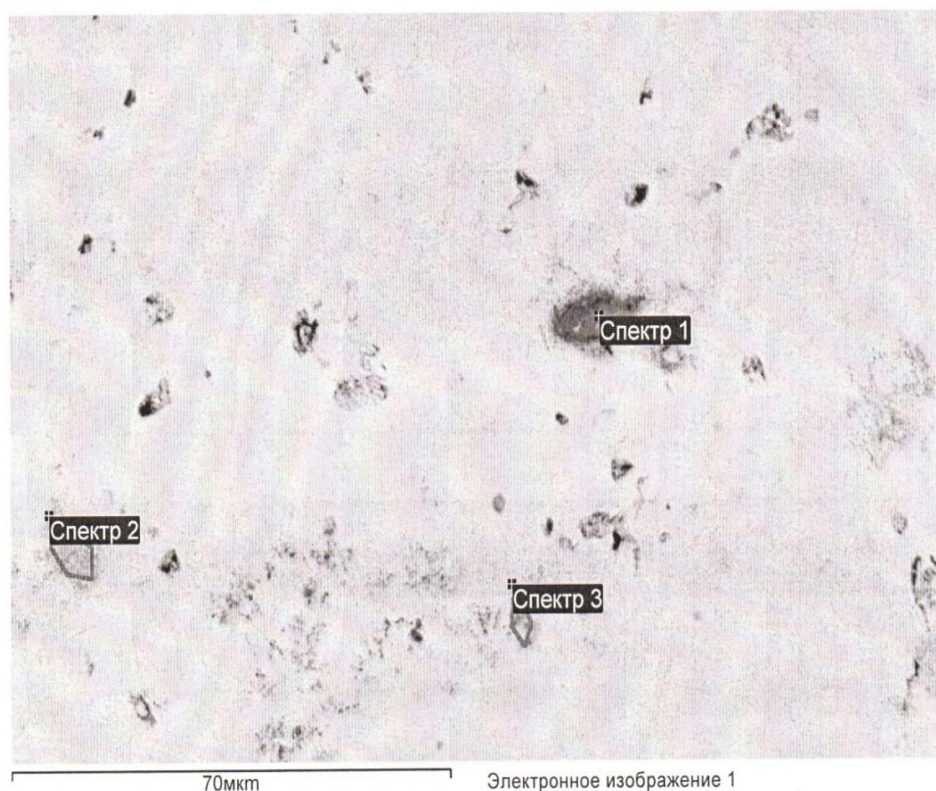
Для приготовления композиционного сплава использовали индукционную тигельную печь, в которой плавил медь марки МЗ и перегревали расплав до 1150 °C. В расплав загружали губчатый титан и после его растворения вводили таблетки Cu-Cr-C. После этого проводили выдержку в течение 20 мин. для протекания синтеза керамических частиц и их распределения в объеме расплава, затем осуществляли перемешивание и разливку при заданной температуре. Из полученных литых композиционных материалов вырезали образцы для исследования микроструктуры и механических свойств. В табл. 3 приведены свойства литых образцов.

**Таблица 3.** Механические свойства композиционных материалов на основе технической меди

Состояние	$\sigma_B$	$\delta$	$\Psi$	НВ
	МПа	%		
Исходное литое состояние	160	25	–	40
Литой композиционный материал системы Cu–TiC	350	10	16	–
Проволока (суммарная деформация 90 %)	450	3	35	125

По результатам микроструктуры наблюдается равномерное распределение упрочняющих частиц в объеме матрицы.

Для идентификации из состава проведен локальный рентгеноструктурный анализ, представленный на рисунке.



Параметры обработки: Выполнен анализ всех элементов (Нормализован)

Спектр	В стат.	C	O	Si	Ti	Cr	Cu
Спектр 1	Да	39.03		0.57	51.49		8.90
Спектр 2	Да	31.60		1.35	15.24	0.66	51.16
Спектр 3	Да	21.28	14.20	1.70	14.88		47.94

Макс.		39.03	14.20	1.70	51.49	0.66	51.16
Мин.		21.28	14.20	0.57	14.88	0.66	8.90

Все результаты в атомных %

Рис.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКС-МЕТОДА ДЛЯ ЗАДАЧ РОБОТОТЕХНИКИ

А.А. Голуб

Научный руководитель Г.Б. Масальский

*Сибирский федеральный университет*

Рассмотрим задачу поиска условного экстремума целевой функции в выпуклой допустимой области:

$$Q(\mathbf{x}) \rightarrow \underset{\mathbf{x} \in X}{extr}, \quad (1)$$

где  $X = \{\mathbf{x} : \mathbf{x} \in E^n, \mathbf{q}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{b}\}$ ,  $\mathbf{q}(\mathbf{x})$  и  $\mathbf{b}$  –  $m$ -мерные вектор-столбцы ограничений задачи;  $E^n$  –  $n$ -мерное евклидово пространство;  $\mathbf{x}$  – вектор управляемых переменных.

Для решения задачи (1) разработано достаточно много методов как градиентных, так и методов прямого поиска, представленных процедурой

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{x}(k) + \Delta\mathbf{x}(k), \quad (2)$$

где  $\mathbf{x}(k+1)$ ,  $\mathbf{x}(k)$  – значения вектора  $\mathbf{x}$  на  $(k+1)$ -м и  $k$ -м шагах поиска соответственно;  $\Delta\mathbf{x}(k)$  – вектор поправок на  $k$ -ом шаге поиска.

Среди методов прямого поиска можно выделить комплексный метод [1].

Комплекс-метод не требует непрерывности функций, т. к. не использует значений производных, но необходимо, чтобы допустимая область была выпуклой. Для невыпуклых областей комплекс-метод не гарантирует сходимости.

Комплекс-метод в отличие от детерминированных поисковых методов содержит на первом этапе организации поиска элемент случайности при формировании исходного комплекса, что предопределяет направление движения из исходного состояния.

Уравнение метода на  $k$ -м шаге имеет вид

$$\mathbf{x}_r(k) = (1 + \alpha)\mathbf{x}_0(k) - \alpha\mathbf{x}_s(k), \quad (3)$$

где  $\mathbf{x}_r$  – новая отраженная точка комплекса;  $\mathbf{x}_s$  – худшая отражаемая точка комплекса;  $\mathbf{x}_0$  – центр тяжести уже принятых точек комплекса;  $\alpha$  – коэффициент растяжения.

Обобщенно алгоритм поиска комплекс-метода состоит в следующем. Формируется первичный «комплекс» из  $l=2n$  вершин. Если вершина «комплекса» не удовлетворяет ограничениям, то она смещается к центру тяжести  $x_0$  уже принятых вершин. После чего происходит вычисление целевой функции для всех вершин «комплекса». В ходе сортировки полученных значений выбирается худшая вершина  $x_s$ , которая отражается относительно центра тяжести  $x_0$  остальных точек комплекса.

При этом каждая точка проверяется на допустимость, и если какое-нибудь ограничение нарушено, то она смещается в область поиска. После вычисления значения целевой функции в новой вершине принимается решение о продолжении поиска, если шаг удачен, либо о смещении новой точки в сторону центра тяжести в противном случае.

Параметр  $\alpha$  обеспечивает рост скорости движения в направлении цели в геометрической прогрессии или быстрое сжатие в случае неуспеха.

Начальное направление движения комплекса зависит от его первичной ориентации. Как показали результаты исследований на плоскости, имитирующей поиск вдали от экстремума, комплекс движется в направлении увеличения значений функции (при поиске максимума), но не гарантирует большой эффективности поиска (рис. 1).

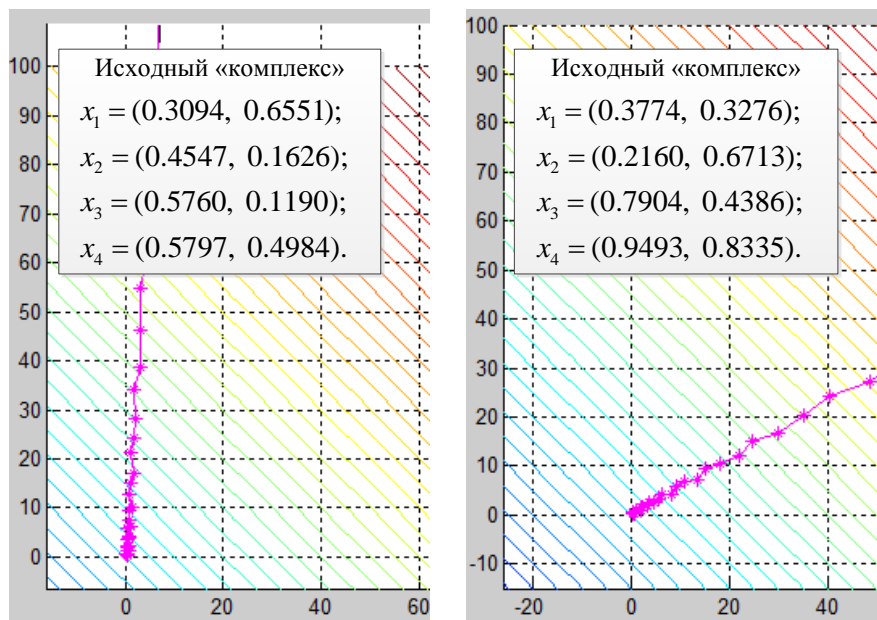


Рис. 1. Зависимость направления движения «комплекса» от исходной конфигурации (на плоскости)

Поэтому предлагается корректировать вектор поправок движения, используя направление оценки градиента целевой функции.



На каждом шаге поиска целевую функцию можно представить в виде

$$Q(k) = \mathbf{a}^T(k)\mathbf{x}(k), \quad (4)$$

где  $\mathbf{a}$  – вектор неизвестных параметров (коэффициентов) модели.

Применительно к комплекс-методу вектор параметров  $\mathbf{a}$  определяет наклон гиперплоскости, которой можно аппроксимировать участок целевой функции в области текущего «комплекса».

Другими словами, вектор  $\mathbf{a}$  можно назвать косвенной оценкой градиента в текущей точке поиска.

В ходе исследований для более точного определения параметров модели был принят рекуррентный метод наименьших квадратов в приращениях, процедура которого имеет следующий вид:

$$\mathbf{a}(k) = \mathbf{a}(k-1) + \frac{\mathbf{C}(k-1)\Delta\mathbf{x}(k)}{1 + \Delta\mathbf{x}^T(k)\mathbf{C}(k-1)\Delta\mathbf{x}(k)} [\Delta Q(k) - \mathbf{a}^T(k-1)\Delta\mathbf{x}(k)], \quad (5)$$

$$\mathbf{C}(k) = \mathbf{C}(k-1) - \frac{\mathbf{C}(k-1)\Delta\mathbf{x}(k)\Delta\mathbf{x}^T(k)\mathbf{C}(k-1)}{1 + \Delta\mathbf{x}^T(k)\mathbf{C}(k-1)\Delta\mathbf{x}(k)}, \quad (6)$$

где  $\Delta\mathbf{x}(k) = \mathbf{x}(k) - \mathbf{x}(k-1)$ ,  $\Delta Q(k) = Q(k) - Q(k-1)$ ,  $k$  – номер текущего шага поиска.

Рассмотрим эффективность вышеуказанного метода на примере задачи

$$Q(\mathbf{x}) = -(x_1 - 50)^2 - (x_2 - 50)^2 \rightarrow \max_{\mathbf{x} \in X}.$$

На рис. 2 представлен процесс вычисления оценок  $\mathbf{a}(k)$  в ходе поиска оптимума. Из рисунка видно, что при приближении к экстремуму оценки  $\mathbf{a}(k)$  не стремятся к нулевым значениям (в отличие от истинных значений градиента). Этот эффект вызван тем, что процедура РМНК для вычисления каждой новой оценки использует всю предысторию предыдущих оценок, замедляя тем самым изменение значений оценок.

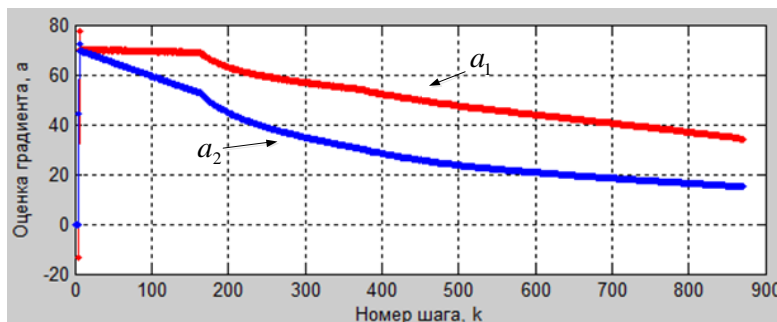


Рис. 2. Косвенные оценки градиента в ходе поиска экстремума с полной предысторией

Чтобы уйти от влияния предыдущих оценок, периодически (перед процедурой РМНК) можно присваивать оценкам нулевые значения, например, на каждой итерации поиска. Но учитывая переходный процесс подстройки оценок параметров модели к установившимся значениям, необходимо ежетапно вычислять новую оценку с учетом нескольких предыдущих.

Ниже представлен процесс вычисления оценок  $\mathbf{a}(k)$  с ежетапным обнулением. Учитывается предыстория оценок только текущего и предыдущего «комплексов».

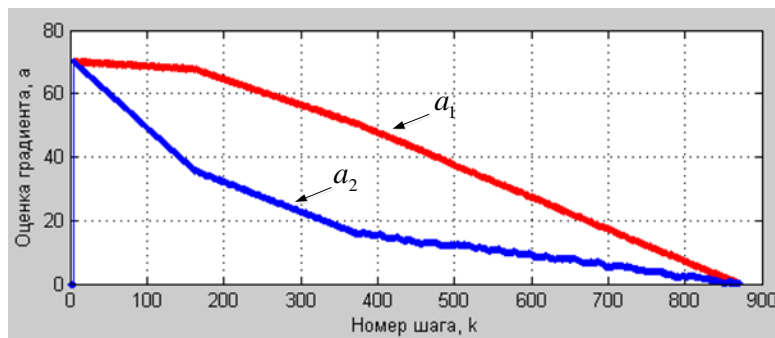


Рис. 3. Косвенные оценки градиента в ходе поиска экстремума с малой предысторией

На рис. 3 видно, что при достижении экстремума, косвенная оценка градиента принимает нулевое (или близкое к нему) значение.

Сделаем вывод, что с помощью данного варианта РМНК можно с достаточной точностью не только определять направление к экстремуму относительно текущей точки, но и меру близости до него.

Рассмотрим процедуру коррекции шага «комплекса» на направление косвенных оценок градиента.

Порядок выполнения операций следующий:

- 1) вычисление нормы вектора  $|\mathbf{a}(k)|$ :

$$|\mathbf{a}(k)| = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2(k)}, \quad (7)$$

где  $a_i(k)$  – коэффициенты модели, косвенная оценка градиента (процедура РМНК);

- 2) определение углов между вектором  $\mathbf{a}(k)$  и каждой  $i$ -ой проекцией на координатную ось:

$$\alpha_i(k) = \arccos\left(\frac{a_i(k)}{|\mathbf{a}(k)|}\right), \quad i = 1, \dots, n. \quad (8)$$

Углы между вектором и его проекциями определяют его положение в пространстве переменных относительно координатных осей;

3) вычисление нормы вектора шага «комплекса»  $|\Delta \mathbf{x}(k)|$ :

$$|\Delta \mathbf{x}(k)| = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2(k)}, \quad (9)$$

где  $\Delta x_i(k) = x_{ri}(k) - x_{si}(k)$  – шаг «комплекса» по  $i$ -й переменной;

4) новая скорректированная вершина

$$x_i^*(k) = x_{si}(k) + |\Delta \mathbf{x}(k)| \cdot \cos(\alpha_i(k)), \quad i = 1, \dots, n. \quad (10)$$

Полученные значения углов (8) используем для «поворота» вектора шага «комплекса»  $\Delta \mathbf{x}(k)$  на направление вектора оценок  $\mathbf{a}(k)$ . После чего определяем значение полученной скорректированной точки  $\Delta \mathbf{x}_r^*(k)$  в пространстве переменных.

Ниже представлены результаты применения процедуры коррекции в ходе поиска оптимума (рис. 4).

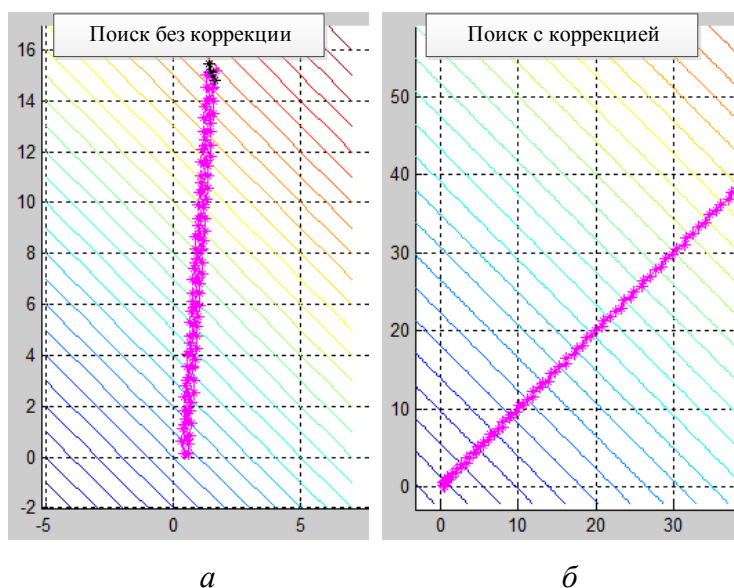


Рис. 4. Траектория движения «комплекса»:

$a$  – без применения процедуры коррекции;  $b$  – с применением процедуры коррекции

Результатам эксперимента показывают, что при коррекции каждого шага «комплекса» на направление косвенной оценки градиента эффективность поиска увеличивается и «комплекс» движется вдоль истинного градиента.

### Список литературы

1. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 128 с.: ил.
2. Математические основы кибернетики: учеб. пособие / Г.Б. Масальский. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. 196 с.
3. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2002. 544 с.: ил.
4. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики: учеб. пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1987. 496 с.: ил.
5. Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М. MATLAB7: программирование, численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 752 с.: ил.

УДК 621.838.2

## ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ СМЕЩЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ОБЪЕМНОГО БЛОКИРУЮЩЕГО КОНТУРА

**А.А. Кутина, И.А. Титков**

**Научные руководители А.В. Колотов, А.Е. Митяев**

*Сибирский федеральный университет*

Основными критериями работоспособности любых зубчатых передач являются параметры прочности и долговечности, которые напрямую зависят от геометрии зубчатого зацепления. Конечно же, вопросы повышения изгибной и контактной прочности не ограничиваются только геометрической составляющей комплексного расчета зубчатой передачи, они также учитывают материал зубчатой пары и его термообработку вследствие того, что геометрический расчет и расчет на прочность являются взаимосвязанными.

В современных методиках расчетов, для получения более выгодной величины коэффициента прочности  $Y_F$ , учитывающего форму зуба, можно рекомендовать выбор значений  $x_1$  и  $x_2$  в зоне, примыкающей к линии выравненных удельных скольжений  $\mathcal{G}_{p1} = \mathcal{G}_{p2}$ , удаляясь вдоль этой линии в направлении положительных значений коэффициентов смещения. Изгибная прочность возрастает с увеличением коэффициентов смещения  $x$  благодаря увеличению толщины зуба  $s$ . Согласно той же методике расчета исходят из формулы, согласно которой контактная прочность передачи рассчитывается пропорционально отношению  $\sin 2\alpha_w / \sin 2\alpha$ . Следовательно, увеличение

угла зацепления передачи  $\alpha_w$  является, бесспорно, обоснованным и необходимым условием в случае проектирования силовых приводов.

Метод объемного блокирующего контура (ОБК) позволяет обеспечить требуемые значения показателей качества рядных цилиндрических передач с тремя и более колесами на стадиях проектирования и расчета.

В данной работе развивается метод создания и использования ОБК с целью обеспечения ряда показателей качества для рядных цилиндрических передач, таких как коэффициент торцового перекрытия  $\varepsilon_a$ , толщина зубьев  $s_a$  на окружностях вершин, минимальных подрезов зубьев и обеспечение минимизации скоростей удельных скольжений в зацеплениях.

Покажем применимость метода ОБК на следующем примере. Пусть требуется определить область совместного выбора коэффициентов смещения для рядной цилиндрической зубчатой передачи (рис. 1) с числами зубьев колес  $z_1 = 16$ ,  $z_2 = 40$  и  $z_3 = 62$  исходя из следующих условий:

- структура материала всех зубчатых колес неоднородна (применяется поверхностное термохимическое упрочнение);
- угол зацепления  $\alpha_w$  во всех зубчатых парах должен быть наибольший;
- скорости удельных скольжений  $\mathcal{G}_{p1} = \mathcal{G}_{p2}$ ,  $\mathcal{G}_{p2} = \mathcal{G}_{p3}$  и  $\mathcal{G}_{p1} = \mathcal{G}_{p3}$  наименьшие и относительно выровненные между собой по абсолютной величине;
- подрез зубьев недопустим, межосевое расстояние выбирается свободно.

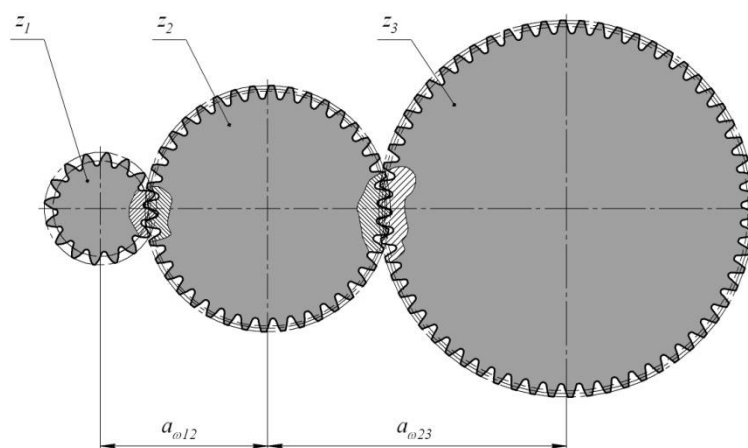


Рис. 1. Схема рядного механизма со связанными колесами

Для построения объемного блокирующего контура при заданных условиях необходимо на координатных плоскостях  $h$ ,  $v$ ,  $w$ , соответствующих коэффициентам относительного смещения  $x_1h$   $x_2h$ ,  $x_2w$   $x_3w$  и  $x_1v$   $x_3v$ , выполнить формирование плоских блокирующих контуров для пар зацеплений зубчатых колес  $z_1z_2$ ,  $z_2z_3$  и  $z_1z_3$  (рис. 2).

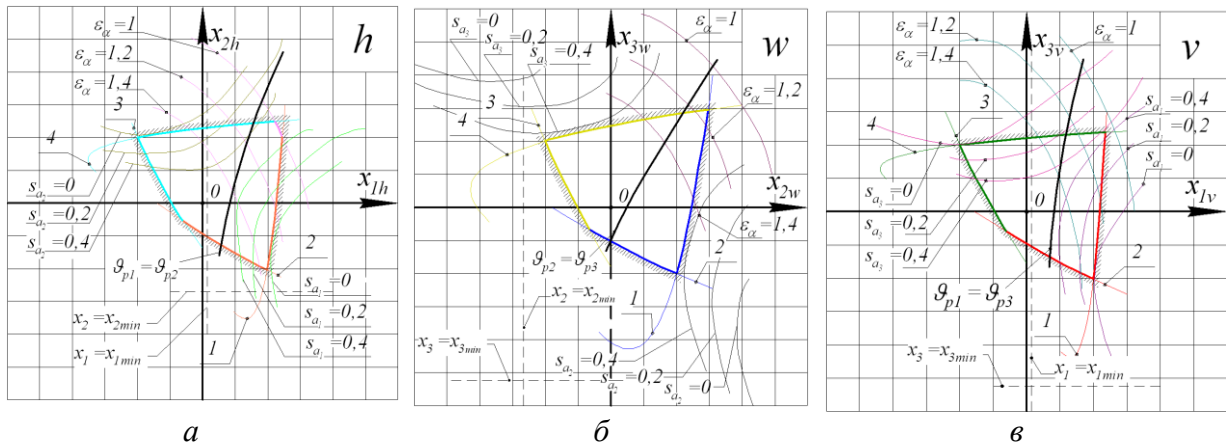


Рис. 2. Плоские блокирующие контуры для пар зацеплений зубчатых колес:  
 а –  $z_1z_2$ ; б –  $z_2z_3$ ; в –  $z_1z_3$

Полученные плоские блокирующие контуры размещаем на координатных плоскостях глобальной системы координат  $X_1X_2X_3$  объемного блокирующего контура. Выполняя совместное проецирование соответствующих кривых координатных плоскостей, получим объемный блокирующий контур в глобальной системе координат (рис. 3, а).

Далее на плоские контуры накладываем линии скоростей удельного скольжения. Осуществив взаимное проецирование поверхностей скоростей удельных скольжений  $g_{p1} = g_{p2}$ ,  $g_{p2} = g_{p3}$  и  $g_{p1} = g_{p3}$  в глобальной системе координат, получаем область объемного блокирующего контура, удовлетворяющую заданным условиям (рис. 3, б).

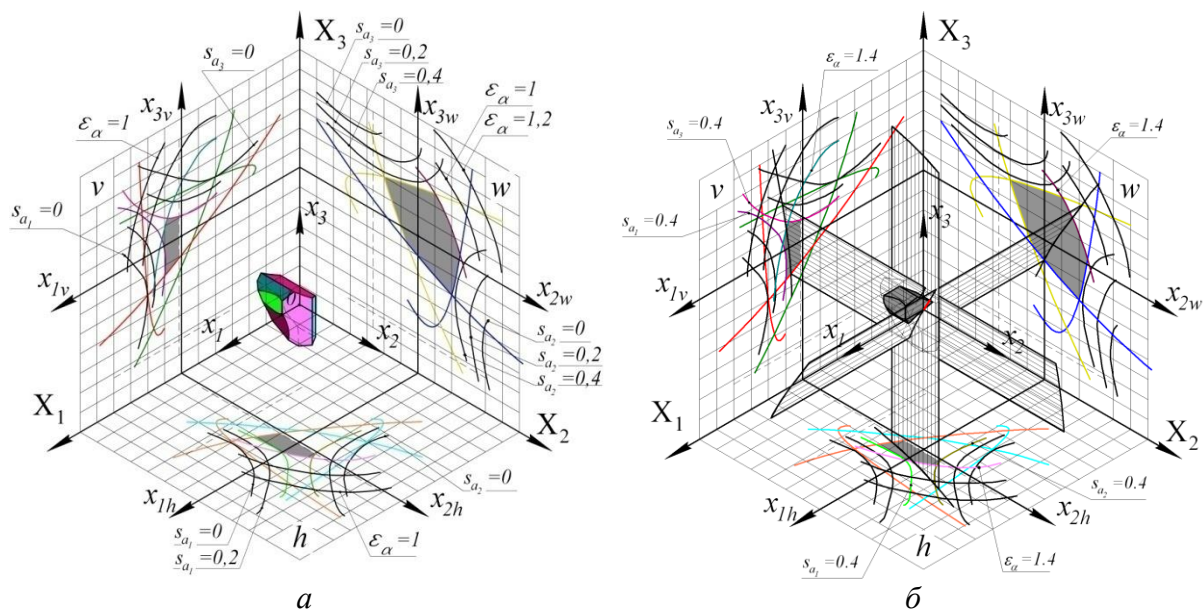


Рис. 3. Объемный блокирующий контур, ограниченный изолиниями показателей качества зацепления

Анализ объемного блокирующего контура (рис. 4, а) показывает, что поверхности скоростей удельных скольжений  $\mathcal{G}_{p1} = \mathcal{G}_{p2}$ ,  $\mathcal{G}_{p2} = \mathcal{G}_{p3}$  и  $\mathcal{G}_{p1} = \mathcal{G}_{p3}$  в глобальной системе координат  $X_1X_2X_3$  могут и не иметь точки пересечения (рис. 4, б), что свидетельствует об отсутствии однозначного решения данной задачи.

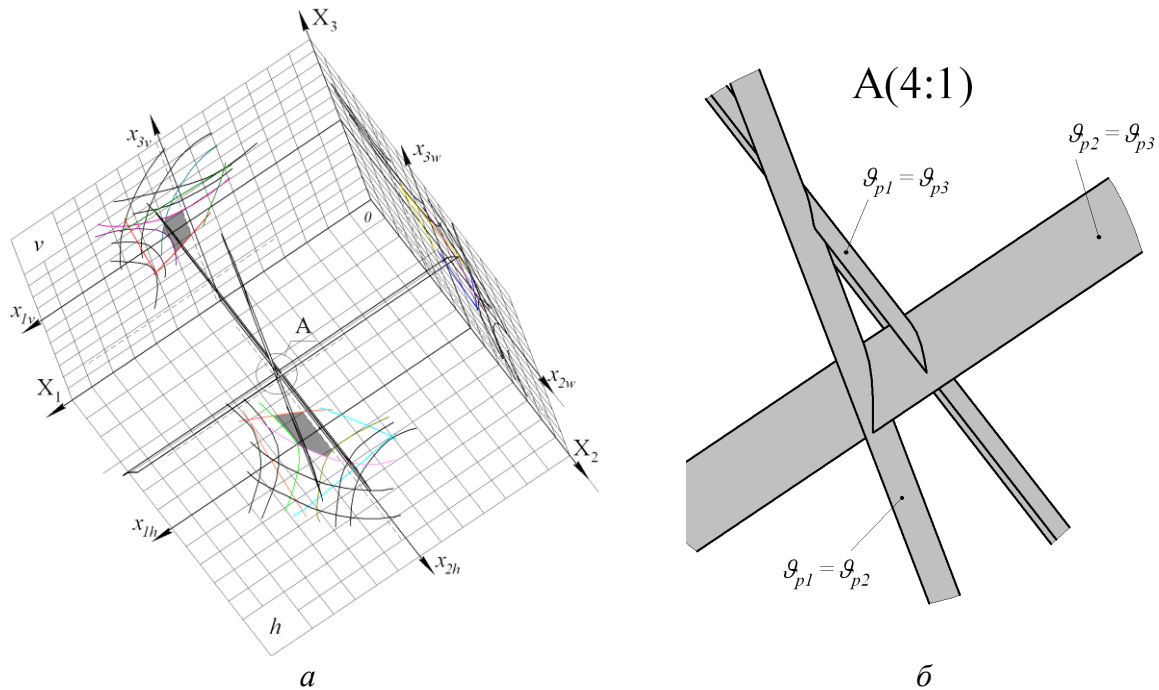


Рис. 4. Пересечение поверхностей, характеризующих скорости удельных скольжений в зацеплениях, внутри ОБК

В результате получено дальнейшее развитие метода объемного блокирующего контура посредством построения области совместного выбора коэффициентов относительного смещения при определении наименьшей скорости удельных скольжений во всех зацеплениях. Любая точка, взятая в этой области и лежащая на пересечении поверхностей  $\mathcal{G}_{p1} = \mathcal{G}_{p2}$  и  $\mathcal{G}_{p2} = \mathcal{G}_{p3}$ , гарантирует обеспечение требуемых величин показателей качества зацепления:  $s_a \geq 0.4m$ ,  $\varepsilon_\alpha \geq 1.4$ ,  $x_1 \geq x_{1\min}$ . Отметим, что все значения коэффициентов относительного смещения положительные, а угол  $\alpha_{nv}$  во всех зацеплениях наибольший исходя из заданных условий.

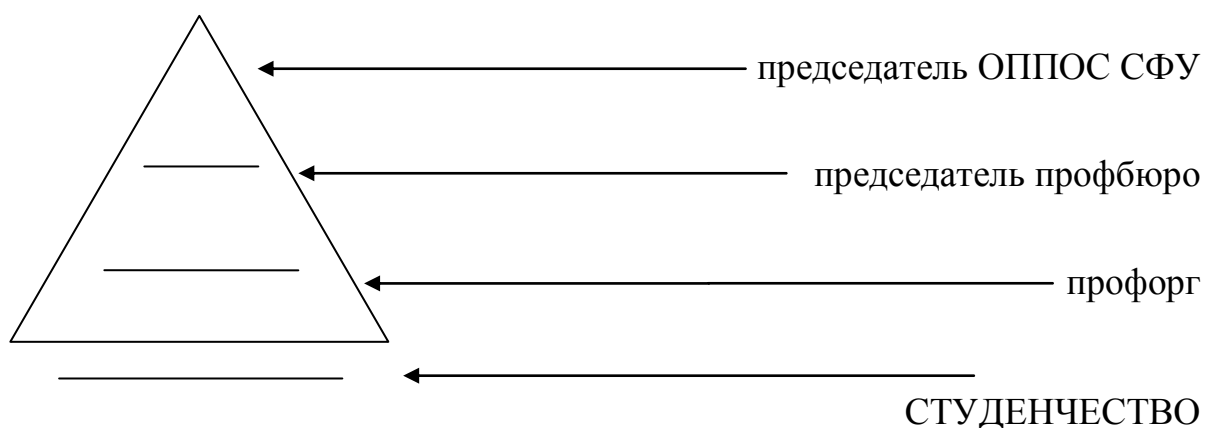
## ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТА СМК В ОППОС СФУ

**М.С. Есина, Н.А. Шупранова**  
**Научный руководитель Н.В. Мерзликина**  
*Сибирский федеральный университет*

### План статьи

- I. Данные профсоюзной организации.
- II. Место ОППОС СФУ в организации учебного процесса.
- III. Проблемы и их анализ на основе анкетирования.
- IV. Решение проблемы: применение СМК по ИСО 9001.
- V. Принципы «Лидерство руководителя» и «Вовлечение работников».
- VI. Анализ возможности применения принципов в ОППОС СФУ.
- VII. Создание квалиграмм.
- VIII. Оценка результатов.

Профсоюзная организация студентов СФУ на данный момент самый крупный и мощный орган студенческого самоуправления. Ее численность составляет порядка 71 % студентов. Профсоюзная организация объединяет 20 институтов, в каждом из которых интересы студентов представляет председатель профбюро, а в каждой группе эту функцию выполняет профорг. Штатных сотрудников в организации 9 человек. Таким образом, порядка 8 % от количества всех студентов СФУ осуществляет защиту и представительство прав студенчества. Для понимания структуры организации обратимся к рисунку.



*Рис. Упрощенная структура ОППОС СФУ*



ОППОС СФУ была создана в 2007 г. после образования Сибирского федерального университета. В состав вошли профсоюзные организации студентов КрасГАСА, ГУЦМиЗ, КГТУ и КГУ. Такое слияние стало полезным для всех членов профсоюза: и будущих, и нынешних, – ведь большой университет, как и большая по численности организация, способны создавать больше возможностей для роста и развития. ОППОС СФУ – это организация, первоочередной задачей которой является защита и представительство прав учащихся. А это значит, что ОППОС призвана помогать студентам в разрешении конфликтных ситуаций, сложных социальных и материальных вопросов. Профсоюзная организация студентов лоббирует интересы студенчества перед администрацией вуза и на других уровнях, например, путем заключения соглашения между администрацией университета и ОППОС СФУ. Представители организации входят в состав самых разных советов, дискуссионных собраний, принимают участие в обсуждении и принятии законодательных актов, касающихся студентов, а также в создании и принятии всех нормативно-правовых актов СФУ. Таким образом, профсоюзная организация играет важную роль в жизни студента.

Основой успешной и эффективной работы данной организации является «знание своего дела». Вернемся к вопросу о штатных сотрудниках. Как было сказано выше, представительство и защиту прав студентов на институте или факультете осуществляет председатель профбюро, в академической группе – профорг. Остановимся на председателях: председатель профбюро – это студент, избранный выполнять свои обязанности в течение 2–3 лет. При условии хорошей работы он может быть выбран на повторный срок, но стоит отметить, что обучение по форме специалиста составляет 5 лет, а по бакалавриату всего 4. Это значит, что за период от 4 до 5 лет происходит полное обновление организации не только в лице председателей профбюро, но и студентов-членов профсоюза в целом. Отсюда основная и самая глобальная проблема – «текучка кадров». Решить ее на уровне организации невозможно в принципе, но ее можно сгладить. Для начала обратимся к набору проблем организации в целом, выделенных на основе анкетирования заранее отобранных групп.

Отметим, что формирование групп осуществлялось следующим образом:

группа 1 – студенты;

группа 2 – профорги;

группа 3 – руководители (штатные сотрудники и председатели).

Опрос сформированных таким образом групп позволит выявить особо острые проблемы на каждом из уровней, а значит – реально вычленив ключевые проблемы.

Анализ диаграммы показал, что основными проблемами является «Быстрая смена кадров» и «Некомпетентность представителей организа-

ции». В действительности, если досконально рассматривать каждую из проблем, можно увидеть, что корнем является несистемность работы организации. Четкость и отлаженность действий соблюдается на верхнем уровне структуры (рисунок), но слабеет на уровне «Председатели профбюро» и практически теряется на дальнейших уровнях.

Решением данных проблем послужит систематизация и стандартизация всех процессов на каждом уровне, где начинает «слабеть связь». Осуществить это можно с помощью принципов менеджмента качества, установленных в международном стандарте ИСО 9001. Как известно, основой успешной деятельности является хороший руководитель и замотивированный исполнитель. Основываясь на этом, рассмотрим следующие принципы менеджмента качества: «Вовлечения работников» и «Лидерство руководителя».

Сущность принципа «Вовлечение работников» в системах менеджмента качества заключается в том, что работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности. Реализация этого принципа происходит через следующие элементы:

- целеполагание (формулирование цели, описание ожидаемого результата, установление заинтересованности, определение способов достижения, установления методик, мониторинг, обратная связь);

- среда вовлечения (система карьерного роста, система признания достижений, система материального стимулирования, система развития персонала, правила делегирования полномочий, система наставничества, система управления инициативами, система социального страхования и воздаяния приверженности компании и т. д.).

Принцип «Лидерство руководителя» подразумевает демонстрацию приверженности через собственный пример. Если руководитель отстраняется на каком-либо этапе работы, то и сотрудники, а в нашем случае студенты, теряют интерес к работе. Руководитель должен понимать и реагировать на изменения.

В рассматриваемом нами случае уникальная ситуация: председатель профбюро – безусловно, лидер и руководитель, но в то же время он является работником. Аналогичная ситуация и с профоргом. Таким образом, организация должна в первую очередь воспитывать лидера, путем его вовлечения в процесс.

Но как за короткий срок «взрастить» зрелого, адекватного специалиста своего дела?

Создание квалиграмм процесса – реальный и современный подход к сложившейся ситуации. Исследователями доказано, что наиболее удобным методом описания процессов является графический метод. Он нагляден,

четок и прост в понимании. А самое важное, что позволяет увидеть весь процесс в целом, а значит, председатели и профорги будут вовлечены в действие и будут понимать, какое место они занимают в системе и как нужно действовать, чтобы она успешно функционировала.

Такой подход позволит решить вычлененные выше проблемы, а именно:

- сократить срок для адаптации;
- создать конкретные инструкции к действию;
- повысить эффективность обучения;
- наглядно представить цели и задачи;
- показать карьерный рост при успешном выполнении обязанностей.

Данная модель уже была опробована на заранее отобранной группе профоргов и уже оправдала свое применение: после ознакомления с данным материалом у участников тестирования возникает гораздо меньше вопросов о своей деятельности в сравнении со второй группой профоргов, которым была проведена просто ознакомительная лекция. Также у участников первой группы отмечается повышенный интерес к перспективам в организации, нежели у участников группы 2.

Таким образом, стандартизация и систематизация любых процессов является основой эффективной и перспективной организации. Такие мероприятия позволяют значительно экономить ресурсы: время на адаптацию, финансы на проведение семинаров и лекций для персонала.

УДК 735.29

## **HORIZONTAL WELL STIMULATION IMPROVEMENT WITH FLUID PULSE TECHNOLOGY**

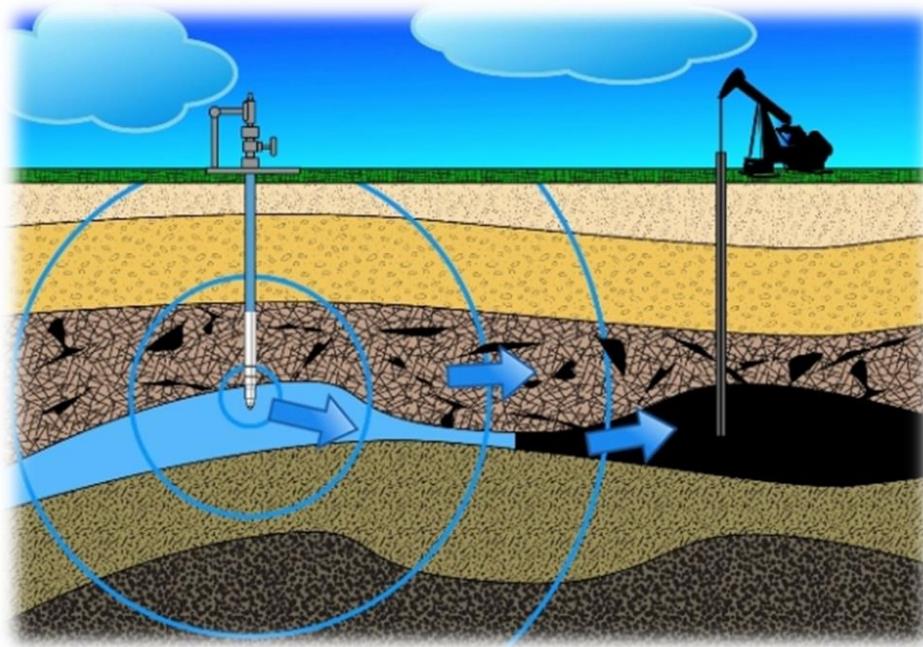
**S.I. Askerov**

**Scientific supervisor P.M. Kondrashov**

**Scientific instructor E.V. Tsigankova**

*Siberian Federal University*

In last decade breakdown in gas industry led to the turn the largest market in the world and created a new gas power number 1 – U.S. However from an environmental view, it is extremely dangerous. Tap water and sewage wells produce methane; frequent earthquakes endanger infrastructure and people worried about new gas provinces.



*Pic. 1*

Canadian Wavefront Technology offers a more harmless and eco method. The developers tried understand the increase in debit of wells immediately after the earthquake. By theory, it should be the opposite. In fact, after the earthquake in the productive zone many breaks appear and do not coincide with the general direction of production activity. Therefore the decline in debits of wells.

Aftershock (repeated seismic shock of lower intensity compared to the main seismic shock) creates a wave compresses the collectors. This Hydrodynamic shock effectively increases in debit of wells. PowerWave technology, based on a similar mechanism, sends the fluid momentum in scale and sand are around mine.

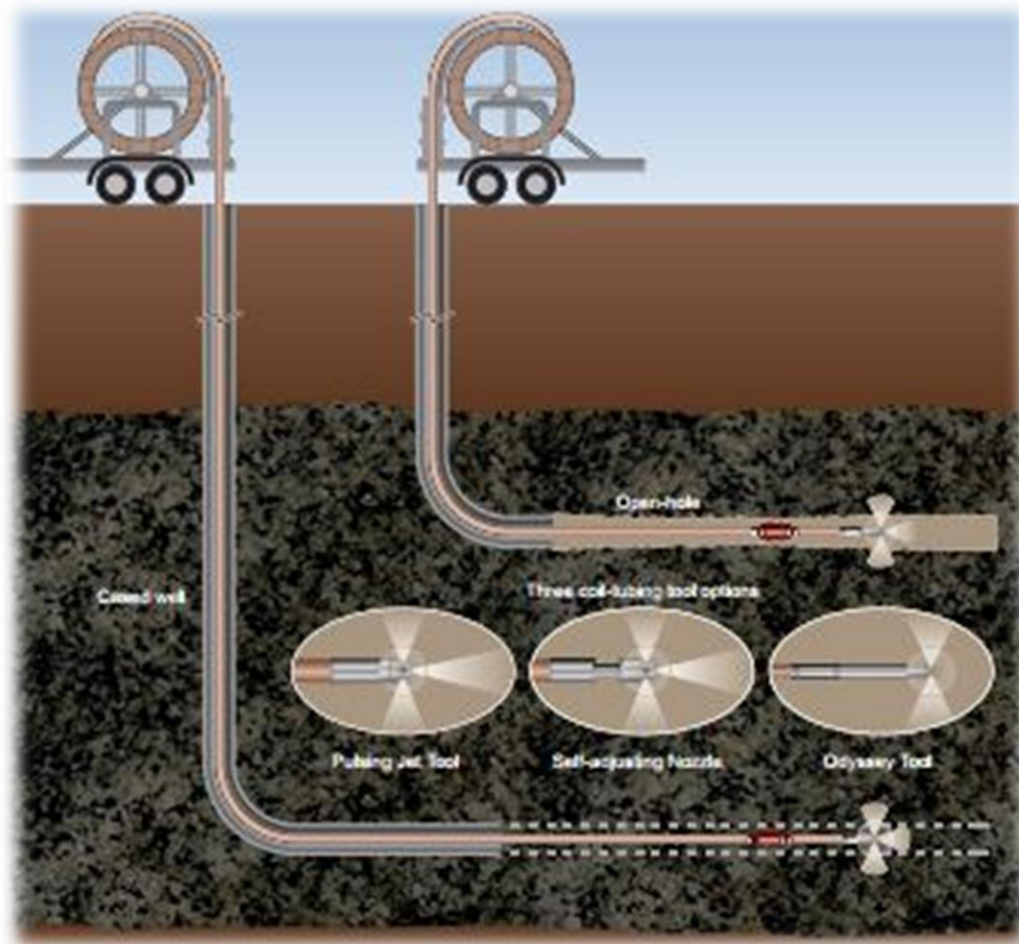
Oil is pushed out of the reservoir as well as the heart create waves to push fluid through blood vessels. Unlike breakdown, water don not penetrate throught crevasse and use all the pores.

### **About Wavefront Technology**

Wavefront's fluid pulse technology adds a new dimension to horizontal well stimulation. The company provides a wide range of coil tubing conveyed tools.

### **Technology Overview**

Fluid pulse technology creates high inertial fluid momentum, which improves the flow efficiency of the wellbore, the near wellbore region and the reservoir. The nature of fluid displacement energy ensures that any pulsed fluid will penetrate the matrix proximal to where the tool is placed.

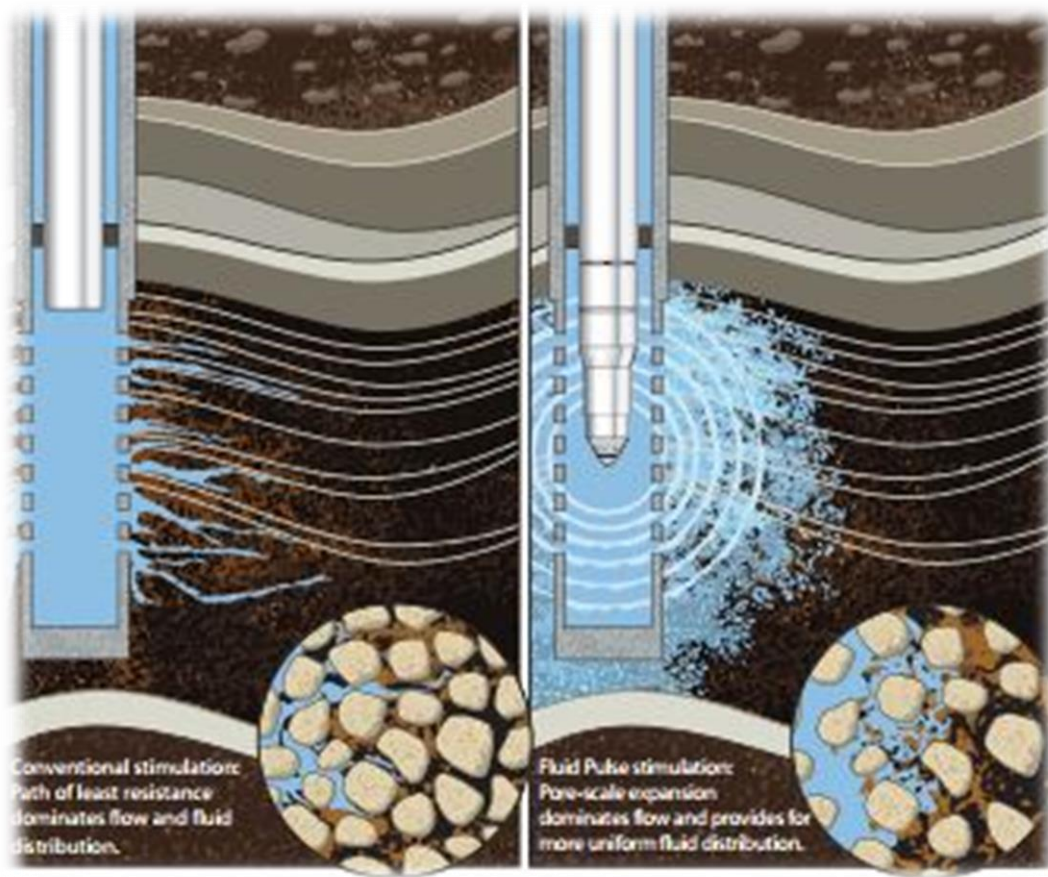


*Pic. 2*

Fluid pulse technology is ideal to improve the placement of chemical treatments, production solvents, water, gas and combinations thereof. The tools can be used in short term (stimulation) or long term enhanced recovery applications. If you can Intervene in a wellbore with coil tubing, you can utilize fluid pulse technology.

### **Fluid Pulse Benefits**

- High amplitude displacement waves effectively distribute treatment fluid into the reservoir evenly along the completed interval.
- The creation of new fluid pathways to improve contact with the reservoir.
- Promotion of radial flow distribution negating the effects of fluid channelling through higher permeability areas or thief zones.
- Increased fluid penetration compared to bullheading, chemical squeezes and multi-zone stimulation methods.



*Pic. 3. Deeper Fluid Penetration  
Figure shows the benefits of fluid pulsing stimulation  
over conventional treatments*

### **Fluid Pulse Stimulation Tools**

Wavefront’s fluid pulse stimulation tools can be deployed on coil tubing in open or cased hole completions. The Pulsating Jet Tool can accommodate any fluid, gas or mixture. A vortex is formed inside the tool, which produces oscillating pulse energy. This energy produces sonic stress waves that have a far greater effectiveness than common jet nozzles. The pulsating jet tool is very effective in cleaning the wellbore and can provide a shallow stimulation treatment into the near reservoir region.

In coil tubing applications the pulsating jet tool assists the extended reach capabilities of coil tubing by enhancing the “worming effect” needed to creep the coil horizontally. The tool can be manufactured in a number of port orientations to direct flow in both forward and reverse orientations to ensure removed debris does not pile up and “stick” the coil tubing.



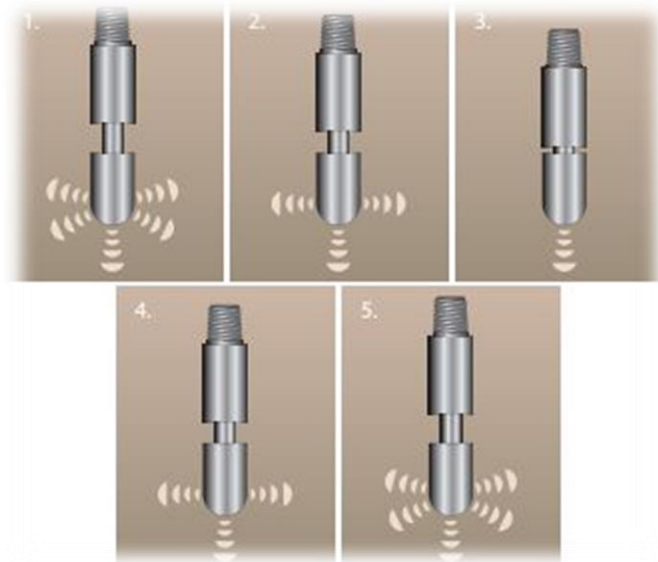
*Pic. 4. Pulsating Jet Tool*

### Applications and Benefits

- Open, cased or liner completions.
- Conventional oil or heavy oil (cold or thermal applications).
- Used to improve the efficiency of solvent based recovery methods.
- Single Trip Needed to both wash, acidize and jet dry the hole.
- Shockwave energy has been tested to travel 18” in a core test environment.

- Excellent for removal of resin coated sand and sand plugs without the need for a mud motor.

The Self Adjusting Nozzle Tool (SAN) is able to direct its jet stream energy from multiple ports to a single port and back to multiple ports as determined by what is encountered down hole. If the nozzle tags (say hard scale or a scale plug/bridge) the tool will shut off its back and side ports to direct greater energy towards the tag. As the nozzle washes through the tag the nozzle reverts back to its multiple port configuration.



*Pic. 5. Wavefront's Self Adjusting Nozzle Positions*

The nozzle is extremely efficient in horizontal wells because the back facing ports are able to wash fill as the work string (coiled tubing or tubing) is retracted. The nozzle is available in 31.75 mm (1.25”) and 41.1 mm (1.62”) sizes.

Wavefronts Coil Tubing Tools are 1.2 meters (3.9 ft) in length and can be run on coil tubing as small as 25.4 mm (1”) and as large as any coil tubing available. The tools are typically run “slick” with the coil tubing string and are manufactured from 4140 heat-treated steel hardened to 2832 Rockwell ‘C’ (the same used for drill collars). A variety of custom designed nozzles is available.



*Pic. 6. Wavefront Coil Tubing Tools with Nozzles Assembled*

УДК 550.8.024

## **ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОГИДРАТОВ НА РАННЕЙ СТАДИИ ИСПЫТАНИЯ СКВАЖИН**

**П.В. Воронин**

**Научный руководитель В.Г. Васильев**

*Сибирский федеральный университет*

### **Образование гидратов**

Большинство компонентов природного газа в соединении с водой образуют гидраты – твердые кристаллические соединения переменного состава, которые при высоком давлении могут существовать при положительных температурах.

На практике чаще всего встречаются смешанные гидраты природного газа. Наибольшая доля в составе природного газа принадлежит метану, а на пропан, изобутан, сероводород, азот и др. приходится лишь несколько процентов состава природного газа. Но и этого хватает, чтобы резко



влиять на условия гидратообразования. На рис. 1. представлены условия гидратообразования в системе метан – пропан.

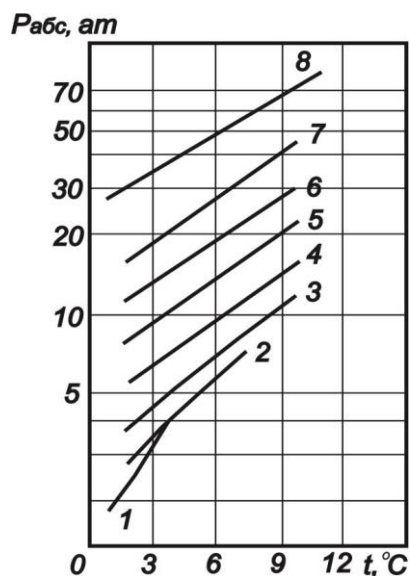


Рис. 1. Условия гидратообразования системы метан – пропан – вода.  
 Содержание пропана в смеси с метаном (% об.):  
 1 – 100; 2 – 63,8; 3 – 28,8; 4 – 11,7; 5 – 4,8; 6 – 2,6; 7 – 1,0; 8 – 0 (чистый метан)

Для определения равновесных условий гидратообразования наиболее пригодны эмпирические формулы Г.В. Пономарева, которые получены на основе обработки экспериментальных данных по условиям гидратообразования природных газов различного состава и учитывают влияние состава газа.

Эти уравнения при положительных температурах имеют вид

$$T_p = 18,47 \lg p_p - B.$$

При отрицательных температурах:

$$T_p = -58,5 \lg p_p + B_1,$$

где  $T_p$  – равновесная температура гидратообразования;  $p_p$  – равновесное давление гидратообразования. Коэффициенты  $B$  и  $B_1$  являются табличными.

Равновесные графики для определения условий гидратообразования природных газов различного удельного веса (по воздуху) и метана представлены на рис. 2. Область существования гидратов на этом графике располагается левее и выше приведенных кривых [1; с. 10].

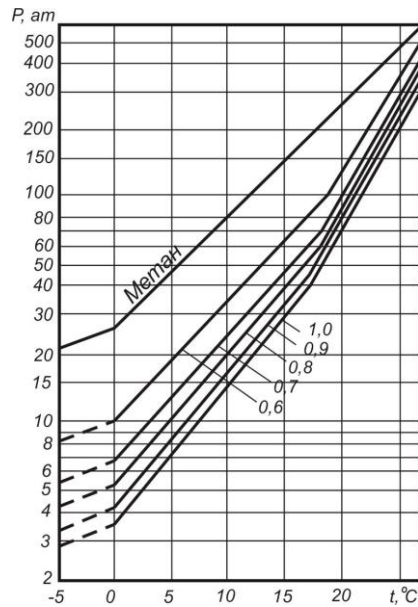


Рис. 2. Условия начала гидратообразования природных газов различного удельного веса

При определении равновесных температур гидратообразования необходимо учитывать степень минерализации пластовых вод. Наличие солей в пластовых водах снижает температуру гидратообразования, т. к. снижается давление паров воды при растворении в ней соли.

В качестве примера можно привести фазовую диаграмму при гидратообразовании в системе пропан – хлористый натрий – вода, рис. 3 [1; с. 23].

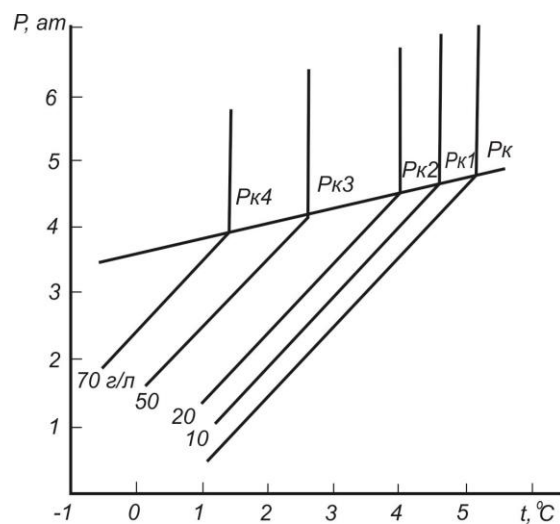


Рис. 3. Условия гидратообразования в системе пропан – вода – хлористый натрий

Основными факторами, определяющими условия образования гидратов природных газов в скважине, являются состав газа, давление, температура, наличие свободной капельной влаги, а также степень минерализации. Все исходные данные для получения предварительного прогноза начала гидратообразования, а именно начало процесса для нас наиболее важно, можно взять по соседним площадям, параметрическим скважинам в районе, а по первым скважинам уточнить, но с «оглядкой» на прогноз. Иначе возможен риск аварийности. Наиболее точно для каждого конкретного месторождения равновесные условия гидратообразования определяются в лабораторных или в промысловых условиях с помощью лабораторных установок.

Давление на забое и по стволу простаивающей и работающей скважины можно определить с помощью глубинного манометра либо вычислить по барометрическим формулам. Определение величины давления по стволу скважины в целях предсказания возможного места образования гидратов необходимо производить в 5–6 точках ствола скважины (но не реже, чем через 400–500 м) [1; с. 28].

Температура газа является одним из основных факторов, определяющих условия образования гидратов. Если же учесть, что давление в скважине обычно вполне достаточно для образования гидратов и что в потоке газа в стволе скважины обязательно присутствует капельная влага, выпадающая из газа при его охлаждении, то температура газа является определяющим фактором. Отсюда следует исключительная важность точного определения этого параметра для прогнозирования возможности и места образования гидратов в скважинах.

На температуру газа, движущегося по стволу скважины, влияет множество факторов: дросселирование газа в призабойной зоне и по стволу скважины, теплообмен с окружающими горными породами, механическая работа подъема газа, трение газа о стенки скважины, выделение скрытой теплоты парообразования при конденсации воды и тяжелых углеводородов и др. Из-за большого количества параметров, влияющих на температуру газа, а также невозможность точного определения некоторых из них расчетные способы определения температуры не очень точны. Поэтому наиболее точные и полные сведения о распределении температуры в потоке газа в скважине можно получить непосредственным замером при помощи электрического термометра сопротивления, применяющегося при промысловых геофизических исследованиях скважин [1; с. 30].

Гидратообразование в условиях Севера Красноярского края происходит во всех газовых и газоконденсатных скважинах. Имеются случаи образования гидратов в нефтяных скважинах в пределах Юрубченского,

Куюмбинского месторождений и Моктаконской площади, а также при испытании гидрогеологических объектов на Собинском месторождении. Это обусловлено благоприятными термобарическими условиями отложений осадочного чехла Енисей-Хатангского прогиба и западной части Сибирской платформы, характеризующимися большой мощностью криолитозоны (до 700 м) и низким геотермическим градиентом (1,5–3,5°C/100м). Фактически гидратообразование в скважинах происходит в интервале глубин от 0 до 2040 м. Нижние расчетные границы зон гидратообразования по нефтегазоносным областям распространяются на таких территориях: Катангская НГО – до 2000 м; Байкитская НГО – до 1800 м; Южно-Тунгусская НГО – до 2040 м; Енисей-Хатангская и Пур-Тазовская НГО – до 1000 м.

### **Методы борьбы с газогидратами в скважине**

На данный момент в мире существует множество методов борьбы с уже образовавшимися в скважине гидратами: химические, тепловые и механические. Мы приведем пример стандартного подхода к ликвидации аварии, вызванной гидратами, на территории Байкитской НГО.

Образование гидратов в низкотемпературных скважинах происходит с высокой скоростью и зачастую приводит к большим осложнениям при испытании, освоении и эксплуатации скважин. Всего возможны три варианта развития событий:

1. Гидратообразование выявлено на начальной стадии – ликвидируется прокачкой в трубное (затрубное) порции горячего ингибитора (обычно раствор  $\text{CaCl}_2$ ).
2. Гидратная пробка в трубном пространстве – ликвидируется либо подъемом подвески НКТ, либо разбуриванием гидратов без подъема НКТ.
3. Гидратами полностью запечатаны и трубное и затрубное пространства.

Рассмотрим третий вариант применительно к скважинам Байкитской НГО. Максимально гидратообразование в скважинах этого региона возможно в интервале глубин от 100 до 1800 м. При полном запечатывании трубного и затрубного пространств необходимо выполнить следующие операции:

1. Разбурить гидратную пробку в трубном (около 3 суток работы).
2. Заглушить продуктивный горизонт.
3. Наладить циркуляционную систему внутри прихваченных НКТ-73 горячим агентом (95–100 °С). Для этого спустить на глубину 1800 м лифт из НКТ-48, обеспечить постоянный нагрев агента и непрерывно прокачивать его в течение 10–15 суток. Однако опыт показывает, что и эта операция не во всех случаях дает положительный результат.

4. В случае не удачи растепления скважины циркуляцией в большинстве случаев прибегают к обурированию прихваченной колонны НКТ-73 левым снарядом и отворотом труб. Это может занять дополнительно 10–15 суток.

Таким образом, максимальные временные затраты на ликвидацию осложнения по третьему варианту могут составить, без учета мобилизации и времени принятия решения, до 1,5 месяца. Дополнительно потребуется доставка на буровую сверх штатного оборудования и материалов: НКТ-48 – 1850 м (8,2 т), вращающийся превентор (ПВМ 156x7,5/3,5 – 0,35 т), буровой инструмент левый Ø 73 мм (1850м – 28,9 т), специальный инструмент (обурник, коронки, колокола, метчики, труболочки и т. п. – 0,5 т) и ГСМ. Всего вес дополнительного оборудования составит свыше 45 т. Потребуется 11–12 рейсов Ми-8АМТ. Очевидно, что затраты на ликвидацию осложнения составят не один десяток миллионов рублей.

### **Предупреждение гидратообразования**

Для предупреждения созданий условий, ведущих к гидратообразованию в скважине во время испытания и освоения, а соответственно и материальных потерь, необходимо внедрить в процесс станции ГТИ с автоматической регистрацией, обработкой и передачей информации удаленному пользователю в режиме online. Так как необходимые условия в скважине для начала гидратообразования известны заранее, то при помощи СГТИ представляется возможным следить за тем, чтобы эти условия не выходили за рамки установленного коридора значений. А при достижении контролируемых параметров критических значений с помощью передачи данных в режиме online позволит оперативно изменить ход работ, чтобы предотвратить начало гидратообразования.

Внедрение в испытание и освоение скважин системы СГТИ с применением новой услуги «Удаленный мониторинг» позволит повысить контроль и ответственность за процессом на всех уровнях от заказчика до исполнителя, оперативно принимать оптимальные решения при возникновении нештатных ситуаций, т. к. все заинтересованные лица будут одновременно осведомлены о нештатной ситуации. При выходе контролируемых параметров за установленные коридоры значений появится возможность сообщать об этом средствами автоматического звукового оповещения. Также необходимо создать типовой регламент действий при возникновении предаварийной ситуации.

Все изложенное крайне важно, т. к. гидратообразование в скважине является «лавинным» процессом, и необходимо не допустить его начала. Схема связи всех участников процесса представлена на рис. 4.



Рис. 4. Схема связи на скважине с удаленными объектами

Помимо предупреждения аварийных ситуаций (гидратообразования), службы ГТИ, в процессе испытания и освоения, будет выполнять также следующие задачи: сбор информации (создание базы данных), экспресс изучение физических свойств пласта и полученной продукции, помощь в достижении высоких технико-экономических показателей.

### Список литературы

1. Борьба с гидратами при эксплуатации газовых скважин в районах Севера: практическое руководство / Б.В. Дегтярев, Г.С. Лутошкин, Э.Б. Бухгалтер. М.: Изд-во «Недра». 1969, 120 с.

УДК 665.6

## МЕТОДЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЕССЕРИВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИИ К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ ЦВДТ ЗАО «ВАНКОРНЕФТЬ»

**В.Р. Гилязова**  
 Научный руководитель **Н.Ф. Орловская**  
*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время широкое распространение получают технологии так называемых мини-нефтеперерабатывающих заводов с объёмом переработки нефти около 50 тыс. т в год в зависимости от марки топлива. Это обусловлено следующими причинами:

– интенсивное развитие районов Крайнего севера, Центральной и Восточной Сибири требует увеличения объёмов потребления горюче-смазочных материалов;

– рост стоимости нефтепродуктов и их доставки до потребителя в труднодоступные и удалённые районы.

В связи с этим целесообразно получение качественных нефтепродуктов из нефти на месте ее добычи или вблизи месторождений.

Однако все более ужесточающиеся экологические требования к бензинам и дизельным топливам диктуют необходимость увеличения капитальных и эксплуатационных затрат на производство топлив с низким содержанием серы. В связи с этим особую актуальность приобретает поиск новых, нетрадиционных методов удаления серы при нефтепереработке. Один из таких методов – окислительное обессеривание. Окислительную десульфуризацию можно проводить при комнатной температуре и атмосферном давлении, что позволяет существенно снизить стоимость процесса [1]. В этом процессе сернистые соединения окисляются в сульфоны и сульфоксиды, которые можно впоследствии легко удалить обычными методами разделения, так как их свойства существенно отличаются от свойств углеводородов, составляющих основу нефтяных топлив. При этом значительной экономии можно добиться путем применения дешевых окислителей, таких как кислород воздуха, пероксид водорода, различные органические пероксиды и др.

Цель данной работы: повышение качества дизельного топлива производства ЦВДТ ЗАО «Ванкорнефть» путем окислительного обессеривания.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- подобрать оптимальные условия окисления сернистых соединений дизельных фракций и выбрать способ последующего удаления полярных продуктов окисления;

- определить содержание серы в исходном дизельном топливе и в топливе после окислительного обессеривания.

Содержание серы в дизельном топливе ЗАО «Ванкорнефть» не превышает 350 ppm, что соответствует 3-му экологическому классу (К3), дизельное топливо ДТ-3 по ГОСТ Р 54283-2010 (дизельное топливо для автомобильных дизельных двигателей класса 3 в соответствии с приложением 2 технического регламента). Для улучшения качества топлива до классов К4 и К5 по требованиям технического регламента необходимо снизить содержание серы до 50 и 10 ppm соответственно.

Для этого мы предлагаем окислительное обессеривание топлива. Осадки при окислении топлива образуются при участии серосодержащих соединений. Полученные в результате окисления полярные продукты удаляются методами адсорбции.

Окисление проводили кислородом воздуха в окислительной установке барботажного типа без катализатора при температуре 150 °С в течение 5 ч. (100 мл ДТ, расход воздуха 10 л/ч).

Окисленные дизельные фракции характеризуются [2] улучшенными смазывающими и цетановыми свойствами вследствие образования в дистиллятных фракциях пероксидов, являющихся цетаноповышающими добавками, и кислородсодержащих соединений (вторичных продуктов окисления), обладающих повышенными смазывающими свойствами. Кроме этого, окисленное дизельное топливо характеризуется лучшей приемистостью к присадкам.

Адсорбцию проводили на угле активном древесном ГОСТ 6217-74 марки БАУ-А, отношение массы образца к массе сорбента 4:1. Активный уголь марки БАУ-А имеет широкий диапазон пор, сильно развитую общую пористость. Величина удельной поглощающей поверхности 700–800 м<sup>2</sup> на 1 г угля.

Адсорбция на активированном угле позволила снизить содержание серы в исходном дизельном топливе производства на 33,5 %, а окислительное обессеривание топлива с последующей адсорбцией снизило содержание серы на 54,3 %.

ГХ/МС анализ дизельного топлива позволил обнаружить замещенные тиофены.

Для выделения и анализа серосодержащих соединений была проведена экстракция дизельной фракции серной кислотой, затем – реэкстракция разбавленного сернокислотного экстракта диэтиловым эфиром. ГХ/МС анализ эфирного экстракта показал присутствие меркаптана (замещенного ароматического тиола), что показано на рисунке.

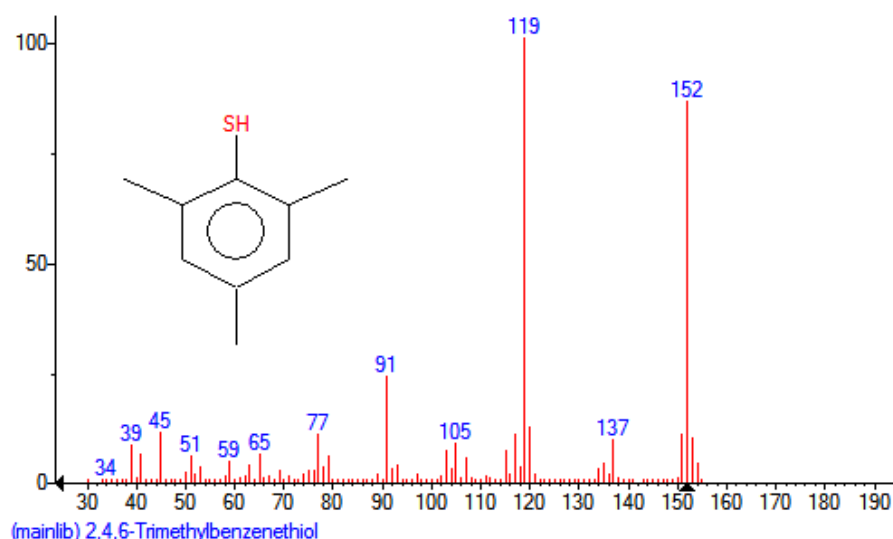


Рис. Хроматограмма экстракта дизельного топлива Ванкорского месторождения



Для улучшения результатов мы предполагаем в дальнейшем провести окисление сернистых соединений топлива в присутствии катализаторов окисления, в качестве которых можно использовать соли тяжелых металлов.

В литературе имеются обнадеживающие сообщения.

Так, соли железа Fe (III) нитрат и Fe (III) бромид использовались (новый метод окислительной десульфуризации жидкого углеводородного топлива на основе каталитического окисления с использованием молекулярного кислорода в сочетании с селективной адсорбцией) как катализаторы окисления на модели реактивного топлива (MJF) и на реальном реактивном топливе (JP-8) при окислении молекулярным кислородом, они эффективно превращали бензотиофены жидкого углеводородного топлива в сульфоны и/или сульфоксиды при комнатной температуре и атмосферном давлении. Топливо MJF является экспериментальной моделью (имитирование моноароматических соединений, как в коммерческом реактивном топливе), а JP-8 реальное реактивное топливо с  $S = 717$  ppm. Экспериментальная часть состояла в том, что соли железа смешивали, затем измельчали в тонкодисперсный порошок и обозначали Fe-Fe. Далее Fe-Fe смешивали в течение 5 мин. с активированным углем в соотношении 1/2 или 1/3 и обозначали: Fe-Fe/АСМВ – 1/2. Адсорбенты сушили в шкафу при 110 °С в течение 2 ч. Адсорбция сероорганических соединений после окисления топлива проводилась на активированном угле также при комнатной температуре и атмосферном давлении. Fe (III) соли являются эффективными в преобразовании бензотиофеновых соединений, существующих в жидком углеводородном топливе в сульфоны и/или сульфоксиды. Результаты показали, что молекулярный кислород участвует в окислении непосредственно. Так как активированный уголь имеет более высокую способность к адсорбции сульфонов и сульфоксидов, чем тиофеновых соединений, то можно утверждать, что двухступенчатая система Fe-Fe/АСМВ является более эффективной, даже при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Окисление проводили с катализатором в соотношении образец/катализатор 21:1 (вес) при температуре 25 °С в течение 2 ч. в присутствии O<sub>2</sub>. Адсорбцию проводили при соотношении образец/адсорбент 21:1 (вес) при температуре 25 °С в течение 3 ч.

Исследователям удалось понизить содержание серы в топливе-модели (MJF) на 99,5 % и в реактивном топливе (JP-8) на 82,4 %.

Значительные преимущества проектной работы заключаются в том, что данным методом удастся окислять соединения серы в топливе в присутствии молекулярного кислорода (или воздуха) при комнатной температуре и атмосферном давлении. Следовательно, этот метод более энергоэф-

фективен, экономически эффективен и экологически чист по сравнению с другими методами, известными нам в настоящее время. Таким образом, разработанный в лабораторных условиях метод позволит нам в дальнейшем спроектировать реактор для последующего внедрения в производство. Метод окислительного обессеривания – перспективный процесс для глубокой десульфурации жидкого углеводородного топлива.

### **Список литературы**

1. Томин В.П., Хомина Л.С., Старикова О.В., Апрелкова И.И. и др. Поведение дизельных топлив с ультранизким содержанием серы в условиях нативного и инициированного окисления. Ангарск: ОАО «Ангарская нефтехимическая компания».

2. Кривцов Е.Б., Головкин А.К.. Превращения сернистых соединений дизельной фракции в процессах окислительного обессеривания: материалы VII Международной конференции «Химия нефти и газа». Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2009. С. 592–595.

УДК 621.311.22

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

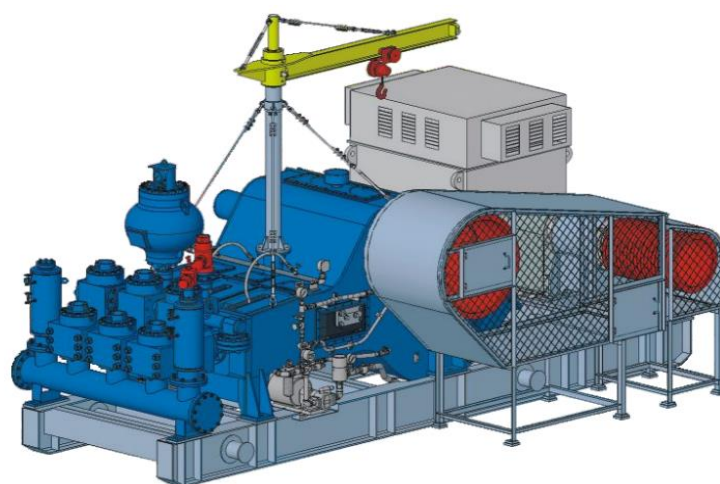
**К.А. Василец**

**Научный руководитель Д.О. Макушкин**

*Сибирский федеральный университет*

В технологических процессах строительства нефтяных и газовых скважин большую роль играют буровые насосы, обеспечивающие циркуляцию бурового раствора для очистки забоя от частиц разрушенной породы и их выноса на дневную поверхность. Буровые насосы – главные потребители энергии на буровой установке, в настоящее время их приводная мощность находится в среднем в пределах от 190 до 1600 кВт в зависимости от глубины и условий проходки скважин. Они эксплуатируются в очень тяжелых условиях, перекачивая вязкие растворы, приготовленные обычно на основе глинисто-водных смесей и утяжеленные добавками гематита или барита. Растворы могут содержать до 2 % абразивных частиц выбуренной породы и перекачиваются насосами при температуре 40–70 °С.

На нефтяных и газовых месторождениях России в настоящее время эксплуатируются главным образом буровые насосы триплексного типа, изготовленные заводами «Уралмаш – Буровое оборудование» (ОАО «УРБО») и Волгоградским заводом буровой техники (ОАО «ВЗБТ»), а также рядом зарубежных фирм, среди которых выделяется продукция фирм NOV (США), BENTEC (Германия) и EMSCO (Китай). Конструкции насосов указанных производителей, близких по параметрическим рядам, могут существенно различаться, что находит отражение на их показателях технического уровня. В качестве примеров на рис. 1 и 2 приведены близкие по характеристикам назначения буровые насосы производства ОАО «УРБО» и Bentec T-1600-AC, а в таблице сравниваются характеристики насосов триплексного типа мощностью 600 кВт [1,2,3].



*Рис. 1. Буровой насос НБТ-1000L производства ОАО «УРБО» мощностью 1000кВт*



*Рис. 2. Буровой насос Bentec T-1600-AC мощностью 1193 кВт*

**Таблица.** Сравнение характеристик насосов триплексного типа мощностью 600 кВт и насоса Bentec T-1600-AC [1, 2, 3]

Параметры	Типы, марка насосов, фирма-производитель				
	НБТ-600 (ВЗБТ)	УНБТ-600L (Уралмаш)	8-P-80 TRIPLEX (NOV, США)	F-800 Emsco (Китай)	Bentec T- 1600-AC*
Р, кВт	600	600	597	597	400-1193
Рполез., кВт	523	495	529,6	475	
Наибольшая по- дача, л/с	45	49,6	34,2	38,5	52,12
Предельное дав- ление, МПа	25	32	34,5	34,5	42
Число ходов в мин., тах	145	140	160	150	120
Длина хода поршня, мм	250	250	216	229	
Масса, кг	13 701	12 000	12 233	12 546	38 300
Удельная энерго- насыщенность, вт/кг	44	50	49	47	31

Примечание.\* Весовые характеристики насоса фирмы «Бентек» приведены суммарно с учетом массы силового привода, по другим насосам она не учтена, по имеющейся информации она близка к 7 т.

Проанализировав таблицу видно, что по удельной энергонасыщенности (Вт на 1 кг массы насосов) отечественные насосы не уступают зарубежным и даже превосходят их: результат по УНБТ-600L (Уралмаш), например, выше, чем у лучшего зарубежного аналога 8-P-80 TRIPLEX (NOV, США).

Изучая принципиальные схемы и чертежи различных насосов, можно констатировать следующее:

1. Разные показатели удельной энергонасыщенности у отечественных насосов определяются существенными различиями конструктивного исполнения как их гидравлической, так и приводной части. Например, в конструкции насосов ВЗБТ предпочтение отдано соосному расположению нагнетательного и всасывающего клапанов, а в конструкции насосов УРБО предпочли L-образное. В приводной части насосов ВЗБТ использована косозубая передача, а в насосах УРБО – шевронная. Есть и другие различия в конструктивных и технологических решениях, эффективность которых можно оценить комплексно на основе статистической обработки данных об экономичности в изготовлении изделий и их надежности в эксплуатации.

2. В зарубежных фирмах (NOV, BENTEC) развивается тенденция отказа от клиноременных и цепных передач от двигателя к трансмиссионной части насоса и переход на зубчатые (цилиндрические или планетарные) передачи, как это отражено на рис. 2. Такое решение повышает долговечность и безотказность насосов, делают их более компактными. В таком направлении работает сейчас автор данной статьи в своем дипломном проекте, эскизный проект представлен на презентации доклада.

3. В отечественной практике имеют место довольно успешные попытки применения для промывки скважин при бурении плунжерных триплекс-насосов завода «Синергия», предназначенных для цементировочных агрегатов. Эти насосы при равных значениях мощности, подачи и давления, в 4–5 раз легче трехпоршневых аналогов. Однако, на наш взгляд, технология изготовления высокоточных плунжерных пар представляется достаточно дорогой. А их ресурс в эксплуатации предположительно невелик в условиях циркуляции агрессивных сред.

4. В зарубежной практике в натурном варианте реализован инновационный проект по созданию вертикального шестипоршневого бурового насоса мощностью 1894кВт, позволяющего практически исключить пульсацию бурового раствора (National Oilwell Varco Hex II Pump). Подача такого насоса превышает 65л/с, развивается максимальное давление 51,7МПа. Длина хода 11,8" (300 мм).

**Заключение.** В отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт совершенствования существующих буровых насосов, разработки и создания принципиально новых их конструкций, что позволяет ожидать в недалеком будущем появления насосов более высокого технического уровня. К таким работам на уровне исследований и проектных разработок могли бы подключиться ряд кафедр СФУ.

### **Список литературы**

1. Каталоги ОАО «ВЗБТ» и ОАО «УРБО».
2. Макушкин Д.О., Кондрашов П.М. Машины и оборудование для бурения нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие. Красноярск Сиб. федер. ун-т, 2012. 277 с.
3. Интернет-ресурсы фирм NOV, BENTEC.

## ОСНАЩЕНИЕ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ТРАССОИСКАТЕЛЯМИ

**Д.В. Агровиченко, А.И. Шандр, В.Б. Козлов**  
**Научный руководитель С.И. Иванова**

*Сибирский федеральный университет*

**Цель работы:** оснащение экскаватора HitachiZX-240 трассоискателем Сталкер РТ-02.

Трассоискатель является необходимым инструментом при проведении работ, связанных с обслуживанием подземных коммуникаций, к которым и относятся трубопроводы. Правильная организация поиска не только сохранит время, но и уберезет от перекапывания многих кубометров грунта. Кроме того, безопасность является необходимым условием проведения любых работ на объектах, а поврежденный трубопровод является причиной серьезной опасности.

Установка трассоискателя на землеройную машину будет способствовать решению следующих задач:

- автоматизация процесса поиска трубопровода;
- точное определение местоположения и глубины залегания подземных коммуникаций;
- уменьшение времени на поиск и вскрытие трубопровода;
- снижение риска повреждения трубопровода при вскрытии.

В ОАО «АК «Транснефть» для вскрытия магистральных трубопроводов в трассовых условиях применяются экскаваторы HitachiZX-240, KomatsuRC-200 и KomatsuRC-300.

В данной научно-исследовательской работе рассматривается возможность оснащения экскаватора HitachiZX-240 трассоискателем «Сталкер РТ-02» с целью обнаружения магистрального трубопровода и его вскрытия с более низкой вероятностью повреждения.

Комплекс трассопоисковый «Сталкер 15-04» предназначен для определения конфигурации коммуникаций (кабельных линий, трубопроводов); определения глубины залегания коммуникаций.

Для реализации методов поиска предусмотрен поворот антенны с фиксацией в трех положениях: 0, 45 и 90° относительно оси. Во избежание поломки антенны запрещается поворачивать крестовину так, чтобы ее выступ выходил за пределы сектора, ограниченного выступами тройника.

На рис. 1 изображен поиск методом максимума.

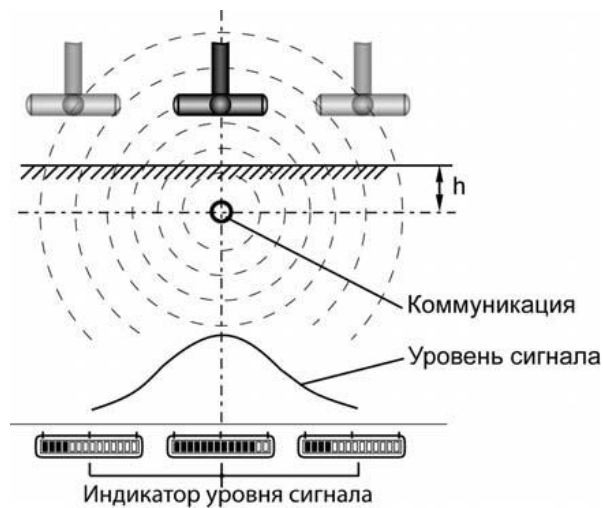


Рис. 1. Метод максимума

Метод максимума довольно прост и надежен, однако не обеспечивает необходимой точности, так как максимум сигнала находится на пологом участке графика. Более точно определить расположение коммуникаций можно методом минимума (рис. 2).

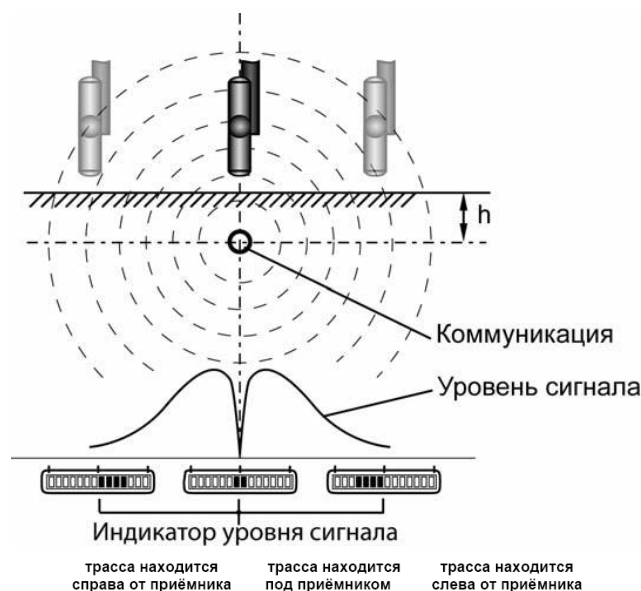


Рис. 2. Метод минимума

### Метод автоматического определения глубины залегания

Определяется ось коммуникации методом минимума.

Антенна переводится в положение для поиска методом максимума.

Нажмите кнопку «Н». В течение примерно 1,5 с. гасится индикация и происходит измерение. После этого значение глубины залегания от антенны до центра коммуникации (трубы) отобразится на индикаторе (рис. 3).

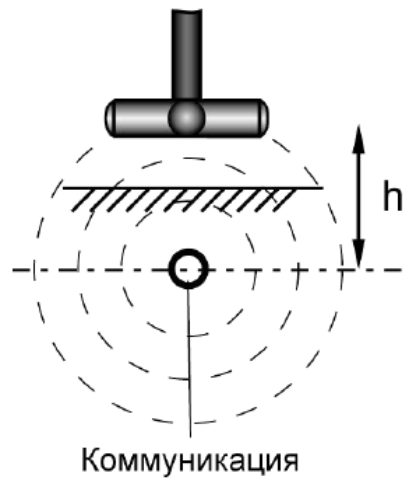


Рис. 3. Автоматическое определение глубины залегания

Если принимаемый сигнал слишком слабый (при уровне сигнала  $-60$  дБ от максимального значения автоматическое измерение глубины блокируется) или есть сомнения относительно достоверности результатов автоматического измерения глубины залегания, примените «метод  $45^\circ$ ». Суть данного метода представлена на рис. 4.

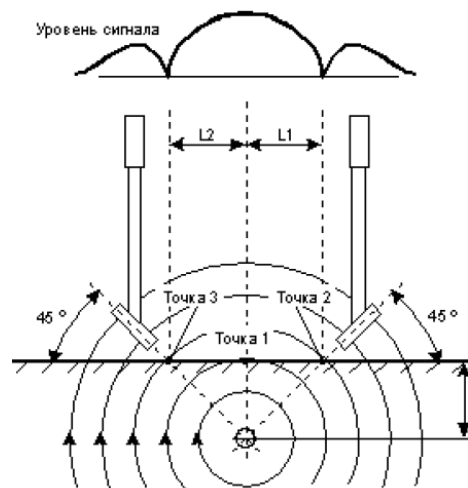


Рис. 4. Определение глубины залегания «методом  $45^\circ$ »

### Установка трассоискателя на экскаватор

Самым оптимальным местом для установки приемника трассоискателя является стрела экскаватора. Данное расположение поспособствует удалению приемника от гусениц на расстояние 5 м, что в свою очередь позволит избежать наезда экскаватора на трубопровод даже при поиске методом минимума.

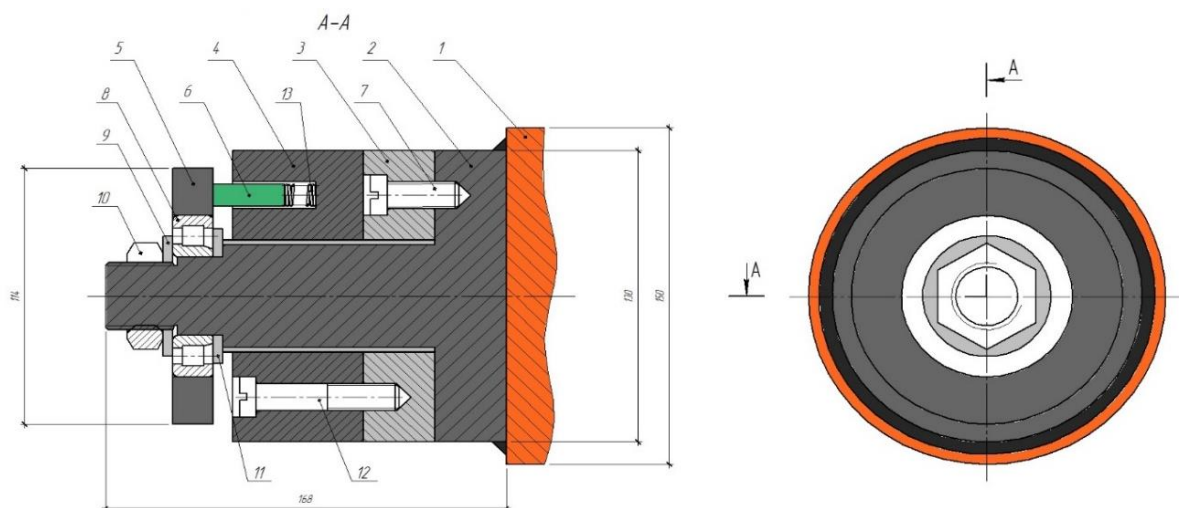


Для крепления приемной антенны к стреле экскаватора используются следующие детали и элементы: хомут КОPI Sormat – 2 шт.; стальная пластина – 1 шт.

Хомут трубный КОPI состоит из двух сборных частей, соединяемых двумя винтами. Основание хомута приваривается к стальной пластине с двух сторон, которая, в свою очередь, приваривается к стреле. Модуль магнитной антенны закрепляется с помощью хомутов.

Устройство вывода сигнала располагается в кабине для информирования экскаваторщика о положении и глубине залегания трубопровода.

С приемником данное устройство соединено посредством двух кабелей (4 пары, с тросом, одножильный, 100МГц, 8 м, NETLAN) и скользящего соединения, расположенного на шарнире, обеспечивающем перегиб стрелы (рис. 5).

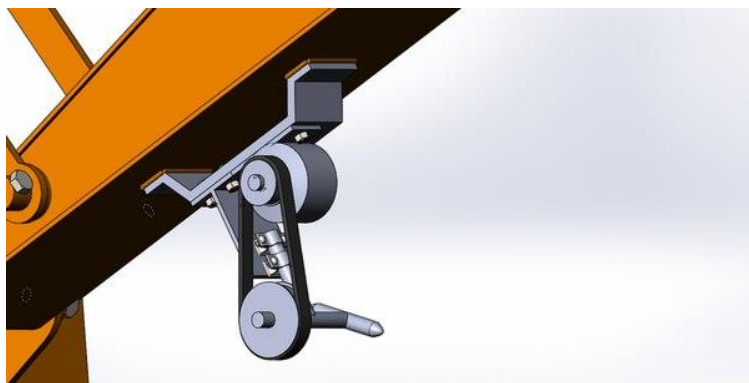


*Рис. 5. Устройство для скользящего соединения кабеля:*

- 1 – часть шарнира стрелы; 2 – стальной вал; 3, 9, 11 – диэлектрическое кольцо;  
4, 5 – стальное кольцо; 6 – щетка; 7, 12 – винт; 8 – роликовый подшипник;  
10 – гайка; 13 – пружина*

Для крепления кабелей к стреле экскаватора используется хомут КОPI Sormat 6 шт. Основание хомута приваривается к стреле с двух сторон. К крайним хомутам крепится трос.

Для обеспечения возможности поиска различными методами предусмотрен поворот антенны (рис. 6).



*Рис. 6. Устройство поворота антенны*

Поворот антенны осуществляется при помощи электродвигателя DC (серия: ЕС, производитель: Transtecno, мощность 0,5 кВт, диаметр 81 мм, 12 вольт постоянного тока) и ременной передачи (два алюминиевых шкива диаметрами 50 и 100 мм и ремень вентиляторный клиновой).

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Дальнейшие исследования будут направлены на поиск наиболее оптимального расположения приемника Сталкер РТ-02 на стреле экскаватора Hitachi ZX-240, учитывающего геометрические размеры землеройной машины и технические характеристики приемника.

### **Список литературы**

1. Комплексы трассопоисковые «Сталкер 75-02», «Сталкер 15-02», «Сталкер 75-04», «Сталкер 15-04»: руководство по эксплуатации. Паспорт РАПМ.464334.001ПС.
2. ГОСТ 2526-70. Гайки шестигранные низкие с уменьшенным размеров «под ключ». Класс точности А. Конструкция и размеры. Взамен ГОСТ 2526-62; дата введ. 01.01.72. М.: Государственный стандарт союза ССР, 1971. 3 с.
3. ГОСТ 8328-75. Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами. Типы и основные размеры. Взамен ГОСТ 8328-57; дата введ. 01.01.76. М.: Государственный стандарт союза ССР, 1975. 25 с.
4. ГОСТ 1491-80. Винты с цилиндрической головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. Взамен ГОСТ 1491-72; дата введ. 01.01.82. М.: Межгосударственный стандарт, 1981. 5 с.

## **ПРОИЗВОДСТВО МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ФАСТФУД**

**А.Ю. Карасева, В.И. Матвеева**  
**Научный руководитель Л.Г. Ермош**  
*Сибирский федеральный университет*

Популяризация здорового питания все активнее затрагивает такую форму организации питания, как фастфуд, которая стала неотъемлемой частью современного мира. Система фастфуд представляет собой разветвленную сеть небольших предприятий питания с узким ассортиментом предлагаемой продукции, позволяющей максимально быстро обслужить потребителей. В настоящее время во всех странах широко развивается здоровый (полезный) фастфуд. Это выражается в широком использовании свежавыжатых соков, овощей, фруктов; нежирной говядины, мяса курицы, индейки для изделий типа гамбургеров; минимального количества масла при жарке картофеля фри; использовании натуральных продуктов; исключении подсластителей и консервантов. Для повышения пищевой ценности реализуемой продукции широко применяется высокотехнологичное оборудование, используется обогащенная продукция (хлеб, булочки для гамбургеров с различными наполнителями, чипсы из свеклы, рисовые лепешки с наполнителями и др.).

Функциональной особенностью организации данного сегмента является максимальное использование полуфабрикатов, изготовленных централизованным способом, что значительно упрощает производственно-технологический процесс обслуживания потребителей. Производство полуфабрикатов и готовых изделий централизованным способом предполагает увеличение продолжительности периода производственной цепочки: производство – транспортировка (доставка) – тепловая обработка – потребитель. Это, в свою очередь, определяет повышенные требования к безопасности продукции. Технология «Cook&Chill» позволяет быстро охладить или замораживать кулинарную продукцию, снижая отрицательное воздействие высокого температурного интервала, наиболее благоприятного для роста микроорганизмов, тем самым увеличивая безопасный период хранения и использования полуфабрикатов и готовых изделий.

Мясные рубленые изделия составляют основу ассортимента продукции предприятий общественного питания, что связано с их большой популярностью у потребителей и высокой технологичностью производства.

Анализ структуры продукции, предлагаемой фастфудом, показывает стабильное потребление мясных и рыбных рубленых изделий в составе гамбургеров, фишбургеров и других комбинациях.

Использование мясных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности, несомненно, будет способствовать «оздоровлению» рациона питающихся. Наиболее эффективным способом обогащения изделий из мяса является разработка и производство новых видов рубленых изделий, в состав которых входят различные добавки. В рамках научной работы в статье представлены результаты применения технологии «Cook&Chill» для мясных рубленых полуфабрикатов с мукой топинамбура. Топинамбур (*Helianthus tuberosus L.*), благодаря исключительному биохимическому составу клубней, является ценным сырьем для пищевой промышленности. Наличие высокого содержания инулина, полноценного белка, пектиновых веществ, клетчатки, широкого спектра минеральных веществ позволяет широко использовать его в качестве обогащающей добавки различных видов продуктов питания. Одним из видов переработки клубней топинамбура является порошок или мука. На основании ранее проведенных исследований в работе использовали модельные образцы биточков мясных рубленых с 15 %-м содержанием муки топинамбура от общей массы фарша.

Цель работы: обосновать возможность применения мясных рубленых полуфабрикатов в системе «фастфуд». Задачи: исследовать возможность пролонгирования сроков хранения полуфабрикатов, определить показатели качества и безопасность на протяжении всего срока хранения.

Результаты исследования: срок хранения мясных рубленых полуфабрикатов составляет 24 ч. [2]. С учетом коэффициента запаса были выбраны следующие точки хранения: 24, 48, 72 ч. [1]. В данных точках определяли выход изделий, органолептические показатели, сохранность сухих веществ, влагосвязывающую способность.

Исследуя изменение показателей рубленых полуфабрикатов интенсивного охлаждения в процессе хранения, параллельно учитывали принцип аггравированных (повышенных) температур, который позволяет учесть возможные перерывы или нарушения в холодовой цепи на пути доставки продукции к потребителю и связанную с ними возможную активизацию микроорганизмов. Кроме выявления микробиологической нестабильности скоропортящихся продуктов, данный принцип используется для регистрации начала окислительной порчи жирового компонента. Контрольные испытания проводили при аггравированной температуре  $9 \pm 1$  °С, т. е. превышающей предусмотренную нормативной документацией на 50 % [2].

На рис. 1–4 представлены: изменение массы, рН, влагосвязывающей способности и сухих веществ мясных полуфабрикатов в процессе хранения.

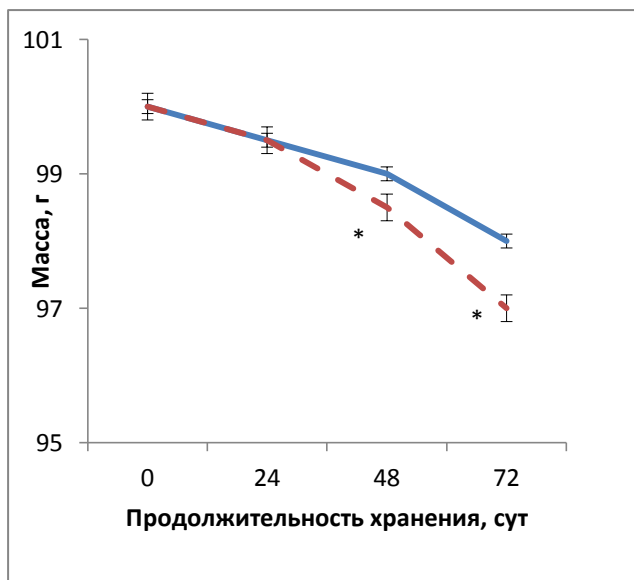


Рис. 1. Изменение массы мясных рубленых полуфабрикатов интенсивного охлаждения в процессе хранения ( $M \pm t$ ,  $n = 6$ )

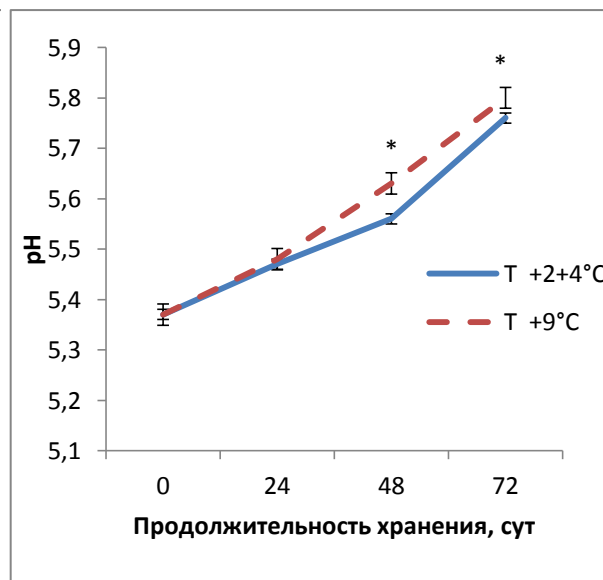


Рис. 2. Изменение pH мясных рубленых полуфабрикатов интенсивного охлаждения в процессе хранения ( $M \pm t$ ,  $n = 6$ )

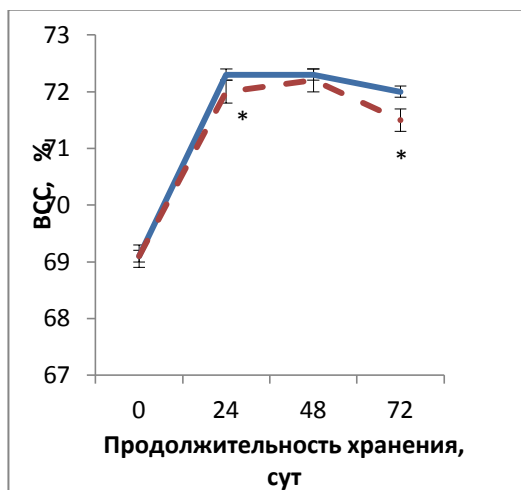


Рис. 3. Изменение влагосвязывающей способности мясных рубленых полуфабрикатов интенсивного охлаждения в процессе хранения ( $M \pm t$ ,  $n = 6$ )

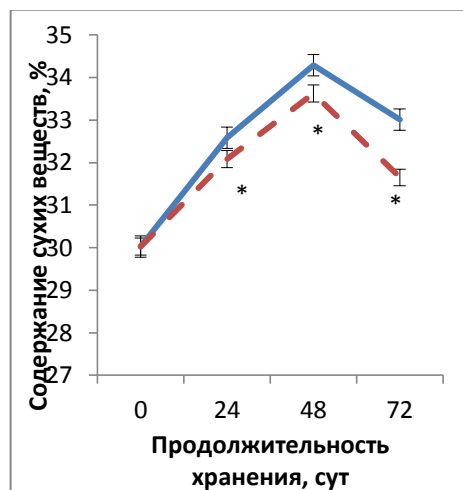


Рис. 4. Изменение сухих веществ мясных рубленых полуфабрикатов интенсивного охлаждения в процессе хранения ( $M \pm t$ ,  $n = 6$ )

Примечание: ( $M \pm t$ ,  $n = 6$ ) – различными буквами обозначены внутригрупповые различия, множественное сравнение средних, LSD-тест,  $p < 0,05$ ; Манн-Уитни тест,  $p < 0,05$

В процессе хранения мясных полуфабрикатов интенсивного охлаждения наблюдались следующие изменения:

– масса полуфабрикатов в течение 48 ч. остается неизменной, после 72 ч. хранения наблюдается незначительное снижение массы – на 2 % при температуре хранения +2...+4 °С, на 3 % – при агgravированной температуре;

– рН всех образцов в процессе хранения повышается, что приводит к повышению ВСС. Рост значения ВСС более активно продолжается в первые 24 часа, при этом наблюдается максимальное его значение – 72,3 % (+2...+4 °С) и 72 % (+9 °С). В течение 72 ч. хранения ВСС остается неизменной при T= +2...+4 °С; и незначительно снижается при T= +9 °С (на 3,5 %);

– содержание сухих веществ в процессе 48 часов хранения повышается на 14,2 % (+2...+4 °С) и на 13,3 % (+9 °С). После 72 ч. наблюдается незначительное снижение содержания сухих веществ во всех образцах.

Таким образом, нарушение холодной цепочки в течение 48 ч. хранения не снижает такие показатели, как масса, ВСС и содержание сухих веществ полуфабрикатов, подвергнутых предварительному интенсивному охлаждению. По-видимому, под действием интенсивного охлаждения вода в полуфабрикатах прочно связывается и удерживается как белковыми веществами, так и сложными полисахаридами. Пониженная температура хранения способствует продолжительности данного процесса, в результате чего в течение 48 ч. масса полуфабрикатов, ВСС и содержание СВ остаются неизменными. После 72 ч. происходит незначительное снижение всех показателей.

Органолептический анализ качества мясных рубленых полуфабрикатов в контрольных точках показал: на протяжении 48 ч. все органолептические показатели полуфабрикатов не изменялись как при +2...+4 °С, так и аггравированной температуре. После 72 ч. хранения у образцов, хранившихся при аггравированной температуре, наблюдались незначительные изменения: потемнение цвета, невыраженный запах, слегка рыхловатая консистенция.

Несмотря на положительные результаты исследований, основным и наиболее объективным показателем качества мясных рубленых полуфабрикатов длительного хранения является их микробиологическая безопасность.

В качестве экспресс-метода микробиологической оценки полуфабрикатов использовали прибор определения активности воды. Данные активности воды ( $A_w$ ) мясных полуфабрикатов представлены в таблице.

**Таблица.** Изменение активности воды мясных рубленых полуфабрикатов в процессе хранения

Температура хранения, град	Значения активности воды			
	Свежеприготовленные	24	48	72
+2...+4	0,905±0,001	0,908±0,0007	0,921±0,0008	0,932±0,001
+9	0,905±0,001	0,912±0,0007	0,931±0,0006	0,944±0,001

Известно, что большинство бактерий не развивается при активности воды ниже 0,95, исключение составляет *Staphylococcus aureus* и *Micrococcus*, имеющие минимальную  $A_w = 0,86$ ; плесеней и дрожжей – 0,88–0,6.

При хранении полуфабрикатов при температуре +2...+4°C наблюдалось повышение значений  $A_w$ , однако они не превышали допустимый порог  $A_w$  (0,95): после 72 ч. в модельных образцах максимальное значение  $A_w$  составило  $0,932 \pm 0,001$ . При аггравированной температуре (+9 °C) максимальное значение  $A_w$  составило  $0,944 \pm 0,001$ .

Полученные результаты подтвердило определение содержания КМАФАиМ: после 72 ч. его значение в образцах (+2...+4 °C) было значительно ниже допустимого предела ( $5 \cdot 10^6$  КОЕ/г) и составило  $6,5 \cdot 10^3$  КОЕ/г. Содержание КМАФАиМ в образцах (+9 °C) составляет  $12,3 \cdot 10^3$  КОЕ/г, что так же находится в пределах, допустимых СанПином.

Таким образом, проведенные исследования позволяют говорить о возможности продления сроков хранения охлажденных мясных рубленых полуфабрикатов с мукой топинамбура до 48 ч. (с учетом коэффициента запаса 1,5).

### **Список литературы**

1. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов: метод. указ. МУК 4.2.1847-04. М.: Минздрав России. 2004. 16с.

2. СанПиН 2.3.2. 1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов. Санитарные правила и нормы. утв. постановлением гл. гос. сан. врача РФ от 14 ноября 2001 г. № 36. М.: Минздрав России, 2001. 28 с.

УДК 66.02+537.63

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЭКРАН, ИЗГОТОВЛЕННЫЙ РАСТВОРНЫМИ МЕТОДАМИ**

**С.А. Подорожняк, М.А. Адрианова**  
**Научный руководитель Т.Н. Патрушева**

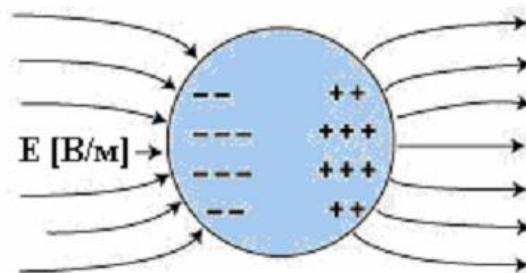
*Сибирский федеральный университет*

Современные исследования в ряде областей науки (физика, геология, палеонтология, биомагнетизм) и техники (космические исследования, атомная энергетика, материаловедение) часто связаны с измерениями слабых магнитных полей  $\sim 10^{-14}$ – $10^{-9}$  Тл в широком частотном диапазоне. Внешние магнитные поля (например, поле Земли порядка  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл с шумом  $5 \cdot 10^{-12}$  Тл, магнитные шумы от электрических сетей и городского транспорта) со-

здают сильные помехи для работы высокочувствительной магнитометрической аппаратуры. Уменьшение влияния магнитных полей в сильной степени определяет возможности проведения магнитных измерений [1].

Теория экранирования основана на двух фундаментальных принципах: на отражении и поглощении электромагнитных волн при переходе их из одной материальной среды в другую. Оба эти эффекта снижают энергию электромагнитного поля, прошедшую за экран. Чаще всего в качестве материала экрана используется проводник. Идеальный случай, когда проводимость экрана бесконечно высока (импеданс равен нулю). Тогда электрическая компонента напряженности отраженной волны будет равна и противоположна соответствующей компоненте падающей волны. При таких идеальных условиях и экранирование от электрического поля будет идеальным, потому что оба электрических поля – падающее и отраженное взаимно компенсируют друг друга. Однако у материала с высокой проводимостью, но малой магнитной проницаемостью потери на отражение велики.

Можно и несколько иначе сформулировать физический смысл экранирования от электромагнитных помех. В основе экранирования на низких частотах лежат два физических принципа: поляризация и намагничивание материала экрана. На низких частотах экранирование электрических полей основано на эффекте Фарадея (рис. 1).



*Рис. 1. В металлическом экране индуцируемые заряды создают поле, компенсирующее внешнее поле*

Поляризация зарядов в металлической стенке экрана создает поле, компенсирующее внешнее низкочастотное электрическое поле. Поскольку подвижность электронов в металле очень высока, то толщина стенок экрана может быть малой.

В случае действия магнитных полей эффект поляризации не работает, поскольку в природе нет магнитных зарядов. Однако ослабления низкочастотного магнитного поля можно добиться, если в качестве материала экрана взять металл с высокой магнитной проницаемостью ( $\mu \gg 1$ ) и с достаточной толщиной, чтобы силовые линии магнитного поля прошли в ос-



новном в стенках экрана, где реактивное сопротивление для магнитного поля минимально. В экране из металла с высокой проводимостью высокочастотное магнитное поле вызывает вихревые токи, которые в свою очередь создают магнитное поле, направленное навстречу внешнему и компенсирующему его. Толщина экрана в этом случае может быть достаточно тонкой по сравнению с толщиной экрана для низкочастотных магнитных полей, и магнитная проницаемость материала экрана не обязательно должна быть высокой. Здесь важна в первую очередь высокая проводимость металла экрана.

Наиболее подходящим материалом, удовлетворяющим этим свойствам, является структура Fe-Ni. Ферромагнитный экран представляет собой лист, цилиндр, сферу (или оболочку какой-либо иной формы) из материала с высокой магнитной проницаемостью  $\mu$ , низкой остаточной индукцией  $B_r$  и малой коэрцитивной силой  $H_c$ .

Использование материалов с высокой магнитной проницаемостью  $\mu = 10^3 - 10^4$  таких как пермаллой (36–85 % Ni, остальное Fe и легирующие добавки) или мю-металл (72–76 % Ni, 5 % Cu, 2 % Cr, 1 % Mn, остальное Fe) существенно улучшает качество экранов (у железа  $\mu = 200$ ). Кажущийся очевидный способ улучшения экранирования за счёт утолщения стенки не оптимален. Эффективнее работают многослойные экраны с промежутками между слоями. Именно многослойные экраны (внешние слои из магнитных материалов, насыщающихся при высоких значениях  $B$ , внутренние – из пермаллоя или мю-металла) составляют основу конструкций магнитозащищённых комнат для биомагнитных, палеомагнитных и других исследований.

Экраны из материала с высокой электропроводностью (Cu, Al и др.) служат для защиты от переменных магнитных полей. Магнитные экраны из Cu и Al менее эффективны, чем ферромагнитные, особенно в случае низкочастотного электромагнитного поля, но простота изготовления и невысокая стоимость часто делают их более предпочтительными в применении.

Весьма актуально изготовление гибких магнитных экранов на пластмассе. Металлизация пластмасс имеет свои особенности. Для нанесения металлических пленок на пластмассы не могут быть применены методы, связанные с нагревом [2]. Поэтому нами был применен метод химической металлизации. При этом возникают значительные трудности при химическом нанесении слоев железа. В связи с этим процессы нанесения химического никеля чередовали с процессами электрохимического железнения.

На ПММА и ПВХ были изготовлены образцы покрытий Ni-Fe двухслойного и различных многослойных типов. Слои Ni были нанесены методом химической металлизации на подготовленные пластмассовые подлож-

ки. Подготовка подложек заключалась в создании шероховатости для улучшения адгезии плёнок, а также активации и сенсibilизации перед первым нанесением слоя никеля.

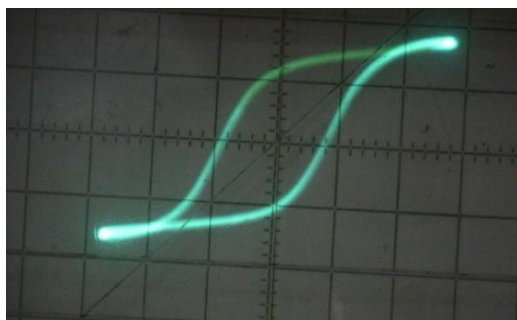
Были отработаны технологические режимы химической металлизации с применением раствора соли  $\text{NiCl}_2$ , гипофосфита натрия и сегнетовой соли в качестве буферизирующей добавки с применением сенсibilизации раствором хлорида олова и активации раствором хлорида палладия.

Установлено, что предварительная подготовка подложки должна включать создание микрошероховатости подложки для удержания растворов. Первый этап процесса химической металлизации – сенсibilизация – заключается в нанесении тонкого слоя  $\text{SnCl}_2$  на диэлектрическую подложку. Технологическая операция выравнивания слоя сенсibilизатора заключалась в погружении подложки в горячую воду с температурой 80–90 °С. Второй этап – активация диэлектрика – производился погружением подложки со слоем сенсibilизатора в раствор  $\text{PdCl}_2$ . Определена оптимальная концентрация раствора (0,5 г/л) для формирования тонкого слоя катализатора, который формируется при восстановлении палладия при окислительно-восстановительной реакции с гидрохлоридом олова. Процесс формирования тонкой пленки  $\text{Ni}$  осуществляли в рабочем растворе  $\text{NiCl}_2$ , гипофосфита натрия и сегнетовой соли в качестве буферизирующей добавки и аммиака для повышения значения pH до 8–10. Использование перемешивания и нагревание раствора привели к получению тонкой равномерной пленки никеля на поверхности пластика.

Попытки осуществить процесс химического железнения не привел к желаемым результатам, поэтому нанесение пленки  $\text{Fe}$  осуществляли методом электрохимической металлизации. Отработаны технологические режимы электрохимической металлизации никелированного образца в растворе соли  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  при подаче тока около 20 мА/см<sup>2</sup>. Нанесение пленки сопровождалось активным перемешиванием для более равномерного осаждения покрытий.

Данная технология позволяет получать структуры с необходимым количеством слоев  $\text{Fe-Ni}$ , а также регулировать толщину пленок. Нами получены многослойные структуры, которые приближаются по свойствам к свойствам пермаллоя.

Проведено исследование магнитных и магнитооптических свойств полученных образцов, в частности, намагниченность насыщения и константа ПМА измерены методом вращающихся магнитных моментов, а значения коэрцитивной силы получены из МО-петель гистерезиса (рис. 2). На основании приведенных данных установлено, что полученные пленки обладают коэрцитивной силой 14–20 Э, которая практически не зависит от толщины слоёв, а также магнитной проницаемостью  $\mu$  более 30.



*Рис. 2. Магнитная петля гистерезиса пленки Ni-Fe на ПММА*

Таким образом, низкотемпературными растворными методами получен гибкий магнитный экран, включающий слои железа и никеля. Гибкий экран может быть использован для защиты чувствительных электронных средств, что чрезвычайно востребовано в современной технике.

### **Список литературы**

1. Штамбергер Г.А. Устройства для создания слабых постоянных магнитных полей. Новосибирск, 1972.
2. Шалкаукас М., Вашкялис А. Химическая металлизация пластмасс. Л.: Химия, 1985.

УДК 625.084

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВИБРОПЛИТЫ ВУ-05-45**

**А.С. Калапищак**

**Научный руководитель А.П. Прокопьев**

*Сибирский федеральный университет*

С 10 февраля 2013 г. на базе лаборатории кафедры инженерных систем зданий и сооружений проходили испытания виброплиты ВУ-05-45 при уплотнении песчано-щебеночной смеси.

Целью данной работы является исследование динамики рабочего процесса, получения исходной информации для разработки системы автоматического управления процессом уплотнения.

Виброплита ВУ-05-45 предназначена для уплотнения различных видов сыпучих и связных дорожных покрытий, таких как песок, гравий, песчано-гравийная смесь, асфальтобетон при проведении дорожно-

строительных, ремонтных и прочих работ, связанных с уплотнением поверхности на ограниченном пространстве.

Виброплита представляет собой конструкцию из плиты, являющейся его рабочей частью, в центре которой установлен электромеханический вибратор общего назначения с круговыми колебаниями ИВ-99Б, который представляет собой трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором с установленными на концах вала ротора дебалансами. Дебалансы, вращаясь с валом ротора, создают вынуждающую силу. К плите через специальные виброизоляторы прикреплена рама с рукояткой управления. На рукоятке установлен выключатель электропитания вибратора. Уплотнение происходит за счет вертикальной составляющей вынуждающей силы, возникающей в вибраторе. Поступательное движение виброуплотнителя происходит за счет горизонтальной составляющей вынуждающей силы.

Для регулирования величины вынуждающей силы вибратора дебалансы на обоих концах вала выполнены двойными. Регулирование осуществляется путем изменения угла между подвижным и неподвижным дебалансами на обоих концах вала.

Для экспериментального исследования использовалась песчано-щебеночная смесь, которая по основным характеристикам подходит под ПЩС фр. 0–10 состоящая из 60–70 % щебня и 30–40 % песка, характеризуется наибольшей крупностью зерен гравия, ГОСТ 25607-94, марка прочности 1400.

**Определение ускорения вибрационной плиты.** Используется акселерометр USB 3 оси, USB-интерфейс,  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$ , питание автономное или от USB, энергонезависимая память 256 Кбайт (<http://accelerometer.narod.ru/accusb.html>).

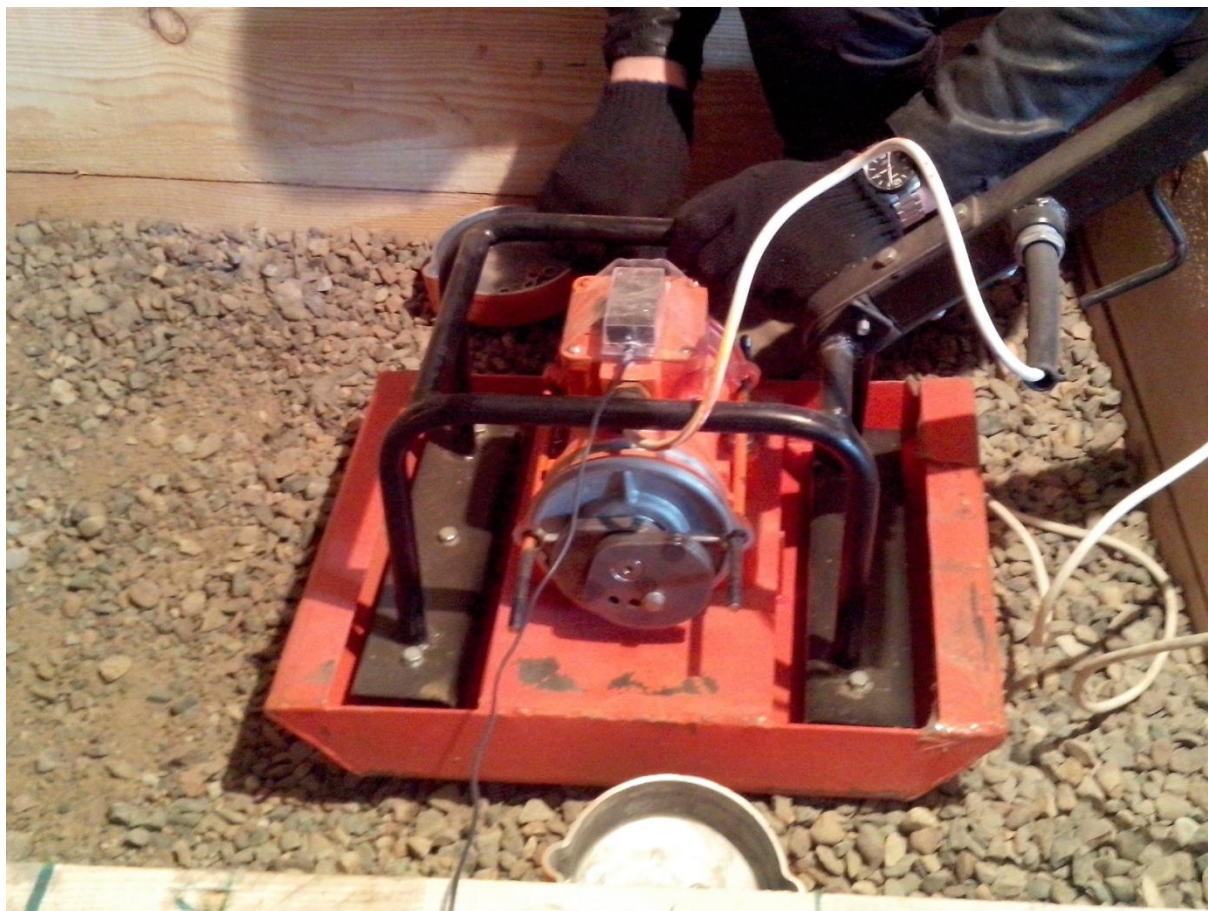
Акселерометр USB выполнен на базе микросхемы цифрового MEMS-акселерометра Analog Devices и может работать как при наличии микросхемы энергонезависимой памяти на плате, так и без нее. Широкому распространению и применению акселерометров во многом способствовало открытие так называемой MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) или МЭМС-технологии. МЭМС – это технологии и устройства, объединяющие в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты. Пьезоэлектрические акселерометры являются одним из видов МЭМС-технологии. Выполняются на основе пьезоэлектрической полимерной пленки.

**Определение плотности основания.** Плотномер ДПА – плотномер-пенетrometer динамического действия предназначен для оперативной оценки качества уплотнения асфальтобетона в слоях дорожной одежды, покрытиях дорог и прочих инженерных конструкциях. Плотномер дина-

мический ДПА используется для оперативного контроля песчаных и мелкозернистых асфальтобетонов в процессе укладки и уплотнения материала

Для экспериментального исследования в лаборатории построен грунтовый канал с размерами: длина – 3 м; ширина – 1 м; высота – 0,4 м.

Грунтовый канал заполнен песчано-щебеночной смесью, равномерно распределенной толщиной слоя 0,2 м по всему объему.



*Рис. 1. Общий вид вибрационной плиты с установленным акселерометром*

### **Ход эксперимента**

Виброуплотнитель помещался в бункер со смесью, устанавливался датчик ускорения. Отмечались точки начала и конца движения виброуплотнителя. Устанавливалось одно из шести положений дебалансов вибратора, обеспечивающих различную по величине вынуждающую силу. Задавалась скорость движения (время прохождения опытного участка) при уплотнении.

Затем виброустановка включалась и циклично перемещалась по исследуемому участку песчано-щебеночной смеси, периодически проверяя

плотность смеси плотномером. После получения максимального уплотнения смесь тщательно перемешивалась, на виброустановке менялись настройки дебалансов и цикл вновь повторялся.

Все опытные данные испытания заносились в компьютер, после чего анализировались программными средствами.

УДК 625.72.001.63

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ  
ВОДИТЕЛЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ  
НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ  
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРАХ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ)**

**А.С. Жукович, В.В. Базенюк**  
**Научный руководитель В.В. Серватинский**

*Сибирский федеральный университет*

Каждой исторической эпохе была присуща своя идеология, свое понимание искусства, архитектуры и строительства. Дороги – общекультурное наследие человечества. Для России, занимающей огромную территорию, дороги имели и имеют важное значение. До образования России как единого государства на ее территории существовало два типа дорог: местные и большие торговые пути, которые были далеки от современного представления о дороге [1]. Как правило, для значительных перемещений по территории России использовалось холодное время года после ледостава на реках и озерах, по которым в основном и осуществлялась взаимосвязь территорий. Интенсивное освоение Сибири, вызванное наличием полезных ископаемых в недрах и заготовкой пушнины, привели к строительству Сибирского тракта. Сибирский тракт, протянувшийся на многие тысячи километров от столицы России до Дальнего Востока, прошёл через Красноярск в XVIII в. Благодаря этому во много раз ускорилась доставка товаров из европейской России на Восток, активизировалась торговля. Обслуживание тракта способствовало формированию ремесленных и торгово-транспортных функций городов. Вместе с развитием торговли и ремесла возникала необходимость усовершенствования и строительства автомобильных дорог, что привело к огромному развитию транспортной сети в Красноярском крае.

Общая протяженность автомобильных дорог на территории Красноярского края по состоянию на 1 января 2011 г. составила 38625,01 км. Из них 1153 км – федеральные автодороги М-53 «Байкал» и М-54 «Енисей»; 12174 км – автомобильные дороги общего пользования регионального и межмуниципального значения; 2861,0 км – автомобильные дороги общего пользования местного значения муниципальных районов. Совершенствование сети федеральных автомобильных дорог связано с повышением их технической категории движения и с современными требованиями к комфорту движения.

При возрастающем (растущем) приросте численности легковых автомобилей на территории края наиболее острой проблемой автомобилизации является аварийность на дорогах. Обеспечение эффективных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения и снижению тяжести ДТП – это сложная социально-экономическая и техническая задача. Решается она путем совершенствования правил дорожного движения, строительства новых дорог, реконструкции существующих, путем повышения транспортно-эксплуатационного уровня уже в сложившейся сети дорог. В работах В.Ф. Бобкова приведены принципы расположения дорожных знаков на фоне ландшафта. Автор подчеркивает, что «автомобильные дороги совершенно не нуждаются в украшательстве, все дорожные сооружения должны обслуживать движение и способствовать основной задаче водителя – управлению автомобилем и ориентированию его в дорожных условиях» [2]. В данный момент на современных дорогах это не соблюдается. Так как транспортно-эксплуатационный уровень современной автомобильной дороги определяется не только сочетанием геометрических элементов дороги, количеством полос движения, но и состоянием проезжей части, обочин, инженерным оборудованием и информативностью пространства дороги. Информация в дорожном движении является той основой, без которой невозможно осуществление транспортного процесса. Информационность дорожного движения рассматривается как взаимосвязь элементов дороги и дорожного пространства, которые составляют единую систему. Назовем ее «информационное поле водителя».

Трудовая деятельность водителя в процессе движения предусматривает переработку значительного по объему потока информации, часто в очень короткий срок для восприятия складывающейся дорожной ситуации. Психофизиологический механизм системы переработки информации водителем достаточно сложен. Эффективность переработки поступающей информации и деятельности в целом в определяющей степени зависит от энергообеспечения информационных процессов: уровня активации, регулирующей возбудимость нейронов мозга и устанавливающей тем самым требуемую предрасположенность к выполнению той или иной функции. Качество

выполнения легких задач с увеличением уровня активации системы энергообеспечения информационных процессов монотонно возрастает, а для сложных задач обычно имеется некоторый оптимальный уровень.

Важным элементом системы энергообеспечения являются механизмы, работа которых проявляется в форме эмоциональных состояний водителя, тесно связанных с организацией его целенаправленного поведения и прагматической значимостью информации. С точки зрения безопасности движения наиболее значимыми для водителя являются дорожные условия, характеризующиеся информационной нагрузкой вне оптимального интервала, при котором наблюдается максимально высокое качество его деятельности.

При низком уровне информационной загрузки, например при движении в монотонных дорожных условиях или при низкой интенсивности транспортного потока, работа водителя может сопровождаться повышенным риском, поскольку информация теряется ввиду снижения активации его функционального состояния.

При превышении же границ оптимальной информационной загрузки в сложных дорожных условиях потребность в дополнительном психофизическом усилии может вызвать резкий спад эффективности выполняемых водителем действий. Например, пропускная способность канала для получаемой водителем визуальной информации может быть оценена в  $5-10^7$  бит/с, а обработка больших объемов информации, требующая от водителя осознанных решений по поддержанию безопасности движения, уменьшает быстроедействие системы до 50 бит/с. В этом случае возможен пропуск весьма значимой информации, не только на сознательном, но и на бессознательном (непроизвольном, автоматизированном) уровне, под влиянием доминирующих мотивов поведения водителя и в соответствии с индивидуальными особенностями переработки информации. Важно подчеркнуть, что в этих условиях значительную роль с позиции безопасности движения играет способность водителя прогнозировать развитие дорожно-транспортной обстановки и корректировать модель своего поведения в пользу минимизации риска ДТП.

Время, затрачиваемое водителем на оценку дорожно-транспортной ситуации, различно и зависит от объема, скорости поступления информации и прагматической значимости объектов дорожной обстановки с точки зрения обеспечения безопасности движения. В условиях непродолжительного нахождения объектов в поле зрения водителя (при ограниченной видимости, высокой интенсивности движения, частых изменениях параметров элементов трассы дороги и т. п.) водитель вынужден работать в ускоренном режиме приема и переработки информации.

В инженерной психологии и психологии труда понятие «дефицит времени» рассматривается, как правило, с двух точек зрения: во-первых,



как ограниченное (лимитированное) время на выполнение той или иной деятельности, а во-вторых, как острый его недостаток, близкий к пределу функциональных возможностей человека при выполнении определенных действий. Острый дефицит времени характерен главным образом для аварийных ситуаций, а лимит времени – для многих видов трудовой деятельности, связанных с приемом и переработкой больших объемов информации в жестком временном режиме. В реальных условиях водителю приходится сталкиваться с потоком сигналов, несущих информацию о состоянии дорожных условий и требующих ответной реакции. В сложных дорожных условиях возникает «очередь на обслуживание потока сигналом» [3], значимых с точки зрения безопасности движения, следствием чего являются такие ситуации в работе водителя, как дефицит времени и переполнение оперативной памяти.

Весной 2011 г. студентами СФУ было проведено анкетирование водителей в «Красноярском пассажирском автотранспортном предприятии № 5». Составленные анкеты были проанализированы и разделены на подсистемы: «Дорога – Водитель», «Среда – Водитель», «Автомобиль – Водитель». Для каждой подсистемы были введены графики, которые позволили выяснить, какие факторы или условия в большей степени влияют на водителей. Проанализировав все графики, четко прослеживаются характерные изменения формы графика. Это указывает на соответствующие точки перегиба, характеризующие изменения информационного поля водителя. Таким образом, данный анализ позволил нам определить наличие характерных точек перелома кривых. По этим характерным точкам была введена шкала (балльная система) оценки информационного поля водителя. Данная балльная система оценки была подразделена на несколько координатных отрезков, и каждый участок охарактеризован как этап насыщения информационного поля водителя.

На основе результатов был выведен коэффициент, который позволит оценивать количественно прямое воздействие элементов автомобильной дороги как информационных объектов для водителя, так и возможное их сочетание на вновь проектируемом или обследуемом участке. Числовое значение коэффициента представляет собой значение воздействия каждого информационного объекта (сочетание объектов) на информационное поле водителя. Для корректного оценивания числовых значений коэффициентов была предложена шкала, которая была необходима для подсчета данного коэффициента. Каждому из условий присвоено значение, которое будет соответствовать степени влияния данного условия на водителя.

Если оказывает высокое влияние – 1; среднее влияние – 0,5; низкое влияние – 0,2. Анализируя графики, было выявлено наличие факторов, оказывающих влияние на загруженность информационного поля водителя,

и сопоставлено со степенью их воздействия. В дальнейшем их суммировали и получали значение коэффициента. Подразделив все факторы по степеням влияния, был выведен коэффициент обозначенный « $\Theta$ » (тетта). Затем введен предел его значений:  $\Theta = 0,2 - 4,2$  – показатель загруженности информационного поля водителя.

Далее было определено, в каком участке числовой оси (предлагаемой шкалы) он находится. Исходя из всего сказанного, были сделаны выводы, что, если значение данного коэффициента будет располагаться перед 0,2, то на данном участке необходимо провести мероприятия по увеличению насыщения информационного поля водителя. Если значение данного коэффициента будет располагаться за 4,2, то на данном участке необходимо провести мероприятия по уменьшению насыщения информационного поля водителя, т. к. в этом случае наблюдается переизбыток информации. Из этого следует, что самым оптимальным значением граничных условий коэффициента являются пределы от 0,2 до 4,2 (рисунок).



Рис.

Определение этого коэффициента – только начало исследований, необходимо еще подтвердить эти данные математической статистикой и количественной оценкой. Также еще предстоит вывести множество новых коэффициентов и параметров в данной области, чего явно не хватает в отечественных исследованиях о влиянии дорожных факторов на аварийность с учетом современной специфики условий движения и поведения водителей.

К приоритетным объектам таких исследований следует отнести интенсивность движения транспортных потоков и уровень загрузки дорог, параметры поперечного профиля дорог, плана и продольного профиля трассы, расстояние видимости, плотность пересечений и примыканий дорог в одном уровне, параметры участников дорог застроенной территории, а также специальные качества и ровность дорожных покрытий. Получение достоверных зависимостей влияния на ДТП указанной группы факторов с использованием современных баз данных по ДТП и параметров дорожной сети, методов математической статистики следует рассматривать в качестве основы дальнейшего совершенствования норм проектирования и эксплуатации дорог, с учетом специфики условий безопасности движения на автомобильных дорогах.

### Список литературы

1. Дороги России XXI века. 2002. № 4. 98 с.
2. Запольский Ю.И. Архитектура – автомобиль – дорога. М.: Транспорт, 1996.
3. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии. М.: Академический проект. Екатеринбург: «Деловая книга», 2002.

УДК 624.15

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**А.В. Басараб**

**Научный руководитель О.М. Преснов**

*Сибирский федеральный университет*

В фундаментостроении существует масса традиционных способов усиления фундаментов, которые заключаются в увеличении площади опирания существующих фундаментов, снижении давления от зданий и сооружений на грунт и уменьшении осадок. К этим методам относятся устройство расширяющих обойм, подводка монолитных железобетонных плит различных конструкций под всей или частью площади здания. Несмотря на широкое применение этих методов, им характерны такие недостатки, как невозможность их применения в стесненных условиях, качественное включение в работу предварительно обжатого грунта под уширяющими элементами, большой объем земляных работ при откопке усиливаемых фундаментов и сезонные ограничения.

Одним из главных факторов, определяющих развитие крупных городов, является **необходимость уплотнения застройки**. Вследствие этого возникает потребность в создании новых методов возведения фундаментов строящихся зданий и сооружений в условиях сложившейся застройки и сохранении фундаментов уже существующих зданий.

Фундаменты, как правило, рассчитываются на нагрузку от собственного веса вышележащих строительных конструкций и оборудования. Строительство новых зданий и сооружений в стесненных условиях может вызвать дополнительное нежелательное воздействие на фундаменты существующих зданий. Превышение допустимой нагрузки может привести к осадке фундаментов. В этом случае необходимо осуществлять мероприя-

тия по повышению несущей способности фундаментов и укреплению грунтов, на которые они опираются.

Буроинъекционные сваи применяют при строительстве новых зданий и сооружений в сложившейся застройке, а также для усиления фундаментов существующих зданий. Их использование дает возможность производить работы без разработки котлованов, нарушения структуры грунта в основании и обнажения фундаментов.

Суть метода усиления фундаментов буроинъекционными сваями заключается в устройстве под зданием подпорок – жестких корней в грунте, которые переносят большую часть нагрузки от фундамента на более плотные слои грунта.

Буроинъекционные сваи делятся на вертикальные и наклонные. Скважины для свай бурят с помощью установок вращательного бурения, которые позволяют устраивать скважины через расположенные выше стены и фундаменты. Диаметр свай обычно составляет 100–250 мм. Для обеспечения устойчивости стенок скважин при бурении используют обсадные трубы, воду, глинистую суспензию и сжатый воздух. После завершения бурения разработанный грунт удаляют из скважины сжатым воздухом или промывкой. Скважину заполняют глинистым раствором до проектной глубины, опуская секциями арматурный каркас.

Длина секций обычно не превышает 3 м и ограничивается высотой помещения, в котором производятся работы. Секции арматурного каркаса соединяют между собой сваркой. После установки каркаса, или параллельно с его установкой, в скважину опускают инъекционную трубу диаметром 25–50 мм, через которую нагнетают цементно-песчаный раствор, обжимающий стенки скважины.

Буроинъекционные сваи обладают высоким сопротивлением трению вдоль боковой поверхности из-за частичной цементации грунта, находящегося в контакте со свай. Благодаря возможности прохождения сквозь существующие конструкции, буроинъекционные сваи оказываются связанными с сооружением, поэтому не требуется их дополнительное соединение с существующими фундаментами.

К недостаткам данного метода усиления фундаментов относятся низкая антикоррозионная стойкость, сложность оценки качества выполнения ствола свай, ненадежность закрепления головы сваи в случае ветхого фундамента, который в последующем работает как ростверк.

Одним из современных методов укрепления грунтов под фундаментами строящихся зданий является струйная цементация грунтов. К этому методу относятся технологии «Стена в грунте» и «Jetgrouting», обеспечивающие возможность устройства фундаментов новых зданий и сооружений в существующей застройке.

Технология «Стена в грунте» ориентирована на возведение высотных зданий и строительство заглубленных сооружений в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений. Данная технология дает возможность совмещать работы по устройству фундаментов и подвалов, что позволяет исключить переброски больших масс грунта.

В отечественной практике применяют два типа стен, возводимых способом «Стена в грунте»: свайные – образуемые из сплошного ряда буронабивных свай, и траншейные – образуемые сплошной стеной из монолитного или сборного железобетона.

При устройстве неглубоких котлованов используют одиночные, непересекающиеся буронабивные сваи. Сплошной ряд буронабивных свай применяют, когда необходимо дополнительно обеспечить водонепроницаемость стен котлована. При значительных глубинах котлованов для повышения устойчивости бортов возможно устройство ограждения из двух или трех рядов буронабивных свай. В наиболее ответственных случаях применяют комбинированный вариант, когда основную нагрузку воспринимают буронабивные армированные сваи, а грунтобетонные сваи являются ограждением, обеспечивающим водонепроницаемость стен котлована.

Технология возведения «Стены в грунте» траншейным способом заключается в том, что стены сооружения возводят в узких и глубоких (до 60 м) траншеях, заполняемых при выемке грунта бентонитовым раствором, который создает избыточное гидростатическое давление на вертикальные стенки траншеи, вследствие чего они остаются ровными. Затем траншею заполняют заглинизированным грунтом, грунтобетоном, монолитным бетоном или железобетоном.

Использование технологии «Стена в грунте» вместо традиционных методов выполнения работ способствует снижению сметной стоимости строительства. Данный метод позволяет отказаться от дорогостоящих работ по водоотводу, водопонижению, замораживанию и цементированию грунтов. Дает возможность экономить дефицитные материалы, металлический шпунт, снижает энергоемкость строительства, а в отдельных случаях является единственно возможным способом возведения подземного сооружения.

Технология «Jet grouting» представляет собой использование кинетической энергии струи цементного раствора, направленной на разрушение и перемешивание грунта в массиве без создания в нем избыточного давления. На первом этапе специально оборудованной установкой бурится пробная скважина диаметром 73–90 мм. Бурение осуществляется до проектной глубины с предварительной промывкой водным раствором под давлением не более 50 атм. Орошение подается на режущий инструмент. Затем насосом высокого давления подается водоцементный раствор под

давлением 450–500 атм. Этим высоким давлением перекрывается канал орошения и 2 отверстия, в которых установлены сопла диаметром 0,8–3,0 мм. Медленно вращая (10–25 об./мин) и поднимая буровую колонну, происходит разрезание и перемешивание грунта высокой кинетической энергии струи, которая извергается из сопел.

Технология «Jet grouting» подразделяется на три типа в зависимости от использования бурового инструмента.

Однокомпонентная технология Jet-1 для разрушения и перемешивания грунта использует одну струю. При данной технологии достигается максимально возможная прочность грунтобетона. В ней применяются 2 компонента: вода и цемент.

Диаметр грунтоцементной сваи (ГЦС) – 0,6–0,8 м.

В двухкомпонентной технологии Jet-2 для разрушения и перемешивания грунта необходим буровой инструмент, имеющий два независимых канала для подачи по одному из них водоцементного раствора, аналогично как в Jet-1, а по второму – воздушной струи под давлением 0,6–1,2 МПа. В результате происходит сложение двух кинетических энергий: водоцементного раствора и воздушной струи. Воздушная струя создает в грунте дополнительную кавитацию, которая способствует лучшему перемешиванию раствора и разрушенного грунта. Данная технология позволяет существенно увеличить диаметр сооружаемой грунтоцементной сваи при меньшей прочности грунтобетона по сравнению с Jet-1. Технология используется для закрепления больших массивов грунта. Диаметр грунтоцементной сваи – 0,8–1,8 м.

При трехкомпонентной технологии Jet-3 необходимо иметь буровой инструмент с тремя независимыми каналами. В грунт подается, помимо вышеуказанных струй (как в Jet-2), дополнительная третья струя, состоящая из воды под давлением 200–300 атм. Также происходит сложение всех трех кинетических энергий. Мощность свай может достигать от 1,2–2,5 м в диаметре.

Преимуществами данной технологии являются:

- возможность работы в стесненных городских условиях. На участке возведения фундаментов располагается только буровая установка, а весь узел приготовления цементного раствора находится в любом месте, удобном для подъезда цементовоза;
- исключение необходимости предварительной разработки котлованов, строительного водопонижения, предварительного усиления фундаментов соседних зданий и переноса инженерных коммуникаций;
- возможность работы в слабых и водонасыщенных грунтах, в грунтах с крупными твердыми включениями;
- производство работ в зимнее время (до – 20 °С).

Таким образом, мы видим, что современные методы возведения фундаментов в стесненных обстоятельствах обладают значительными преимуществами по сравнению традиционными и могут лежать в основе новых технологий строительства и укрепления фундаментов. Применение этих методов позволяет проводить работы в стесненных городских условиях, исключает вероятность появления существенных осадок фундамента, уменьшает затраты и сроки возведения на устройство фундаментов. Данные технологии отвечают требованиям современных нормативных документов.

УДК 628

## **УДАЛЕНИЕ ФОСФАТОВ ИЗ СЛИВНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ОСАДКОВ**

**Е.М. Чудинова**

**Научные руководители А.Ф. Колова, Т.Я. Пазенко**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время довольно широко распространена технология возврата избыточного активного ила перед первичными отстойниками для ускорения скорости осаждения взвеси. В условиях оптимального соотношения между количеством сырого осадка и избыточного ила, при соблюдении графика отгрузки, осадок хорошо уплотняется, улучшаются его водоотдающие свойства, а также процесс отстаивания. Однако практика эксплуатации большинства сооружений показала, что избыточный ил отправляется не в количестве 20–25 % от объема, а больше. В результате ферментативная активность ила приводит к гниению осадка, газообразованию, всплыванию осадка и выносу взвеси. Организмы ила, находясь в первичном отстойнике, изымают из сточных вод легкоокисляемую органику, ограничивают питание ила в аэротенках, что приводит к развитию нитчатых, так как они наиболее устойчивы к голоданию, и вспуханию ила. Кроме того, смешивание осадка и ила вызывает активное вытеснение фосфатов из тела клеток бактерий, иногда в огромных количествах (до 250–280 мг/л по фосфору).

В технологии очистки городских сточных вод на правобережных очистных сооружениях г. Красноярска предусмотрен возврат всего (100 %) избыточного активного ила в преаэратор для интенсификации про-

цессов первичного отстаивания. Далее в смеси исходной сточной водой избыточный активный ил попадает в первичные отстойники и оседает вместе с сырым осадком. В настоящее время на правобережных очистных сооружениях в стадии пуска находится цех механического обезвоживания смеси ила и осадка на центрифугах (декантерах). В соответствии с проектом фугат из декантеров поступает самотеком в резервуар, откуда насосами по напорному трубопроводу отводится в существующую систему хозяйственно-бытовой канализации площадки, а затем – в голову сооружений. Можно предположить, что обезвоживание осадков будет сопровождаться большим выносом фосфатов с фугатом (сливной водой), что приведет к росту концентрации фосфатов в сточной воде, поступающей на очистку. Если в исходной воде содержание фосфора превышает необходимое для метаболизма микроорганизмов количество, то в очищенной воде будут наблюдаться его остаточные концентрации. Выпуск сточных вод с содержанием растворенного фосфора в концентрациях, превышающих ПДК, в водоем недопустим, так как фосфор является лимитирующим фактором их эвтрофикации. Фосфор не образует летучих соединений и не совершает полного кругооборота, попадая в водоем, соединения фосфора остаются в гидросфере в растворенном состоянии или, адсорбируясь на взвешенных минеральных частицах, осаждаются на дно водоема и служат резервом фосфора для микроорганизмов и водной растительности. Известно, что при повышении концентрации ортофосфатов до  $2 \text{ мг/дм}^3$ , масса водорослей возрастает вдвое, причем наблюдается преобладание сине-зеленных водорослей, которые в процессе своего метаболизма выделяют токсичные для гидробиоты и человека вещества: алкалоиды и низкомолекулярные пептиды. Эвтрофицированные водоемы отличаются низкой прозрачностью воды, высоким содержанием органических веществ, малым содержанием растворенного кислорода, образованием локальных анаэробных зон.

Для удаления фосфора могут быть использованы как биологические, так и физико-химические методы. Глубокое удаление фосфора может быть реализовано модифицированным биологическим методом с использованием анаэробных и аэробных процессов. Суть метода заключается в культивировании сообщества микроорганизмов *Acinetobacter*, которые способны аккумулировать фосфора больше, чем остальные бактерии. Они получили название фосфат-аккумулирующих организмов (ФАО).

Для создания оптимальных условий для жизнедеятельности ФАО их следует обеспечить соответствующим субстратом – летучими жирными кислотами (ЛЖК). Как показывает практика водоочистки, этот метод оказывается малоэффективным в случае низких значений органических веществ (как растворенных, так и содержащихся во взвешенном состоянии различной степени дисперсности) в исходных сточных водах.



Физико-химические методы дефосфотации основаны на выделении фосфора из воды в виде нерастворимых соединений. По способу получения гидроксокомплексов металлов физико-химические методы можно разделить на электрокоагуляционный, гальванокоагуляционный и реагентный. В качестве коагулирующих агентов используют соли железа, алюминия и известь.

В лаборатории кафедры ИСЗиС были проведены экспериментальные исследования по выяснению возможности применения реагентного метода для удаления фосфатов из сливной воды. Эксперимент проводили по следующей методике: при откачке осадка из первичных отстойников отбирали 10 л смеси осадка и ила, отстаивали в течение 6–8 часов, сливали воду, отделившуюся от осадка, определяли в ней содержание фосфатов и подвергали реагентной обработке. В качестве реагентов использовали хлорное железо ( $\text{FeCl}_3$ ), сульфат железа ( $\text{FeSO}_4$ ), сульфат алюминия ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) и оксихлорид алюминия (ОХА) с соотношением  $\text{Al/Cl}$  1,74. Диапазон доз был выбран в соответствии с рекомендациями СП 32.13330.2012 п. 9.2.5.7. Реагенты вводили в виде растворов, содержащих 1 мг железа или алюминия в 1 мл воды. После реагентной обработки воду отстаивали в течение 2 ч. и определяли в ней содержание фосфатов. Исходное содержание фосфатов в сливной воде во всех опытах составило 27,1 мг  $\text{PO}_4^{-3}/\text{л}$  (или 9,0 мг P/л).

Результаты эксперимента приведены в таблица.

**Таблица.** Влияние типа и дозы реагента на эффективность удаления фосфатов

Реагент	Доза реагента, мг металла/л	Содержание фосфатов мг $\text{PO}_4^{-3}/\text{л}$	Эффективность удаления фосфатов, %
$\text{FeCl}_3$	10	13,5	50,2
	24	5,0	81,5
	30	2,5	90,8
$\text{FeSO}_4$	10	20,0	26,2
	24	17,5	35,4
	30	17,0	37,3
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	5	13,5	50,2
	12	следы	100
	20	следы	100
ОХА	5	20,0	26,2
	12	20,0	26,2
	20	15,0	44,6

Как видно из таблицы, наиболее эффективно применение сульфата алюминия дозой 12 мг Al/л. Это соответствует рекомендуемому сводом правил 32.13330.2012 соотношению: 1,3 кг алюминия на 1 кг осажденного фосфора.

## ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОГО ФОНДА

О.С. Ястребова, Д.С. Прокопьева, А.Ф. Харисова

Научный руководитель Д.А. Михеев

*Сибирский федеральный университет*

Не секрет, что преобладающая часть жилых зданий в г. Красноярске – это объекты, возведенные до ввода новых, повышающих требования по тепловой защите зданий, нормативов. В связи с этим вопрос по реконструкции, необходимой как со стороны требований закона № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», так и со стороны собственной заинтересованности жильцов экономить средства за пользование коммунальными услугами, становится весьма актуальным. Однозначно, решать проблему путем сноса «старых» домов и возведением на освободившихся территориях современных зданий является одним из возможных направлений. Но ввиду необходимости привлечения огромных капиталовложений: на снос, проектирование, строительство, а также решение острых социальных вопросов, возникающих при переселении жителей, данное мероприятие в работе не рассматривалось.

В табл. 1 представлено, какие мероприятия по сокращению теплопотерь являются наиболее распространенными у населения.

**Таблица 1**

№ п/п	Мероприятие	До проведения мероприятия	После выполнения мероприятия
1	Замена окон		
2	Замена радиаторов		
3	Утепление стен		

Итак, по частоте реализации мероприятия располагаются в следующем порядке:

1) замена старых деревянных окон на обладающие повышенной герметичностью поливинилхлоридные (ПВХ) окна. Данное мероприятие обеспечивает снижение теплотерь за счет сокращения инфильтрации воздуха;

2) замена чугунных радиаторов на алюминиевые или биметаллические отопительные приборы. Мероприятие в большей мере имеет функцию восстановления режима теплоотдачи отопительных приборов за счет замены забитых грязью, окалиной радиаторов;

3) утепление стен (преимущественно с внутренней стороны). За счет реализации данного мероприятия обеспечивается повышение сопротивления теплопередаче стен.

В табл. 2 указана средняя стоимость реализации вышеуказанных мероприятий (с учетом монтажных работ). В качестве примера рассмотрено типовое угловое помещение площадью 18 м<sup>2</sup> (3 × 6 м) с оконным проемом: 1,5 × 1,5 м.

**Таблица 2**

№ п/п	Мероприятие	Стоимость реализации, руб.	Примечание
1	Замена окон	11 110–13 800	Информация от фирм Проем, БФК и BNW
2	Замена радиаторов	5 800–7 500	Радиаторы алюминиевые и биметаллические
3	Утепление стен	7 250–15 750	Утеплители ISOVER Каркас П-37 и THERMIT SP L/1 толщиной 50 мм (стоимость указана без проектных и монтажных работ)

Как видно из табл. 2, наименее затратным является мероприятие по замене отопительных приборов, затем – замена окон, и в последнюю очередь – утепление стен.

Итак, все перечисленные мероприятия имеют общую цель: снижение теплотерь, – но физика процессов у всех разная. Остановимся более детально на каждом из них.

Первое мероприятие направлено на снижение инфильтрации через притворы окон, но именно за счет «продуваемости» окон обеспечивается работа естественной вентиляции в жилых квартирах. Как следствие – чрезмерная герметичность не редко является причиной повышения влажности в квартире.

Второе мероприятие направлено на обеспечение оптимальных температурных показателей в процессе проживания людей. Система отопления должна обеспечивать компенсацию тепловых потерь определенных как через ограждающие конструкции (трансмиссионные потери), так и за счет работы систем вентиляции (инфильтрационные потери). Но нередко бывает, что замена отопительных приборов не приводит к желаемому результату, и причиной тому является износ систем отопления: материально устаревшие элеваторные узлы, забитость стояков и трубопроводов и т. п.

Третье мероприятие, являющееся наиболее материально- и трудозатратным, направлено на повышение теплозащитных показателей ограждающих конструкций в квартире (здании). Именно за счет повышения теплозащитных свойств ограждений в будущем достигается снижение нагрузки на систему отопления и, как следствие, минимизация потребления энергетических ресурсов в процессе «жизненного цикла» объекта.

Если первые два мероприятия являются легко реализуемыми и зачастую от собственника квартиры (квартиросъемщика) не требуют особых знаний и навыков, то третье, кажущееся на первый взгляд пустяковым делом, при самовольном применении в дальнейшем может привести к непредсказуемым последствиям как для самого жильца, так и для его соседей.

Рассмотрим основные способы утепления стен, наиболее часто встречающиеся в практике тепловизионных обследований квартир (рис. 1).

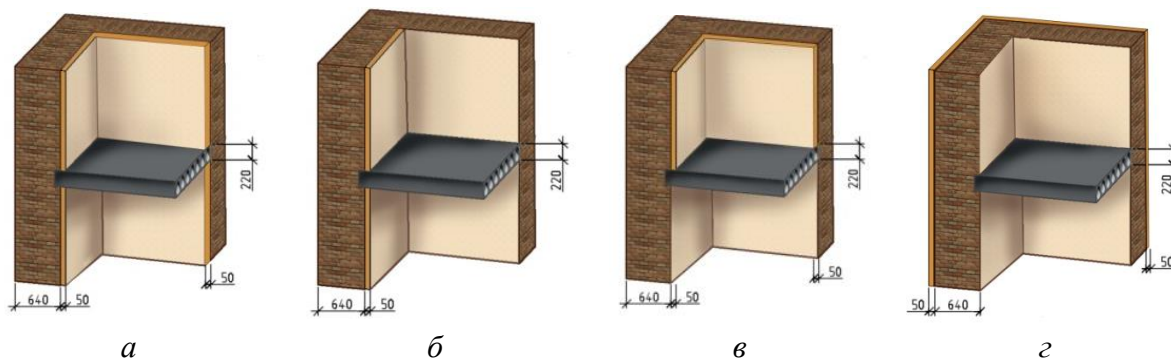
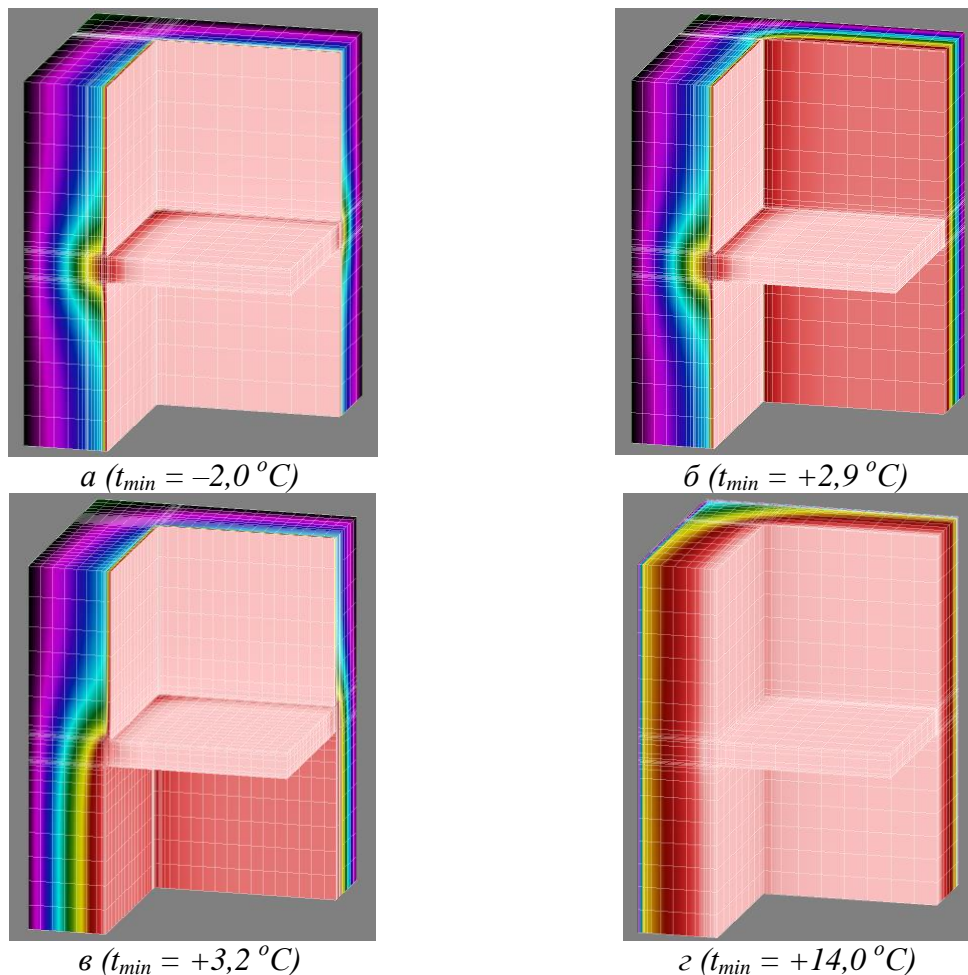


Рис. 1. Способы утепления стен: а – утепление стен на всех этажах изнутри; б – утепление стен по одной из сторон на всех этажах изнутри; в – утепление стен на одном из этажей изнутри; г – утепление всех стен по наружной поверхности

Несмотря на кажущуюся простоту решений по утеплению стен изнутри помещений в процессе эксплуатации таких ограждений, при достижении расчетно-температурных показателей (температура внутреннего воздуха  $t_{\text{int}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ ; влажность –  $\varphi_{\text{int}} = 55 \text{ \%}$  и выше) будет происходить выпадение конденсата, т. е. появляется вероятность образования плесени в местах примыкания утеплителя к смежным конструкциям, что видно из расположения изотерм на рис. 2, а, б, в.



*Рис. 2. Распределение изотерм по стеновым ограждениям: а – утепление стен изнутри; б – утепление стен по одной из сторон на всех этажах (изнутри); в – утепление стен на одном из этажей (изнутри); г – наружное утепление стен*

При этом негативные последствия от такого вида утепления отразятся не только в помещении, где произведено утепление, но также проявятся в смежных квартирах вследствие смещения изотерм с отрицательными значениями температуры к внутренней поверхности стены. Внутреннее утепление наружных стен угловых комнат по всему стояку (рис. 2, а) является крайне нежелательным решением, нежели частичное утепление стен (рис. 2, б и рис. 2, в) с точки зрения обеспечения санитарно-гигиенических требований, тогда как приведенное сопротивление теплопередаче данного варианта утепления возрастает на 61 % (с 1,86 до 2,99 м<sup>2</sup>·°C/Вт).

Конечно, невозможно не отметить решение по утеплению со стороны улицы (рис. 2, г). При одинаковой толщине теплоизоляции, принятой в предыдущих трех вариантах, данное решение имеет минимальную температуру в 14 °C, что отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, а сопротивление теплопередаче равняется 3,27 м<sup>2</sup>·°C/Вт, что на

9,5 % эффективнее, чем аналогичное утепление, выполненное изнутри. Следовательно, утепление стеновых ограждений снаружи является самым эффективным вариантом, несмотря на трудозатраты, связанные с монтажом теплоизоляции.

Что же делать жильцам, где уже произведено внутреннее утепление? В начале статьи упоминалось про 3 мероприятия, призванных сократить теплопотери. Рассматривать их отдельно друг от друга нельзя. Это своего рода один организм, и, внося изменения в один из показателей, соответственно нужно корректировать и другие. В нашем случае при устройстве внутреннего утепления максимальная корректировка возможна путем снижения влажности до оптимальных значений за счет «правильной» работоспособности вентиляции.

Под «правильной» работоспособностью вентиляции подразумевается обеспечение нормируемой кратности воздухообмена, которая позволит поддерживать влажность воздуха в пределах оптимальных значений (30–45 % согласно ГОСТ 30494-96) или ниже. Понижение влажности, например, до 30 % сдвинет значение температуры точки росы до 2,8 °С, что позволит воплотить в жизнь решения, представленные на рис. 2, б и рис. 2, в. А понижение влажности до 20 %, что наиболее часто наблюдается при натурных обследованиях жилых квартир, приведет к сдвигу точки росы до –2,5 °С (рис. 2, а).

Другими словами, при устройстве внутреннего утепления на плечи проживающих ложится обязательство по поддержанию любыми способами оптимальных параметров микроклимата квартиры. В помещениях с влажным режимом эксплуатации, таких как ванная, туалет и кухня, внутреннее утепление устраивать недопустимо, так как обеспечить постоянство оптимальных температурно-влажностных показателей является крайне затруднительным мероприятием.

## О МОДЕЛИРОВАНИИ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛАТФОРМЫ С СЕЙСМОЗАЩИТНЫМ СКОЛЬЗЯЩИМ СЛОЕМ

К.А. Луговская, И.Р. Худобердин, В.Н. Овчинников  
Научные руководители Н.П. Абовский, В.И. Палагушкин

*Сибирский федеральный университет*

1. Представление физической картины сейсмического воздействия позволяет сделать некоторые выводы о том, что первыми от глубинного очага распространяются продольные и поперечные волны. Их скорости отличаются в 1,5 раза. Первыми проходят продольные волны, вызывающие вертикальный толчок сооружения. Поперечные волны вызывают горизонтальные толчковые смещения и горизонтальные колебания системы. «Именно горизонтальный толчок является основной причиной разрушения большинства зданий и сооружений (Уздин), вызывая срез колонн и стен (Смирнов). После прихода **глубинных** волн к сооружениям будут последовательно проходить **поверхностные волны** Рэлея и Лява. «Эти волны носят вторичный характер и могут обрушить фрагменты сооружения, которые уже получили катастрофические повреждения, вызванные глубинными волнами» (Уздин).

Авторы пришли к следующим выводам:

- Колебания зданий вызывают глубинные поперечные волны, создавая горизонтальный толчок, а затем также поверхностные поперечные волны.
- Глубинные волны, по-видимому, сильнее ощущаются (регистрируются приборами) в области, близкой к очагу землетрясения. В удаленных областях сильнее ощущаются поверхностные волны.
- На акселерограммах не фиксируется горизонтальный толчок как начальная фаза воздействия, хотя именно он является основной причиной разрушения, т. е. расчет здания по акселерограмме (и также по спектральному методу) на колебания не учитывает начальной фазы процесса – толчка – и потому не в полной мере отвечает физической картине сеймики.
- Представляется, что при проскальзывании решающим является вопрос о скорости распространения деформации в материале (или контакте сцепления между ними) и импульсе воздействия (ударе, т. е. силе и временем воздействия).
- При **мгновенном** мощном воздействии волна деформации не успевает распространиться и захватить большую область материка и по-

этому имеет место локальное (местное) разрушение (типа хрупкого локального разрушения).

- Эффективной мерой сейсмозащиты здания от глубинных и поверхностных воздействий является снижение тангенциальных связей между фундаментом и основанием, изолирующих передачу энергии горизонтального толчка (например, с помощью скользящего слоя).

Трение трактуем как некоторое сцепление контактирующих поверхностей, прижатых друг к другу. Величина силы сцепления зависит от скорости распространения волны деформирования. Коэффициент трения скольжения примерно в 10 раз меньше, чем при трении покоя. Силы сцепления «не успевают» (как бы заторможены) достичь максимума (соответствующего покоя). Эффект проскальзывания возникает при большом импульсе воздействия.

Обоснование целесообразности данной работы заключается в том, что устройство скользящего слоя, т. е. снижение тангенциальных связей между основанием и фундаментом, является весьма эффективным средством сейсмоизоляции. Эти данные получены на основе компьютерного моделирования, которые должны быть подтверждены лабораторными испытаниями.

2. Обсуждаются условия создания динамического воздействия, при котором происходит проскальзывание. Авторы предлагают схему: здание на платформе со скользящим слоем.

Требуется решить следующие задачи

2.1. Определение динамической силы, передаваемой платформой, в зависимости от частоты колебаний и ускорения, а также массы платформы. Для установления характеристики платформы необходимо:

- определить ускорение и массу платформы, вычислив динамическое воздействие, создаваемое платформой  $F = ma$ ;
- определить приближенно созданное платформой динамическое усилие, учитывая сложность этих измерений использовать как механические приборы, так и измерители ускорения (акселерометры).

2.2. Определение силы трения здания на скользящем слое в зависимости от выбора эффективной конструкции скользящего слоя, т. е. стремиться максимально уменьшить коэффициент трения, а здание сделать по возможности более легким.

Теоретически зная силу трения и параметры платформы в зависимости от подаваемой силы тока на электромоторы, можно заранее предвидеть искомый момент проскальзывания. Целесообразно сопоставить эти расчеты.

2.3. Поиск эффективных конструкций скользящего слоя. В момент проскальзывания здание, очевидно, совершает некоторый подскок или рывок, который будет тем мягче, чем эффективнее скользящий слой (т. е. чем



ниже коэффициент трения). При имеющихся материалах (пленка, стекло, фторопласт и др.) необходимо оценить гладкость скольжения и устранить причины шероховатости или прилипания путем смазки или просыпки тальком (мелкодисперсным инертным материалом), либо искать другие способы.

3. Цели и задачи лабораторного моделирования:

1) определение коэффициента трения в состоянии покоя и скольжения различных материалов;

2) поиск материалов, имеющих низкий коэффициент трения;

3) определение условий, при которых происходит проскальзывание. Проверка выведенной формулы и условий проскальзывания экспериментальным путем;

4) замерить ускорений платформы, при котором происходит проскальзывание модели за счет скользящего слоя;

5) определить коэффициент трения при выдергивании основания под грузом, т. е. трение скольжения;

Полученные результаты могут служить исходными для проведения натуральных испытаний на мощных виброплатформах.

УДК 7624.014

## **ВЫБОР КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ КУПОЛА ДЛЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА СИБИРСКОГО ИНСТИТУТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Е.В. Посохова**

**Научный руководитель И.Я. Петухова**

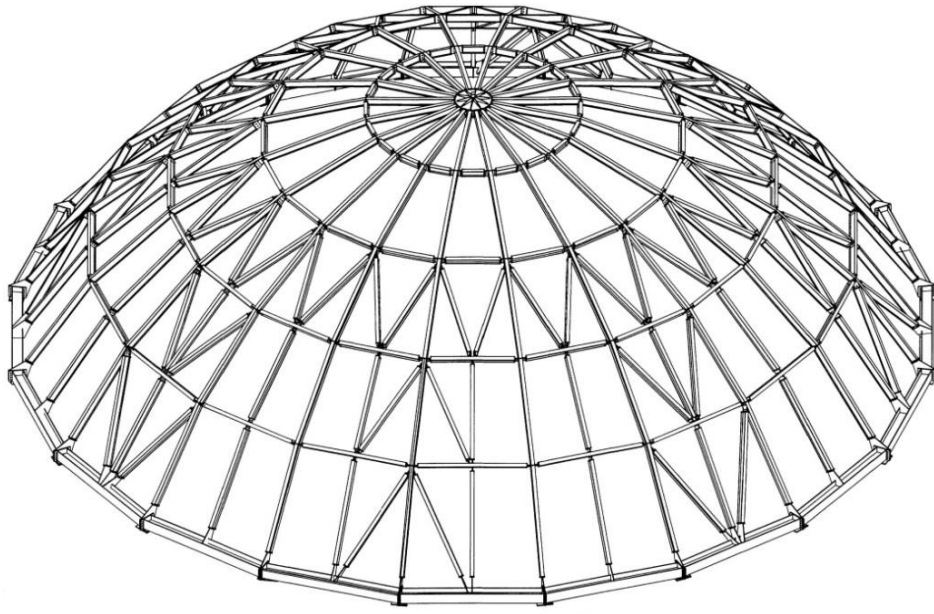
*Сибирский федеральный университет*

В работе рассмотрено три варианта конструктивной схемы купола.

### **1-й вариант. Ребристо-кольцевой купол со связями**

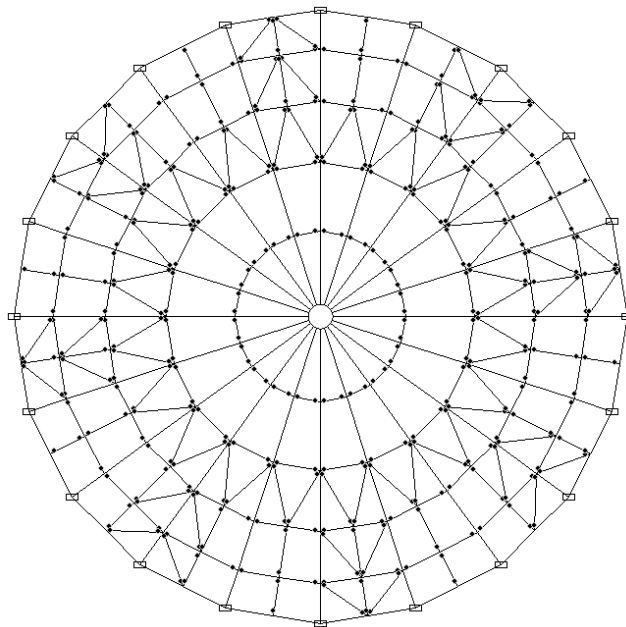
Купольное покрытие над зданием выполнено в виде ребристо-кольцевого купола со связями. Ребристо-кольцевые купола отличаются от ребристых включением в работу купола кольцевых прогонов, образующих совместно с ребрами жесткую пространственную систему.

Конструкция купола состоит из 20 ребер, установленных в радиальном направлении и соединяемых между собой 6 рядами колец. Ребра купола, промежуточные кольца и связи выполнены из двутавра I20Б1. Верхнее опорное кольцо – диск диаметром 1 м. Нижнее опорное кольцо – из составного двутавра, с опорным скосом для опирания ребер (рис. 1).



*Рис. 1. Пространственная схема купола*

Расчетная схема купола представлена на рис. 2.



*Рис. 2. К расчету ребристо-кольцевого купола со связями*

Статический расчет купола выполнен по программе SCAD на постоянные нагрузки от собственного веса несущих и ограждающих конструкций и временные нагрузки от снега и ветра.

Конструктивный расчет купола соответствует требованиям СП 16.1330.2011.

### **2-й вариант. Ребристо-кольцевой купол со связями**

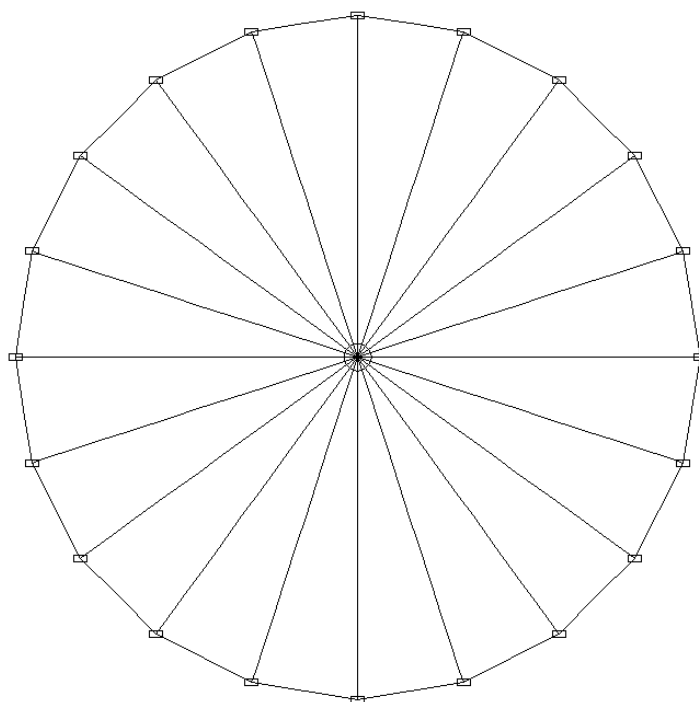
Конструктивная схема отличается от конструктивной схемы первого варианта конструктивной формой сечения элементов. Ребра купола, промежуточные кольца и связи выполнены из гнуто-сварного профиля 100x8 по ГОСТ 30245-2003. Верхнее опорное кольцо – диск диаметром 1 м. Нижнее опорное кольцо – составного сечения.

### **3-й вариант. Ребристый купол**

Купольное покрытие над зданием выполнено в виде ребристого купола. Ребристый купол представляет собой пространственно-арочную конструкцию из плоских криволинейных ребер, устанавливаемых в радиальном направлении и соединенных между собой в нижней части опорным кольцом, работающим на растяжение, а в вершине купола – верхним кольцом, работающим на сжатие.

Конструкция купола состоит из 20 ребер, установленных в радиальном направлении. Ребра купола выполнены из двутавра I35Б1. Верхнее опорное кольцо – диск диаметром 1 м. Нижнее опорное кольцо – из составного двутавра, с опорным скосом для опирания ребер.

Расчетная схема купола представлена на рис. 3.



*Рис. 3. Расчетная схема*

Достоинствами ребристо-кольцевого купола (варианты 1 и 2) являются:

- наличие связей в каждой ячейке;
- равномерное распределение материала по поверхности.

Недостатком ребристого купола (вариант 3) является высокая материалоемкость.

В работе произведено сравнение технико-экономических показателей 3 вариантов конструктивных схем куполов (таблица).

Масса основных элементов подсчитана по подобранным сечениям. Масса вспомогательных элементов учтена с помощью строительного коэффициента массы  $\psi_c = 1,15$ .

Подсчитаны стоимость изготовленной конструкции с перевозкой до объекта строительства и стоимость прямых затрат на монтаж конструкций, а также полная стоимость конструкции «в деле». Подсчитаны затраты труда рабочих на монтаж конструкций.

**Таблица.** Технико-экономические показатели вариантов

Наименование показателя	Вариант конструкции		
	1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант
Масса конструкции $m$ , т	24,9	24,3	25,7
Стоимость в «деле» $C$ , тыс. руб.	1066,6	1464,7	1098,2
Трудоемкость монтажа $T_m$ , чел.-ч.	4468,6	4444,8	4700,9

По результатам технико-экономического анализа принят ребристо-кольцевой купол 1-го варианта.

УДК 624.01; 624.07

## **ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ SCAD И ANSYS**

**Д.А. Рудт, А.С. Давыдов**  
**Научный руководитель Н.И. Марчук**  
*Сибирский федеральный университет*

В работе рассматриваются вопросы расчета и анализа различного типа конструкций, изучаемых в курсе строительной механики, на действие динамических нагрузок с использованием программных расчетных комплексов SCAD и ANSYS.

Выполнены динамические расчеты различных конструкций, включая свободные и вынужденные колебания, при действии гармонической и сейсмической нагрузок.

При расчете стержневых систем на свободные и вынужденные колебания на гармоническую нагрузку проведено сравнение результатов, полученных по расчетным комплексам, с решениями, приведенными в литературных источниках.

При сейсмических воздействиях выполнялось два типа расчетов: расчет по нормам СНиП в соответствии со спектральной теорией и расчет на действие акселерограмм.

В качестве примера было рассмотрено трехэтажное здание. Его расчетная схема принималась в виде консольного стержня с тремя сосредоточенными массами, на котором выполнен анализ и сравнение результатов расчетов, полученных по двум методикам.

Расчеты на сейсмические воздействия выполнялись по программным комплексам SCAD по нормам СНиП и ANSYS на горизонтальное воздействие акселерограммы Спитакского землетрясения, оцифрованной 411 парами точек время – ускорение (для расчета использовался самый интенсивный отрезок этой акселерограммы продолжительностью 5 сек).

Результаты проведенных исследований показали, что собственные частоты и соответствующие формы колебаний, полученные по расчетным программным комплексам, практически совпадают с приведенными в литературе по строительной механике и зависят от жесткостных свойств конструкций. Их анализ позволяет лучше понять конструкцию и более эффективно распределять материал конструкции при ее проектировании.

Выполненные расчеты на гармоническую нагрузку обнаруживают отличие решений, получаемых по расчетным комплексам, от решений по формулам для стационарного процесса, приведенным в учебной литературе.

Сравнение результатов расчета на сейсмические воздействия, полученные по двум методикам, показывают, что максимальные усилия, полученные от действия акселерограмм, в разы превышают усилия, полученные при расчете по нормам СНиП.

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ  
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ  
КЛЕЕДОЩАТЫХ БАЛОК  
ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ**

**Р.С. Тутатчиков, Л.В. Ефремова  
Научный руководитель С.В. Деордиев**

*Сибирский федеральный университет*

Цель работы: проанализировать расчетные схемы испытания клеедощатых балок на поперечный изгиб и выявить расчетную схему, отражающую работу балок при эксплуатационной нагрузке.

Актуальность работы обусловлена тем, что неточное отражение работы конструкции во время проведения экспериментов при сопоставлении с реальной работой во время эксплуатации влечёт за собой неточное определение прочностных и деформационных свойств материала конструкции. Поэтому только путём обоснованного выбора расчётной схемы  $x/l_p$  и геометрических размеров образца  $b \times h \times l_p$  (где  $b$  – ширина,  $h$  – высота поперечного сечения,  $x$  – расстояние от опоры до места приложения сосредоточенной нагрузки) можно обеспечить результаты испытаний на изгиб, отражающие реальные свойства характеристик материала конструкции в процессе эксплуатации.

Древесина является специфическим материалом, для которого характер разрушения в конструкции (нормальный разрыв волокон, сдвиг в плоскости) может быть реализован при варьировании геометрических параметров  $l_p/h$  (где  $l_p$  – расчетный пролёт,  $h$  – высота поперечного сечения) или схем приложения нагрузок  $x/l_p$ .

Испытания на изгиб благодаря их простоте получили широкое распространение [1, 2, 3, 4, 5, 6].

В процессе эксплуатации клееные деревянные балки, как правило, находятся под действием распределённой нагрузки по пролёту (идеальный случай – равномерно-распределённая нагрузка). В экспериментальных исследованиях такую схему реализовать достаточно сложно. Поэтому в практике проведения исследований несущей способности конструкций из клееной древесины используются схемы приложения нагрузок с двумя сосредоточенными силами в пролете.

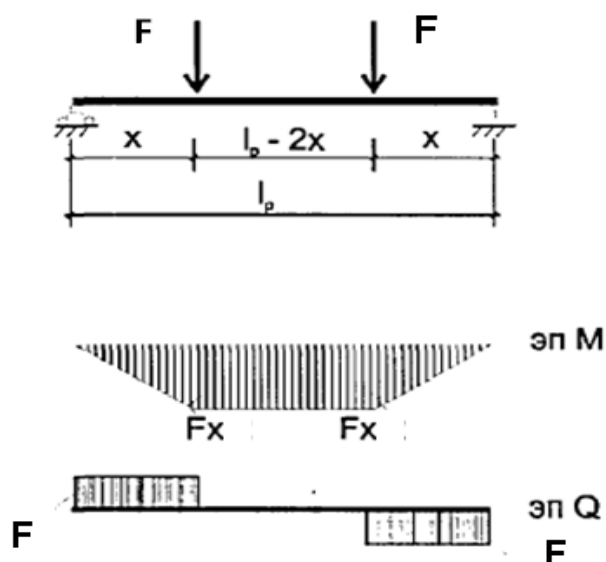


Рис 1. Расчетная схема балки и эпюры  $M$  и  $Q$

Величина разрушающей нагрузки зависит от геометрических параметров конструкций  $l_p/h$ ,  $b/h$  и координат приложения нагрузок  $x/l_p$ . Поэтому выбор расчётной схемы необходимо начинать с анализа разрушающих нагрузок  $F$ . При этом необходимо учесть, что древесина в изгибаемых элементах может разрушаться от разрыва волокон в растянутой зоне или от сдвига вблизи нейтрального слоя.

Рядом авторов [7, 8] был проведён анализ влияния отношения  $l_p/h$  на характер разрушения изгибаемого элемента и выявлены следующие особенности: при  $l_p/h < 7,75$  – разрушение происходит от скалывания ( $P = 95\%$ , где  $P$  – вероятность события);  $l_p/h = 8,37$  – разрушение происходит как от скалывания, так и от разрыва волокон ( $P = 50\%$ );  $l_p/h > 9,18$  – разрушение происходит от разрыва волокон растянутой зоны ( $P = 95\%$ ).

Наиболее сложным является воспроизведение в моделируемой конструкции НДС, соответствующего реальной конструкции. Характер НДС конструкции зависит от геометрических соотношений  $b/h$  и  $l_p/h$  и схемы приложения нагрузок  $x/l_p$ .

В экспериментальных исследованиях автора применена четырехточечная схема (рис. 2, а), которая должна адекватно отражать реальную схему нагружения строительной конструкции (рис. 2, б), при этом множеству отношений  $x/l_p$  (с предельными граничными значениями от 0 до 0,5) соответствует множество отношений  $ql_p/F$ .

Задача определения соотношений  $x/l_p$  и  $ql_p/F$ , при которых будет реализована в эксперименте искомая форма разрушения конструкции, рассмотрена в работе [9].

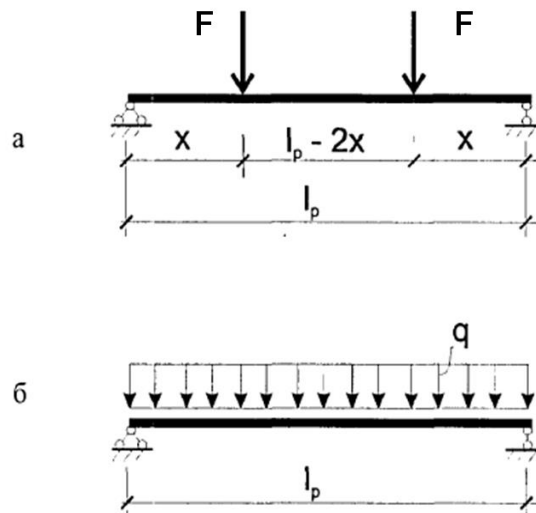


Рис. 2. Расчетная схема балки (а); расчетная схема эксплуатируемых балок (б)

Решение данной задачи сводится к совместному решению уравнений (1) и (3).

При разрушении от изгиба максимальные нормальные напряжения в эксперименте и при эксплуатации должны быть равны  $\sigma_F = \sigma_q$ , т. е.

$$Fx = ql_p^2/4. \quad (1)$$

Отсюда

$$ql_p/F = 4(x/l_p). \quad (2)$$

Прогибы конструкций должны быть равны  $f_q = f_f$ :

$$\frac{5ql_p^4}{384E_xJ} \left( 1 + 0,96 \frac{E_x h^2}{G_{xy} l_p^2} \right) = \frac{Fx(3l_p^2 - 4x^2)}{48E_xJ} \times \left[ 1 + 2,4 \frac{E_x h^2}{G_{xy}(3l_p^2 - 4x^2)} \right]. \quad (3)$$

М.И. Деловой получено совместное решение уравнений (1) и (3), которое дает отношение  $x/l_p = 0,354$ . Данное частное решение соответствует такому состоянию конструкции, при котором одновременно достигается условие, определяющее разрушение элемента от нормальных напряжений при изгибе и максимальный предельный прогиб конструкции. Поэтому принята схема с приложением двух сил на расстоянии  $x = 0,354l_p$  от опор.

Существующая номенклатура клееных деревянных балок предлагает вариацию  $l_p/h$  от 7,5 до 16,0. Клееные деревянные балки изготавливаются из досок, поэтому при выборе высоты сечения исследуемого образца следует соблюдать условие, обеспечивающее переход к сплошной среде (математическое моделирование), чтобы исключить влияние слоистости на



распределение напряжений в объеме конструкции. По методике А.Р. Ржаницына номинальное число слоев, обеспечивающее переход к сплошной среде, зависит от степени анизотропии материала, оцениваемую параметром:

$$\beta = \frac{\pi h}{2l_p} \times \sqrt{\frac{E_x}{G_{xy}}} < 1,2, \quad (4)$$

где  $E_x$ ,  $G_{xy}$  – модули упругости и сдвига;  $h$ ,  $l_p$  – высота и расчетный пролет элемента.

Для древесины сосны модуль упругости примем  $E_x = 10000$  МПа, а модуль сдвига  $G_{xy} = 500$  МПа. При  $l_p/h = 8,5$  по формуле (4) получим  $\beta = 0,824$ . Так как полученные значения меньше 1,2, то балки с выбранным соотношением  $l_p/h$  можно отнести к сплошным и не учитывать их слоистость.

Принимая расчетный пролет 2800 мм, устанавливаем высоту балок: для  $l_p/h = 8,5$  – 330мм, что обеспечит разрушение как от скалывания древесины в приопорных зонах, так и от разрыва растянутых волокон. Экспериментальные балки изготавливали из досок сосны второго сорта толщиной 30 мм, что позволило исключить влияние их толщины на несущую способность /10/. Размеры исследуемых балок представлены на рис. 3.

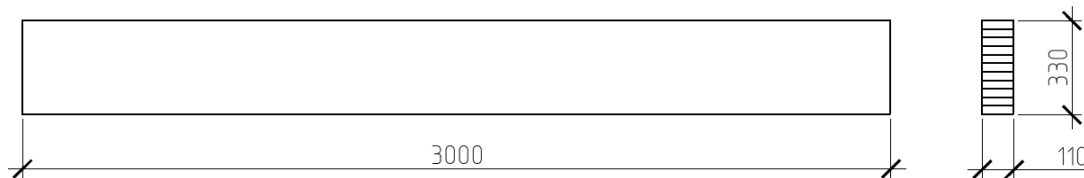


Рис. 3. Геометрические размеры исследуемых балок

### Список литературы

1. Ковальчук Л.М., Преображенская К.А., Славик Ю.Ю. Прочность клееных балок со слоями составного сечения // Строительство и архитектура. 1982. № 5. С. 1–5.
2. Квасников Е.Н. О напряженном состоянии древесины при изгибе // Инженерные конструкции: XXX научная конференция. Л.: ЛИСИ, 1972. С. 106–114.
3. Белянкин Ф.П. Современные методы расчета прочности элементов деревянных конструкций. Киев: Из-во АН УССР, 1951. 19 с.
4. Иванов А.М. Расчет элементов деревянных конструкций с учетом продолжительности действия нагрузки // Сборник научных трудов № 6. Воронеж: ВИСИ, 1957. С. 9–14.
5. Иванов Ю.М. О предельных состояниях деревянных элементов, соединений и конструкций. М.: Госстройиздат, 1947. 100 с.

6. Иванов Ю.М. К вопросу исследования складки разрушения древесины при сжатии вдоль волокон // Труды института леса. М.: АН СССР, 1953. Т. 9. С. 115–120.

7. Кабанов В.А. К выбору схемы нагружения клеёных деревянных балок при испытании на сдвиг // Строительство и архитектура. 1981. № 7. С. 29–31.

8. Сморчков А.А. Выносливость и виброползучесть клеёных деревянных балок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. М.: МИСИ, 1982. 21 с.

9. Делова М.И. Деформирование изгибаемых клееных деревянных элементов при статическом нагружении: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Курск: Курский ГТУ, 1997. 21 с.

10. Кувшинов А.П., Славик Ю.Ю. Учет толщины слоев при расчете деревянных клееных конструкций // Строительство и архитектура. 1977. № 5. С. 22–26.

УДК 691.327

## **ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СЕРЫ**

**А.Ю. Тихонова, И.П. Шушкевич**  
**Научный руководитель В.А. Шевченко**

*Сибирский федеральный университет*

Соединения серы по отрицательному воздействию на окружающую среду занимают одно из первых мест среди загрязняющих веществ. Около 96 % серы поступает в атмосферу в виде  $SO_2$ , остальное количество приходится на долю сульфатов и других соединений. Помимо негативного экологического воздействия, элементарная сера в виде пыли раздражает органы дыхания, слизистые оболочки, а также вызывает экземы. Практически вся сера (более 90 %) производится сегодня как побочный продукт нефте- и газопереработки и цветной металлургии. В Красноярском крае основным поставщиком серы является Норильский горно-металлургический комбинат. Полностью переработать объемы серы в Норильском регионе не представляется возможным, поэтому основным потребителем потенциально могут являться южные регионы края, куда сера доставляется речным транспортом.

Одним из направлений использования технической серы является получение на ее основе различных строительных композиций для последующего использования в бетонах.

На рынок сера чаще всего предоставляется в комовой, гранулированной и жидкой форме. Сера в жидкой форме первична по отношению к другим формам. Однако издержки, связанные с хранением, транспортировкой, разгрузкой, а также с накоплением статического электричества в ходе перевозок, довольно высоки. В то же время чистота продукта в случае пребывания серы в жидком состоянии значительно выше относительно других товарных форм.

Комовая сера производится путем розлива и затвердевания жидкой серы с последующим размалыванием полученных блоков. В результате рыхления и хранения комовой серы возможны потеря массы, загрязнение и увлажнение продукта, что и является основным недостатком данной товарной формы вещества. Безопаснее и удобнее всего хранить гранулированную серу. Затратным в данном случае является сам процесс гранулирования, будь то воздушное, водяное или гранулирование в кипящем слое.

Целью настоящей работы являлась разработка композиций для получения заполнителя – серощебня, который можно было бы использовать в цементных бетонах для замены природного заполнителя и сохранения невозполнимых природных ресурсов, а также для расширения областей применения серы и сокращения объемов ее выбросов в окружающую среду.

Для разработки композиций были использованы сера (попутный продукт Норильского горно-металлургического комбината) и отходы теплоэнергетики в виде золы-уноса Красноярских ТЭЦ и ТЭЦ 2.

Зола-унос выполняла функцию наполнителя для придания серным композициям максимальную прочность и плотность.

Химический состав и физико-механические характеристики золы приведены в табл. 1 и 2.

Заполнитель был получен путем расплавления серы с наполнителем, формования из расплава монолитной плиты, которую впоследствии дробили в щековой дробилке с зазором 8–10 мм (из условия последующего использования в мелкозернистых бетонах).

**Таблица 1.** Химический состав золы-уноса Красноярских ТЭЦ

Оксиды	Проба золы	
	ТЭЦ-1	ТЭЦ-2
SiO <sub>2</sub>	54,44	32,52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,43	7,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,79	6,0

CaO	21,02	32,76
MgO	5,53	9,74
SO <sub>3</sub>	0,38	2,74
Na <sub>2</sub> O	0,34	0,5
K <sub>2</sub> O	0,37	0,14
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,42
CaO <sub>св</sub>	4,56	9,18
ППП	3,72	6,96

**Таблица 2.** Физико-механические свойства золы-унос

Место отбора золы	Удельная поверхность, см/г <sup>2</sup>	Остаток на сите № 008, %	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч. – мин.		Предел прочности, МПа			
				начало	конец	при изгибе, сут.		при сжатии, сут.	
						1	28	1	28
ТЭЦ-1	2756	13,8	33,25	0–38	1–23	-	0,75	-	2,8
ТЭЦ-2	2584	15,1	23,0	0–15	0–20	2,1	2,6	6,5	8,85

Исследования свойств серощебня проводились на определение следующих показателей: насыпная и истинная плотность, пустотность, стойкость структуры против силикатного и железистого распада, прочность по дробимости.

Для сравнения указанные характеристики были определены на пробе щебня фракции 10–20 мм из природного камня. Результаты испытаний представлены в табл. 3–5. Полученные данные показывают, что искусственный серощебень стойкости структуры соответствует требованиям ГОСТ, но по прочности уступает природному плотному заполнителю и имеет марку 200. Однако это является допустимым для использования в бетонах общестроительных невысоких марок.

**Таблица 3.** Физико-механические свойства заполнителей на основе технической серы

Вид заполнителя	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пустотность, %	D <sub>max</sub>
Серный с золой-унос ТЭЦ-1	1036	1560	33,6	10
Серный с золой-унос ТЭЦ-2	1222	1930	36,7	10
Традиционный щебень	1650	2720	39,3	10

**Таблица 4.** Стойкость структуры заполнителей на основе технической серы

Вид заполнителя	Стойкость к силикатному распаду (потеря массы), %		Стойкость к железистому распаду (потеря массы), %	
	фактический	требования ГОСТ	фактический	требования ГОСТ
Серный с золой-унос ТЭЦ-1	3	≤ 8	4,6	≤ 5
Серный с золой-унос ТЭЦ-2	4,1	≤ 8	3,9	≤ 5
Традиционный щебень	1,8	≤ 8	1,1	≤ 5

**Таблица 5.** Дробимость заполнителя на основе технической серы

Вид заполнителя	Остаток на сите после испытаний, %		Марка по дробимости
	фактический	по требованиям ГОСТ	
Серощебень с наполнителем золой-унос ТЭЦ 1	34,6	28–35	200
Серощебень с наполнителем золой-унос ТЭЦ 2	34,2	28–35	200
Щебень на основе природного камня	8,7	≤ 10	1000

В целом по результатам испытаний заполнителей на основе технической серы было установлено следующее:

- зерновой состав серощебня можно регулировать режимами его дробления для получения разных фракций;
- по плотности серный щебень относится к плотным, имеющим значения плотности более 1500 кг/м<sup>3</sup>;
- по стойкости структуры против железистого и силикатного распада серный щебень соответствует требованиям ГОСТ;
- по дробимости серощебень имеет марку 200 и может использоваться для бетонов общестроительных марок от 50 до 200, а при условии дополнительного использования эффективных химических добавок – для более высоких марок.

По основным физико-механическим показателям серощебень можно отнести к заполнителям, получаемым на основе отходов промышленности, например, шлаков металлургического производства (ГОСТ 5578-94) и шлаков тепловых электростанций (ГОСТ 26644-85).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**В.А. Куприянов**

**Научный руководитель Р.Э. Березовская**

*Сибирский федеральный университет*

Ежегодно в атмосферу Земли выбрасывается свыше 30 млрд т углекислого газа. За последние 200 лет содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере планеты возросло на 25 %. И ежегодно объемы выбросов увеличиваются, превышая запланированные темпы роста. Источниками выбросов являются антропогенные и природные процессы. Одним из основных выступает использование углеводородных энергоносителей, особенно нефти и угля, которые выделяют на 60 % больше диоксида углерода на единицу производимой энергии, чем любое другое ископаемое топливо. Использование альтернативных источников энергии и повышение энергоэффективности на бытовом уровне и в производстве позволяет сократить негативное воздействие на атмосферу Земли.

В декабре 1997 г. был подписан Киотский протокол – первое международное соглашение, использующее рыночные механизмы, обязывающее развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в атмосферу. Россия присоединилась к соглашению. Федеральный закон № 128-ФЗ «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата» был подписан президентом РФ 4 ноября 2004 г. Протокол вступил в силу 16 февраля 2005 г. В рамках этого соглашения РФ обязалась сохранить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на уровне 1990 г.

Для большинства развитых зарубежных стран реализация проектов по развитию и применению альтернативных источников энергии и повышению энергоэффективности является одним из ключевых направлений развития. Реализация проектов происходит не только на государственном уровне, но и применительно к частным домовладениям и административным зданиям. Данные меры направлены не только на сокращение негативного воздействия на атмосферу Земли путем сокращения выбросов загрязняющих веществ, но и на повышение энергетической независимости государств от внешних поставок энергоносителей.

На сегодняшний день существуют различные виды возобновляемых альтернативных источников энергии, применение которых зависит от кон-

кретных природно-климатических факторов, а также экономической и экологической целесообразности. Под возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) согласно Федеральному закону «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ (в редакции от 30.12.2012) понимается энергия солнца; энергия ветра; энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях; энергия приливов; энергия волн водных объектов (в том числе водоемов, рек, морей, океанов); геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей; низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей; биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения (в том числе деревья), а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива; биогаз; газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов; газ, образующийся на угольных разработках.

Наиболее распространенными альтернативными источниками являются солнечное излучение и ветер, энергия которых используется, соответственно, в солнечных генераторах/батареях или панелях и ветрогенераторах. Принцип действия солнечных генераторов основан на фотогальваническом эффекте – возникновение электродвижущей силы под действием электромагнитного излучения. Т. е. чем выше уровень солнечного излучения – инсоляции – на единицу площади поверхности различной пространственной ориентации (горизонтально, вертикально, под углом к горизонту), тем выше вырабатываемая мощность. В РФ уровень инсоляции значительно меняется в зависимости от рассматриваемой территории. Наибольший уровень годовой инсоляции одного квадратного метра горизонтальной площадки наблюдается в Астрахани, 1,38 МВт. Для сравнения, в Архангельске это значение составляет 0,85 МВт. Целесообразность применения (стоимость единицы вырабатываемой мощности) определяется величиной инсоляции и затратами на приобретение и устройство солнечных генераторов, в том числе стоимость площади земли под размещение. Поэтому их рационально размещать на наружных ограждающих конструкциях зданий и сооружений (стены, кровля).

Ветрогенераторы преобразовывают энергию ветра в электрическую. Существует два вида ветрогенераторов: с горизонтальной и вертикальной осью вращения. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения разделяются на ортогональные, с ротором Савониуса, с ротором Дарье, геликоидные и многолопастной с направляющим аппаратом. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения из-за конструкции винта не имеют направляющих для ориентации по ветру и их стартовая скорость ниже, чем у вет-

рогенераторов с горизонтальной осью вращения. Но из-за расположения плоскости вращения создаются сильные динамические нагрузки, что снижает ресурс работы механизмов и опорных узлов. В силу высокой стоимости и сравнительно низкого ресурса данный тип ветрогенераторов не получил широкого распространения. Маломощные ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения создают шумовые эффекты, но они не превышают предельно допустимых значений. Вибрационные воздействия за счет расположения оси вращения снижены и являются допустимыми при соблюдении расстояний от их размещения до зданий, сооружений и иных мест нахождения людей.

Значительные потери тепловой энергии происходят через стены, полы по грунту, окна, а также вентиляцию. Уменьшение теплопотерь через стены возможно за счет увеличения толщины утепляющего слоя. Однако следует учесть возникающие тогда дополнительные затраты на кондиционирование в теплый период года. При утеплении целесообразно применять материалы, имеющие сравнительно низкие расчетные значения коэффициента теплопроводности, способные длительное время при соблюденной технологии устройства теплоизоляции сохранять свои характеристики, а также обеспечить сплошной однородный теплоизолирующий слой для предотвращения возникновения мостов холода.

Во избежание потерь при транспортировке в магистральных сетях, а также во внутрипоселковых сетях, целесообразно организовывать сжигание топлива и производство тепловой энергии в котлах, расположенных непосредственно в доме. Снижение потерь тепловой энергии на 40–70 % через вентиляцию производится посредством использования децентрализованных или централизованных рекуператоров или регенераторов энергии.

В мировой практике одним из распространенных видов стимулирования использования возобновляемых источников энергии и энергетической эффективности зданий для физических лиц является предоставление налоговых льгот по налогу на недвижимость, который в зарубежных странах является высоким. В комплексе с частичным покрытием затрат на покупку генерирующих установок, работающих на возобновляемых источниках энергии, это оказывается достаточно действенным способом.

В РФ взамен единому налогу существуют налог на имущество физических лиц и земельный налог, налогооблагаемая база которых уже давно требует переоценки по рыночным критериям. В настоящее время налог на имущество физических лиц и земельный налог в силу низкой инвентаризационной стоимости и кадастровой стоимости имеют невысокую величину в денежном выражении. А отсутствие государственных программ по покрытию затрат на приобретение является негативным фактором для развития и применения генерирующих установок, работающих на возобновляе-



мых источниках энергии. В Федеральном законе «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ (в редакции от 30.12.2012) «утверждаются основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики, содержащие целевые показатели объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии в совокупном балансе производства и потребления электрической энергии». Однако на данный момент нет правовых актов, которые действительно бы реализовывали указанные направления государственной политики.

Реализация проектов по использованию возобновляемых источников энергии и повышению энергоэффективности согласно мировому опыту невозможна без участия государства в различных формах, таких как развитие научной и правовой базы; пропаганда изменения отношения к потреблению ресурсов.

Большинство мировых развитых и развивающихся государств мира ставят перед собой задачу снижения потребления ресурсов и частичный переход на энергию солнца, ветра, вод рек и океанов, термальных источников и т. д. Германия планирует к 2020 г. производить порядка 20 % потребности в энергии посредством именно возобновляемых источников. Для реализации данных планов государство предоставляет налоговые льготы, покрывает расходы на приобретение, а также стимулирует научные разработки и отрасль производства.

Для зарубежных стран проекты по использованию возобновляемых источников энергии и повышение энергоэффективности являются стратегическими, поскольку затрагивают вопрос энергетической независимости. В России примеров масштабных программ, как в других странах, нет. В основном все внедрения использования возобновляемых источников носят локальный и частный характер. Существует некоторые правовые акты, о которых говорилось выше, где указывается необходимость развитие данной сферы. Однако практического воплощения государственного масштаба необходимых мер пока нет.

Необходима реализация следующих мер:

- 1) пропаганда изменения отношения к энергопотреблению;
- 2) реализация государственных программ по развитию научной и производственной базы использования возобновляемых источников энергии и повышению энергоэффективности;
- 3) создание налоговых льгот для граждан и различных организационно-правовых форм, использующих энергию возобновляемых источников;
- 4) покрытие расходов со стороны государства для граждан и различных организационно-правовых форм на приобретение установок, использующих энергию возобновляемых источников.

## Список литературы

1. Федеральный закон об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ.
2. Федеральный закон об электроэнергетике от 26.03.2003 № 35-ФЗ (в редакции от 30.12.2012).
3. Федеральный закон о ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата от 4.11.2004 № 128-ФЗ.
4. Энергоэффективность: нормативно-правовой аспект. URL: [http://www.vashdom.ru/articles/rockwool\\_35.htm](http://www.vashdom.ru/articles/rockwool_35.htm) (дата обращения 25.07.2012).
5. Solarsiedlung am Schlierberg. Фрайбург, Германия. URL: [http://ecorussia.info/ru/projects/solarsiedlung\\_ru\\_projects](http://ecorussia.info/ru/projects/solarsiedlung_ru_projects) (дата обращения 1.02.2013).
6. Самый зеленый отель в мире – COPENHAGEN TOWERS. URL: <http://ecorussia.info/ru/projects/copenhagentowers> (дата обращения 1.02.2013).
7. МАНИТОБА ГИДРО ПЛЕЙС. Виннипег, Канада. URL: [http://ecorussia.info/ru/projects/manitoba\\_hydro\\_place](http://ecorussia.info/ru/projects/manitoba_hydro_place) (дата обращения 1.02.2013).
8. Проект Green Development. URL: [http://www.greenawards.ru/ru/green/proekt\\_green\\_development](http://www.greenawards.ru/ru/green/proekt_green_development) (дата обращения 13.07.2012).
9. Геотермальные отопительные системы. URL: <http://www.teplodarom.com/site.xp/057054.html> (дата обращения 23.01.2013).
10. Автономный дом. Солнечные батареи. Ветрогенераторы. URL: <http://www.sibdom.ru/article.php?id=698> (дата обращения 17.01.2013).
11. Чистая энергетика. URL: <http://svenergiya.com/VEU.html> (дата обращения 6.02.2013).
12. Чистая энергетика. URL: <http://svenergiya.com/gotov.html> (дата обращения 6.02.2013).
13. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, 2004.
14. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: Госстрой России, 2004.
15. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. М.: Госстрой России, 1999.
16. СП 131.13330.2012. Строительная климатология (актуализированная версия СНиП 23-01-99\*). М.: Минрегион России, 2012.
17. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Госстрой России, 1996.

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖЕНСКОЙ КОЖАНОЙ ОБУВИ,  
РЕАЛИЗУЕМОЙ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ  
Г. КРАСНОЯРСКА, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИРМЫ  
«КРАСНОЯРСКЭКСПЕРТИЗА» (ЦС ТПП) ЗА 2010–2012 гг.**

**А.С. Астапова, Д.А. Штейнберг, Г.А. Никулина  
Научный руководитель Е.А. Зайченко**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время потребительский рынок России характеризуется высоким уровнем насыщенности обувной продукции. Но, к сожалению, выявлена тенденция, что большую часть продукции составляют изделия иностранного производства и все чаще ненадлежащего качества. Более 65 % всех жалоб покупателей, по данным территориального управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и КГУП «Товарных экспертиз», связано с качеством реализуемой обуви.

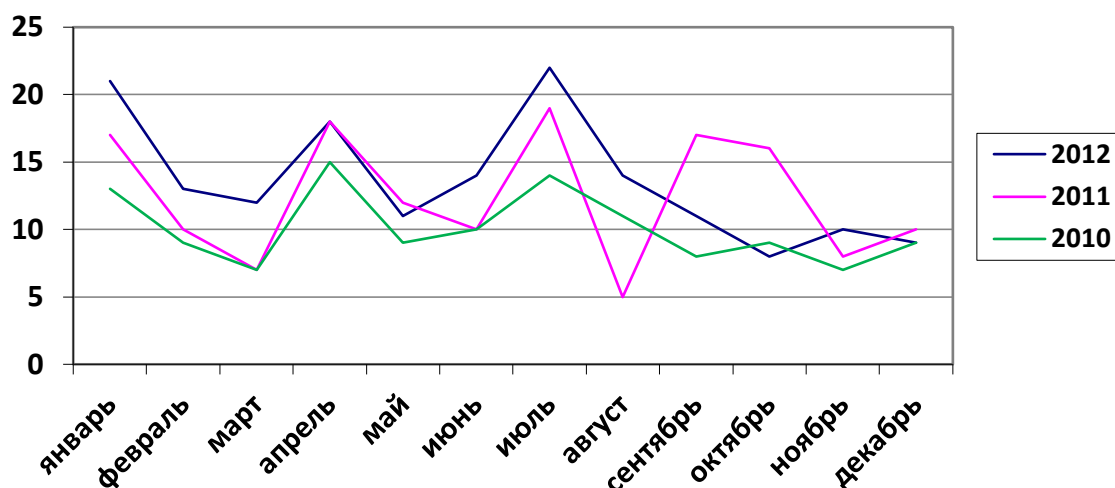
Экспертизу обуви, возвращенной потребителем, проводит фирма «Красноярскэкспертиза» ЦС ТПП. Чаще всего (около 80 % от общего числа) товары, предъявляемые на экспертизу, имеют скрытые дефекты производственного характера, выявившиеся в период эксплуатации (дефекты материалов верха и низа обуви, сборки заготовок, формования заготовок на колодках, операции прикрепления подошв и каблуков, отделки обуви и т. п.). Основными заказчиками являются как покупатели, так и сами торговые точки (центр «На Стрелке», ИП «Гатьянин»), а также известные марки «Ессо», «Salamader», «Baldinini», – они являются постоянными клиентами.

Российский рынок наводнен массовой продукцией сомнительного качества. Это является следствием того, что качество реализуемой на потребительском рынке обуви практически никто не контролирует. Но встречаются и отдельные случаи, когда потребители с целью замены вполне качественной продукции или возврата ее стоимости сами отрывают у обуви подошвы, каблуки, декоративные детали, вырывают пучки волос у меховых изделий, делают искусственные зацепки.

Согласно данным ЦС ТПП в 2010 г. была проведена 121 экспертиза женской кожаной обуви, а в 2011 г. было проведено 149 экспертиз, что составляет 68,4 % и 78 % соответственно от числа экспертиз по обуви. В 2012 г. было проведено 163 аналогичных экспертиз (79,5 % от общего числа экспертиз обуви). Среднее число экспертиз в месяц в 2010 г. – 10, в 2011 г. – 12, а в 2012 г. – 14. Распределение количества проведенных экспертиз обуви представлено в табл. 1 и на рис. 1.

**Таблица 1.** Распределение количества проведенных экспертиз обуви в 2010–2012 гг. (данные ЦС ТПП)

Год	Месяц											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
2012	21	13	12	18	11	14	22	14	11	8	10	9
2011	17	10	7	18	12	10	19	5	17	16	8	10
2010	13	9	7	15	9	10	14	11	8	9	7	9



*Рис. 1. Динамика проведенных экспертиз женской кожаной обуви по месяцам в 2010–2012 гг.*

В весенние и осенние месяцы потребители наиболее часто обращаются в экспертную организацию, что видно по рис. 1. По мнению экспертов, это связано с региональными климатическими условиями, т. к. обувь, реализуемая на потребительском рынке города, не предназначена для эксплуатации в столь влажном климате. Часто потребители не берут во внимание этот факт, а также в течение сезона обычно используют одну пару обуви, без сменной пары.

Согласно данным ЦС ТПП в 2010 г. в 77 случаях дефект обуви возникал не вследствие неправильной эксплуатации, а носил производственный характер, в 2011 г. этот показатель составил 96 пар обуви. В 2012 г. в 106 случаях были обнаружены производственные дефекты женской обуви, т. е. 65,1 % от общего числа пар женской кожаной обуви, отданной на экспертизу (рис. 2).

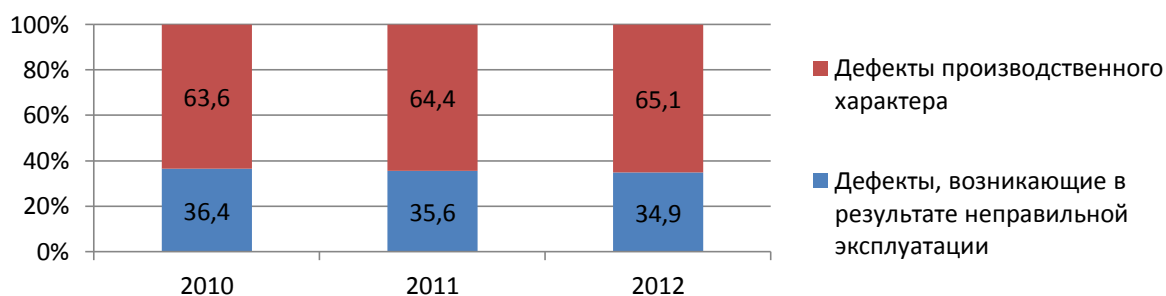


Рис. 2. Соотношение дефектов производственного и непроизводственного характера, обнаруженных при экспертизе за 2010–2012 гг.

Отметим, что уровень дефектов производственного характера имеет тенденцию к незначительному увеличению: в 2012 г. увеличился по сравнению с уровнем 2010 г. на 1,5 %. Непроизводственные дефекты возникали вследствие неправильной эксплуатации женской кожаной обуви, т. е. неаккуратной носки, хранения или сушки в недопустимых для обуви температурных условиях, трением полупар обуви между собой во время носки, нарушения правил по уходу за обувью, несоответствия обуви по размеру, полноте ноги и т. д.

Рассмотрим более подробно структуру дефектов производственного и непроизводственного характера и отразим их в табл. 2.

**Таблица 2.** Структура обнаруженных дефектов, наиболее часто встречающихся в практике (2010–2012 гг.)

Наименование дефекта	Производственный		Непроизводственный	
	количество, шт.	удельный вес, %	количество, шт.	удельный вес, %
Отдушистость лицевого слоя кожи верха обуви	21	6,66	-	-
Осыпание покрывной краски на кожи верха	17	5,53	-	-
Трещины лаковой пленки кожи верха	25	7,79	19	16,34
Отсутствие волосяного покрова на различных деталях меховой подкладки. Неодинаковая высота ворса на отдельных участках	21	6,56	-	-
Выпадение фурнитуры	18	5,74	10	8,17
Нарушение крепления декорированной детали заготовки	20	6,35	-	-
Поверхностные повреждения лицевого слоя кожи верха обуви	18	5,84	9	7,89
Вылегание промежуточных деталей на союзке, заднике и т. д.	21	6,66	-	-

Наименование дефекта	Производственный		Непроизводственный	
	количество, шт.	удельный вес, %	количество, шт.	удельный вес, %
Неисправная застежка «молния»	23	7,27	15	12,96
Отклейка подошвы	22	7,07	17	14,93
Отрыв каблука	20	6,45	18	15,21
Перелом или раскол каблука	17	5,23	13	10,99
Отклонение ходовой поверхности каблука от горизонтальной плоскости	24	7,58	-	-
Неправильная установка каблучков: перекос и смещение каблука	17	5,43	-	-
Отставание набойки из-за повреждения втулки	15	4,61	-	-
Износ подошвы	17	5,23	16	13,52
Всего	316	100	117	100

Наибольший удельный вес в структуре дефектов производственного характера приходится на следующие дефекты:

- трещины лаковой пленки кожи верха – 7,79 %. Причиной образования может быть чрезмерное натяжение деталей заготовки при выполнении операций формования, а также недостаточная эластичность лаковой пленки;

- отклонение ходовой поверхности каблука от горизонтальной плоскости, т. е. смещение каблука относительно вертикальной оси, неприлегание нижней площадки каблука к горизонтальной поверхности опоры – 7,58 %. Причиной образования является использование в производстве каблучков, имеющих высоту, не соответствующую приподнятости пяточной части колодок, а также при применении супинаторов, полустелек, не соответствующих профилю следа колодки;

- неисправная застежка «молния» – 7,27 %. Образовывается в результате нарушения технологии крепления застежки «молния» или крепления звеньев застежки.

Среди дефектов непроизводственного характера, связанных с нарушением потребителем условий эксплуатации, подбором обуви несоответствующей полноте стопы ноги, следует выделить:

- трещины лаковой пленки кожи верха – 16,34 %. Причиной образования данного дефекта может являться нарушение условий эксплуатации, т. е. сушка при повышенной температуре после значительного намокания обуви, использование обуви в зимний период при температуре, недопустимой для носки данного вида обуви, а также несоответствие обуви полноте стопы;

- отклейка подошвы – 14,93 %. Образовывается в результате механических повреждений в период эксплуатации обуви, намокание и последующая сушка обуви на отопительных приборах;

– отрыв каблука – 15,21 %. Возникает вследствие механических повреждений в период эксплуатации обуви.

Для наглядности отразим наиболее часто встречаемые дефекты обуви на рис. 3.

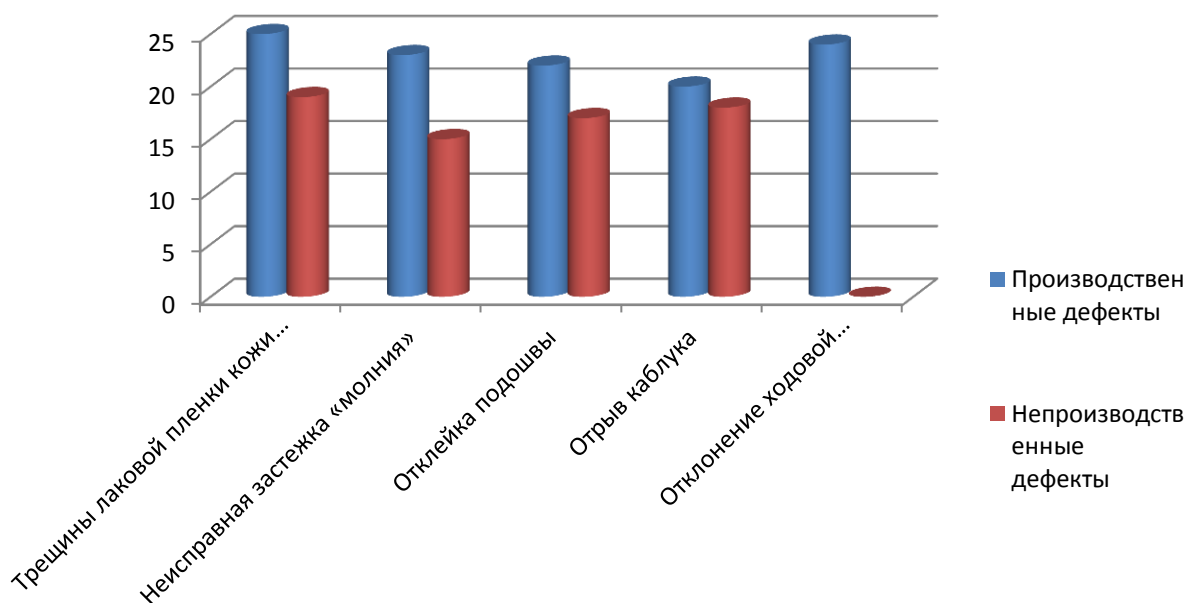


Рис. 3. Структура наиболее часто встречаемых дефектов кожаной обуви за 2010–2012 гг.

Таким образом, по данным результатам экспертиз женской кожаной обуви, проведенных экспертами Торгово-промышленной палаты, авторы статьи могут сделать вывод о том, что более 60 % дефектов обуви носят производственный характер и лишь менее 40 % – по причине неправильной эксплуатации. Общее количество обращений на проведение экспертиз в 2012 году превышает аналогичный показатель в 2010 г.: прирост составил 34,7 %.

Данная тенденция обусловлена тем, что на предприятиях торговли отсутствуют квалифицированные специалисты, техническая документация, а также условия для приемки товаров по качеству. Следствием этого является то, что дефекты выявляются в лучшем случае в момент продажи, либо в процессе носки. В современных рыночных условиях необходим более жесткий контроль за реализуемой продукцией на соответствие установленным требованиям качества и безопасности.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ,  
РЕАЛИЗУЕМЫХ НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ  
Г. КРАСНОЯРСКА**

**В.А. Соколова**

**Научный руководитель Е.А. Федченко**

*Сибирский федеральный университет*

На российском рынке безалкогольных напитков, сок находится на третьем месте по объемам потребления после сладких газированных напитков, практически наравне с бутилированной водой.

В 2012 г. общий объем продаж соковой продукции без экспорта составил 3030 млн л, что на 2,3 % больше, чем в 2011 г. В стоимостном выражении это 41,2 млрд руб. или 2668 млн условных банок (около 1111,7 т).

Более 50 % рынка приходится на долю пяти ведущих брендов. Это торговые марки «Добрый» («Мултон»), в 2012 г. доля рынка увеличилась на 0,4 % – до 17 %, «Фруктовый сад» («Лебедянский») до 14,6 %, «Любимый» («ВБД Напитки») до 10,8 %, «Моя семья» («Нидан») – до 6,8 %, и 100 % GoldClassic («ВБД Напитки») на 0,6 % до 4,1 %.

Эксперты отмечают, что российский рынок соков так же, как и другие отрасли экономики, находится под влиянием различных социально-экономических показателей, в том числе уровня инфляции и доходов населения на развитии отрасли отражается ситуация и на рынках сырья и упаковки.

До начала финансового кризиса в России отмечалась четкая потребительская тенденция: все большее число покупателей стали обращать внимание на здоровое питание, а также на натуральность и полезность продуктов.

Согласно данным Российского союза производителей соков потребители воспринимают сок как один из наиболее доступных источников полезных веществ в своем ежедневном рационе способствующих гармоничной работе организма. Поэтому в настоящее время развитие рынка соков в России обеспечивается стремлением вести здоровый образ жизни, а также может подкрепляться увеличивающимися доходами потребителей.

Актуальность данной темы обусловлена тем, что сегодня в розничной торговой сети реализуется большой ассортимент соков, представленный как отечественными, так и импортными производителями, среди которых встречается фальсифицированный и некачественный товар.

Целью исследования явилась товароведная оценка качества яблочного сока разных производителей. В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи: проведение анализа состояния упаковки и мар-



кировки исследуемых образцов; органолептическая оценка качества; определение физико-химических показателей качества; сопоставление полученных результатов с данными нормативных документов.

Объектами исследования явились 5 образцов яблочного сока следующих марок: «Добрый», «J7», «Мой», «Здрайверы», «Биола».

Краткая характеристика образцов представлена в табл. 1.

Анализ упаковки показал, что исследуемые образцы «Добрый», «J7», «Здрайверы» и «Мой» упакованы в картонную асептическую коробку (TetraBrickAseptic), а образец «Биола» – в ПЭТ-бутылку.

Все упаковки красочно оформлены, не имеют повреждений.

**Таблица 1.** Характеристика исследуемых образцов

п/п	Наименование	Производитель	Объем, л	Вид упаковки
	Яблочный сок восстановленный, осветленный «Добрый»	ЗАО «Мултон», Россия	0,2	Картонная асептическая
	Сок яблочный восстановленный, осветленный «J7»	ОАО «ВМД Напитки», Россия	0,2	Картонная асептическая
	Яблочный сок восстановленный, осветленный «Здрайверы»	ОАО «ВМД Напитки», Россия	0,2	Картонная асептическая
	Яблочный сок восстановленный, осветленный «Мой»	ОАО «Сады Придонья», Россия	0,2	Картонная асептическая
	Яблочный сок восстановленный «Биола»	ЗАО «Эрлан», Украина	0,2	ПЭТ-бутылка

Маркировка исследуемых образцов яблочного сока нанесена на каждую единицу потребительской тары типографским способом. Проанализировав маркировку, можно сделать вывод, что образцы соответствуют ФЗ от 27.10.2008 № 178-ФЗ и ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителей. Общие требования» по требованиям к маркировке. Образец сока «Биола» не имеет надписи «осветленный», однако это является не обязательным требованием ГОСТ. Состав на маркировке имеет только образец «Здрайверы», это связано с тем, что для восстановленного сока, изготовленного только из концентрированного сырья, допускается не указывать состав. На каждом из образцов стоит штрихкод, а также указаны нормативные документы.

Проанализировав органолептические показатели, можно сделать вывод о том, что по внешнему виду и консистенции сок «Здрайверы» является прозрачной жидкостью с легкой опалесценцией, остальные образцы – прозрачной жидкостью. Вкус и аромат исследуемых соков хорошо выражен, без посторонних запахов; образец сока «Мой» имеет сладкий вкус, остальные – кисло-сладкий. Цвет всех образцов – янтарный, однородный

по всей массе. По результатам органолептического анализа все исследуемые образцы сока соответствуют ГОСТ Р 52186-2003 «Консервы. Соки фруктовые восстановленные. Технические условия».

Физико-химические показатели качества образцов представлены в табл. 2.

**Таблица 2.** Физико-химические показатели качества образцов

Торговая марка образца	Показатели качества							
	Полнота налива, мл		Массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную к-ту, %		Массовая доля растворимых сухих веществ, %		Показатель pH	
	фактическая	номинальная	фактически	норма ГОСТ Р 52186-2003	фактически	норма ФЗ № 178-ФЗ	фактически	норма ГОСТ Р 52186-2003
«Добрый»	206	200	1,4	0,3-1,4	10,9	не менее 11,2	2,0	не выше 4,2
«J7»	203	200	0,7		11,4		2,0	
«Мой»	200	200	0,7		11,5		3,0	
«Здрайверы»	199	200	0,5		11,3		2,0	
«Биола»	198	200	0,5		11,6		2,0	

Отклонение по объему нормируется ГОСТ 8.579-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте». По данному показателю все исследуемые единицы продукции соответствуют нормативной документации, так как предел допустимых отрицательных отклонений установлен в 4,5 %. Предел положительных отклонений не нормируется. Наибольшее отрицательное отклонение по объему имеет сок «Биола» (-2 мл), наибольшее положительное отклонение имеет сок «Добрый» (+6 мл).

Значение кислотности для соков крайне важно. При высокой кислотности и малой сахаристости сок получается невкусным. Массовая доля титруемых кислот в соответствии с ГОСТ Р 52186-2003 «Консервы. Соки фруктовые восстановленные. Технические условия» для яблочных соков должна быть в пределах 0,3–1,4 %. Из табл. 2 видно, что наибольшую мас-

совую долю титруемых кислот имеет сок «Добрый» (1,4 %), наименьшую – образцы «Здрайверы» и «Биола» (по 0,5 %). Следует отметить, что данный показатель всех анализируемых соков соответствует требованиям нормативной документации.

Показатель «массовая доля растворимых сухих веществ», помимо ГОСТ Р 52186-2003, регламентируется ФЗ от 27.10.2008 № 178-ФЗ «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей», и его значение должно быть не менее 11,2 %. Образец сока «Добрый» имеет значение данного показателя ниже установленных норм, в связи с этим не соответствует ФЗ от 27.10.2008 № 178-ФЗ и ГОСТ Р 52186-2003. Остальные образцы имеют массовую долю растворимых сухих веществ в пределах нормы.

Значение показателя рН, в соответствии с ГОСТ Р 52186-2003, должно быть не выше 4,2. У сока «Мой» значение = 3, у остальных образцов рН = 2, что соответствует требованиям стандарта.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– все представленные образцы имеют маркировку, соответствующую требованиям ФЗ от 27.10.2008 № 178-ФЗ и ГОСТ Р 51074-2003;

– по органолептическим показателям качества исследуемые соки отвечают требованиям ГОСТ Р 52186-2003;

– по физико-химическим показателям качества образцы сока «J7», «Мой», «Здрайверы» и «Биола» соответствуют требованиям ФЗ от 27.10.2008 № 178-ФЗ и ГОСТ Р 52186-2003. Образец сока марки «Добрый» имеет меньшую массовую долю растворимых сухих веществ, чем регламентировано ФЗ от 27.10.2008 № 178-ФЗ и ГОСТ Р 52186-2003.

УДК 629.113

## **МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА ПРОФИЛАКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ Volkswagen Tiguan)**

**А.В. Потехонченко, В.Ю. Байрамуков, Д.В. Тотмин**

*Сибирский федеральный университет*

Работа автотранспортных средств (АТС) представляет собой непрерывный процесс. Для поддержания работоспособного состояния АТС при эксплуатации техническая служба предприятия проводит плановые технические обслуживания, в соответствии с принятой двухступенчатой системой профилак-

тики. Однако, как показывает опыт, одних плановых работ не достаточно и существующая система профилактики (система технического обслуживания (ТО) и ремонта) требует дополнительных исследований и совершенствования. Для исследования было отобрано 40 автомобилей марки Volkswagen модели Tiguan, эксплуатирующихся в условиях г. Красноярск. При этом, кроме несовершенств существующей технологии профилактики автомобиля, наблюдается неравномерная загрузка производства предприятия. Как следствие возникают ситуации, когда зона обслуживания перегружена внезапными отказами при эксплуатации. Перегрузка производства отражается в недостатках системы информационного обеспечения предприятия; в нехватке обслуживающего персонала, дополнительных затратах; в увеличении трудоемкости работ; в отсутствии нужных запасных частей. Поэтому существующая система профилактики АТС требует изучения и совершенствования.

### **Проблема**

В данной статье рассматривается проблема повышения уровня надежности, безотказности, безопасности автомобилей путем анализа данных по отказам систем и агрегатов Volkswagen Tiguan.

### **Актуальность проблемы**

В настоящее время проблема повышения уровня надежности, безопасности и эффективности использования автомобилей – одно из актуальных направлений по улучшению качества оказания сервисных услуг на предприятиях. Необходимо, чтобы предприятия стремились разрабатывать технический регламент, в котором будут отражены показатели безотказности тех или иных агрегатов автомобилей через определенный пробег транспортного средства. Это позволило бы свести к минимуму незапланированные затраты предприятия в ходе технического обслуживания АТС. В данной статье рассматривается научный подход к созданию технического регламента – механизма проектирования единой технической политики на транспорте. Технический регламент базируется на использовании знаний системного подхода, который включает модели, методы и способы проектирования единой технологии и управления системой профилактики АТС.

### **Пути решения проблемы**

Для исследования было отобрано 40 автомобилей марки Volkswagen модели Tiguan, эксплуатирующихся в условиях г. Красноярск в фирме АТЦ «МЕДВЕДЬ-ХОЛДИНГ».

Была обработана информация по отказам систем и агрегатов, а именно втулки стабилизатора, двигателей, замок двери, мотор печки, подшипник ступичный, опоры стоек передние, рулевая рейка, сайлентблоки, свечи, топливные форсунки, топливный насос (табл. 1, 2, 3).

**Таблица 1. Информация по отказам**

№ автомобиля	<b>2) Агрегат, или система, получившая отказ (Подвеска, опоры стоек передних 45 отказов , 19 повторных.)</b>																																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40								
Пробег при ТО	15 000	X					X				X								X			X											X											X				
	30 000		X		X			X		X			X											X									X													X		
	45 000	X						X					X											X																						X		
	60 000			X		X						X												X																						X		
	75 000						X						X													X																						
	90 000	X											X																																			
	105 000			X		X		X		X			X											X																								
	120 000				X		X						X										X																									
	135 000													X																																		
	150 000	X																																														
	165 000										X												X																									
	180 000																																															
	195 000																																															
	210 000																																															
		Tiguan 1.4 TSI VIN 056845	Tiguan 1.4 TSI VIN 005683	Tiguan 1.4 TSI VIN 005834	Tiguan 1.4 TSI VIN 013975	Tiguan 1.4 TSI VIN 359684	Tiguan 1.4 TSI VIN 569435	Tiguan 1.4 TSI VIN 037584	Tiguan 1.4 TSI VIN 784372	Tiguan 1.4 TSI VIN 385048	Tiguan 1.4 TSI VIN 052058	Tiguan 1.4 TSI VIN 184736	Tiguan 1.4 TSI VIN 048573	Tiguan 1.4 TSI VIN 117483	Tiguan 1.4 TSI VIN 394827	Tiguan 1.4 TSI VIN 294827	Tiguan 1.4 TSI VIN 205837	Tiguan 1.4 TSI VIN 205968	Tiguan 1.4 TSI VIN 020495	Tiguan 1.4 TSI VIN 493827	Tiguan 1.4 TSI VIN 030593	Tiguan 1.4 TSI VIN 119483	Tiguan 1.4 TSI VIN 403827	Tiguan 1.4 TSI VIN 305927	Tiguan 1.4 TSI VIN 205836	Tiguan 1.4 TSI VIN 030284	Tiguan 1.4 TSI VIN 112985	Tiguan 1.4 TSI VIN 029483	Tiguan 1.4 TSI VIN 205947	Tiguan 1.4 TSI VIN 205847	Tiguan 1.4 TSI VIN 287564	Tiguan 1.4 TSI VIN 158438	Tiguan 1.4 TSI VIN 295867	Tiguan 1.4 TSI VIN 567382	Tiguan 1.4 TSI VIN 254937	Tiguan 1.4 TSI VIN 398635	Tiguan 1.4 TSI VIN 113857	Tiguan 1.4 TSI VIN 028657	Tiguan 1.4 TSI VIN 248653	Tiguan 1.4 TSI VIN 289475								

**Таблица 2. Информация по отказам**

**2) Агрегат, или система, получившая отказ (Подвеска, опоры стоек передних 45 отказов, 19 повторных.)**

№ автомобиля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40										
15 000	Х	Tiguan 1.4 TSI VIN 056845	Tiguan 1.4 TSI VIN 005683	Tiguan 1.4 TSI VIN 003285	Tiguan 1.4 TSI VIN 005834	Tiguan 1.4 TSI VIN 013975	Tiguan 1.4 TSI VIN 359684	Tiguan 1.4 TSI VIN 569435	Tiguan 1.4 TSI VIN 037584	Tiguan 1.4 TSI VIN 784372	Tiguan 1.4 TSI VIN 385048	Tiguan 1.4 TSI VIN 052058	Tiguan 1.4 TSI VIN 184736	Tiguan 1.4 TSI VIN 048573	Tiguan 1.4 TSI VIN 117483	Tiguan 1.4 TSI VIN 394827	Tiguan 1.4 TSI VIN 294827	Tiguan 1.4 TSI VIN 205837	Tiguan 1.4 TSI VIN 205968	Tiguan 1.4 TSI VIN 02495	Tiguan 1.4 TSI VIN 493827	Tiguan 1.4 TSI VIN 030593	Tiguan 1.4 TSI VIN 119483	Tiguan 1.4 TSI VIN 403827	Tiguan 1.4 TSI VIN 305927	Tiguan 1.4 TSI VIN 205836	Tiguan 1.4 TSI VIN 030284	Tiguan 1.4 TSI VIN 112985	Tiguan 1.4 TSI VIN 029483	Tiguan 1.4 TSI VIN 205947	Tiguan 1.4 TSI VIN 205847	Tiguan 1.4 TSI VIN 287564	Tiguan 1.4 TSI VIN 158438	Tiguan 1.4 TSI VIN 295867	Tiguan 1.4 TSI VIN 567382	Tiguan 1.4 TSI VIN 254937	Tiguan 1.4 TSI VIN 398635	Tiguan 1.4 TSI VIN 113857	Tiguan 1.4 TSI VIN 028657	Tiguan 1.4 TSI VIN 248653	Tiguan 1.4 TSI VIN 289475									
30 000																																																		
45 000																																																		
60 000																																																		
75 000																																																		
90 000																																																		
105 000																																																		
120 000																																																		
135 000																																																		
150 000																																																		
165 000																																																		
180 000																																																		
195 000																																																		
210 000																																																		

Х-ОТКАЗ

Таблица 3. Информация по отказам

3) Агрегат, или система, получившая отказ (Двигатель, свечи зажигания -при ресурсе 60 000 км - 107 отказов)																																														
Пробег при ТО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40						
15 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
30 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
45 000																																														
60 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
75 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
90 000																																														
105 000																																														
120 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
135 000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
150 000																																														
165 000																																														
180 000																																														
195 000																																														
210 000																																														

X-отказ

На основе анализа массива данных были составлены вариационные ряды, при помощи ЭВМ были просчитаны показатели надежности и безотказности (рис. 1, 2, 3).

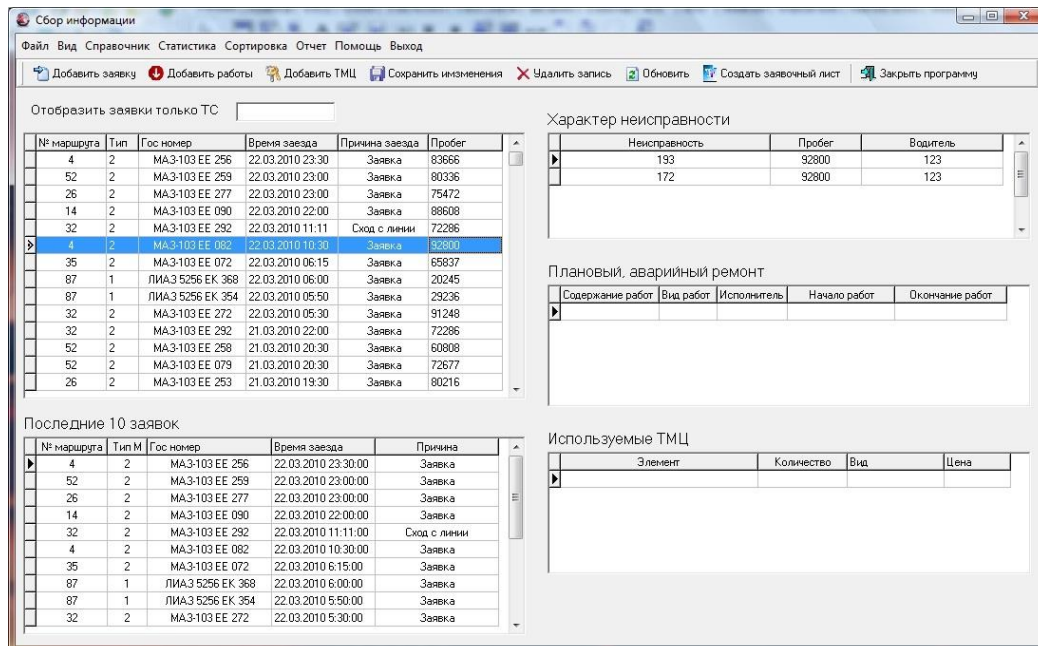


Рис. 1. Программа сбора информации на автотранспортном предприятии

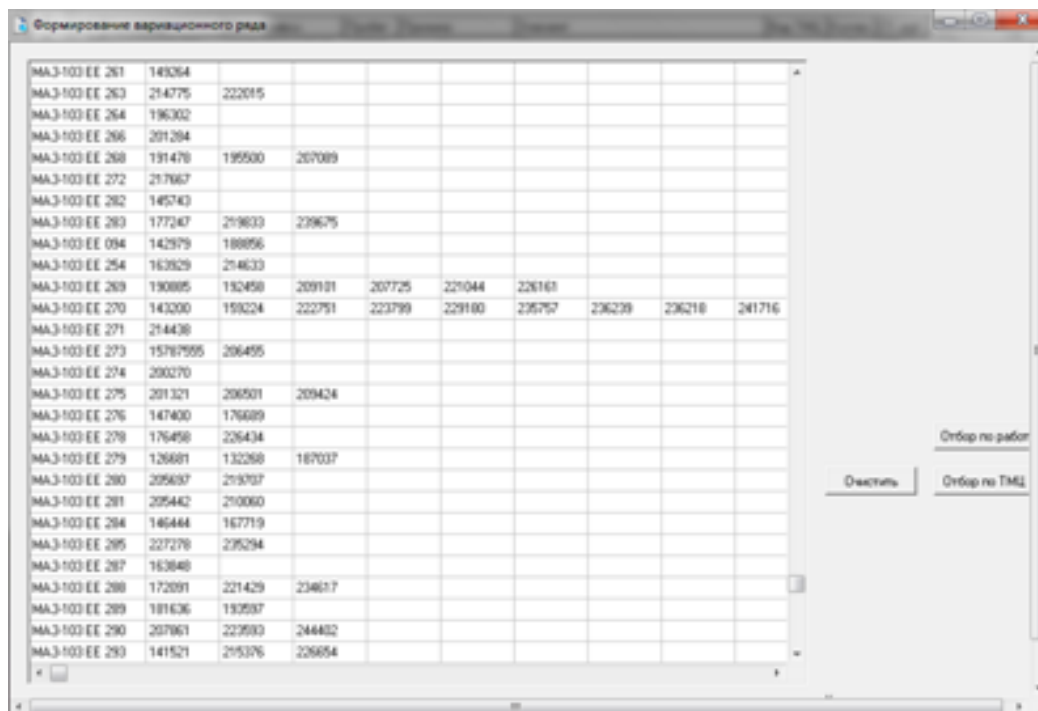


Рис. 2. Формирование вариационного ряда на элемент АТС



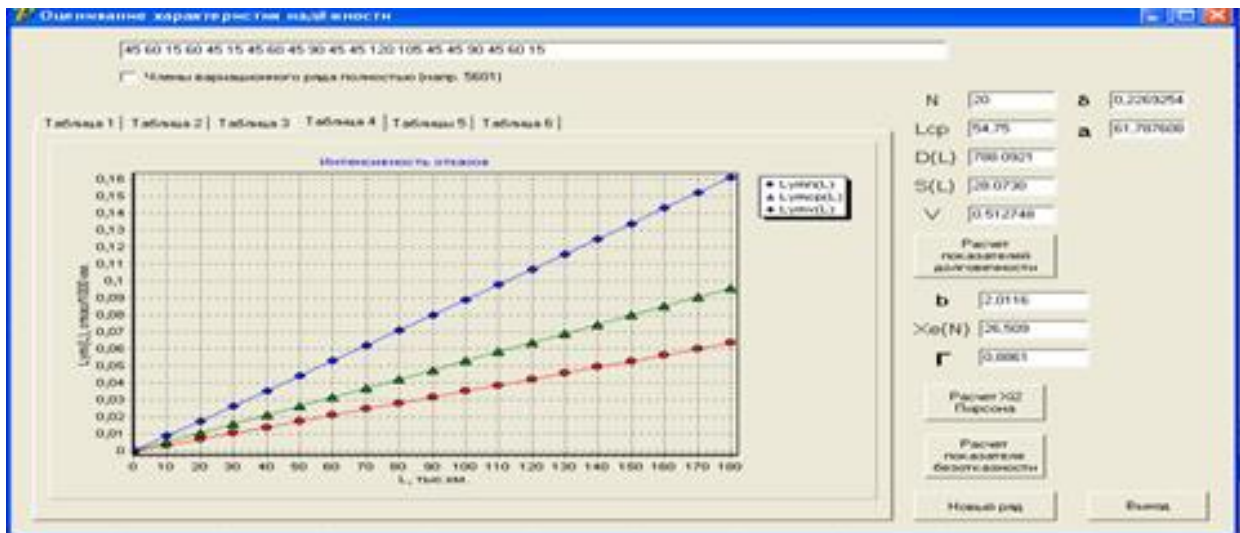


Рис. 3. Определение интенсивности отказов

Графики вероятности безотказной работы, полученные в различных климатических зонах (рис. 4), позволяют уточнять корректирующие коэффициенты, применяемые для расчета нормативов технической эксплуатации автомобилей.

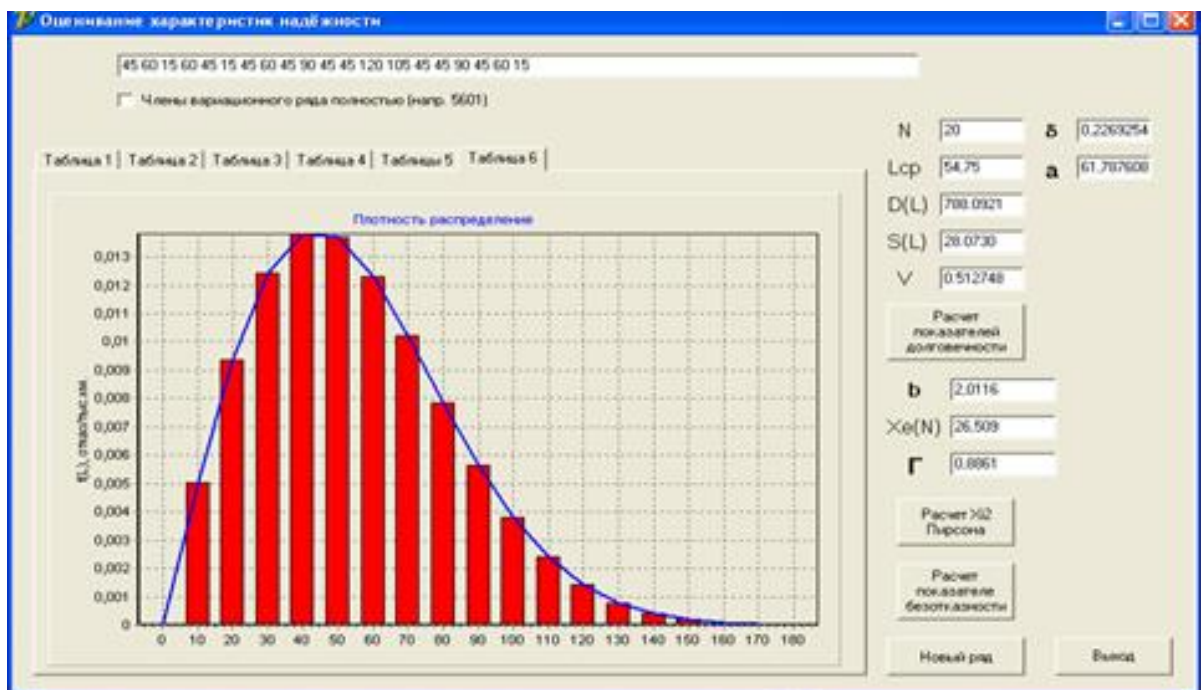


Рис. 4. Вероятность безотказной работы, полученной в различных климатических зонах

Содержательной и доходчивой формой представления показателей надежности является *карта безотказности*, которая объединяет графики вероятности безотказной работы (ВБР) до первой и последующих замен элементов, лимитирующих надежность, с указанием места их расположения на автомобиле. Карта безотказности – зеркало надежности выпускаемых изделий. Карту безотказности составляют при учете наработки деталей на их замену. При этом определяются вероятности безотказной работы по каждой из деталей на разных интервалах наработки между профилактиками, дальними рейсами, периодами командировок.

Карта безотказности позволяет выявить детали и узлы, требующие повышенного внимания при ТО и ремонте автомобилей; определить оптимальную периодичность (время) проведения профилактических работ; уточнить количество запасных частей и оборотных агрегатов на различных интервалах наработки на год, квартал, месяц. Кроме того, благодаря карте безопасности выявить наиболее часто повторяемые работы; планировать потребность в трудовых ресурсах; создавать оборотные и ввозимые запасы; планировать потребность в гаражном оборудовании; эффективно управлять системой профилактики АТС. С использованием карты безотказности представляется возможным характеризовать качество изготовления изделий в сфере производства АТС и качество работоспособности системы профилактики в сфере эксплуатации. Количественные характеристики, входящие в карту надежности, являются необходимой нормативной базой и характеризуют уровень престижности и конкурентоспособности функционирования сложных систем. Примеры карты безотказности на рис. 5, 6.

### **Заключение**

Роль системы профилактики в поддержании АТС в работоспособном и исправном состоянии велика. Однако отсутствуют инструменты определяющие состояние системы. Рассмотренные методы и модели позволяют точно определять состояние системы профилактики АТС и определять показатели надежности элементов АТС или АТС в целом.

Применение новых подходов управления системой профилактики является все более востребованным на предприятиях автомобильного транспорта. За счет модернизации действующей системы профилактики будет достигаться снижение затрат предприятия, повышение уровня технической готовности АТС, обеспечение безопасности и долговечной работы.

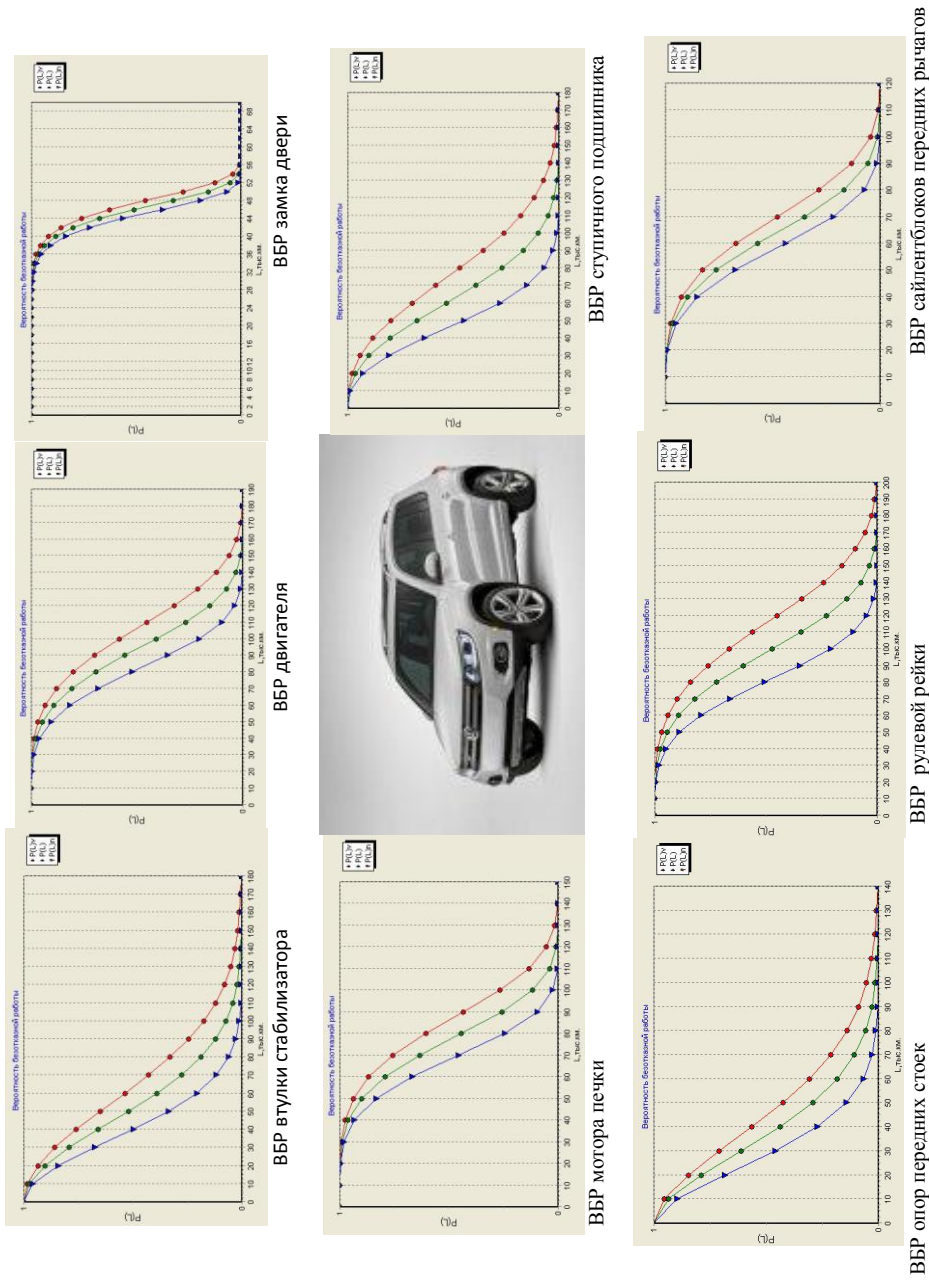


Рис. 5. Карта безотказности основных элементов Volkswagen Tiguan

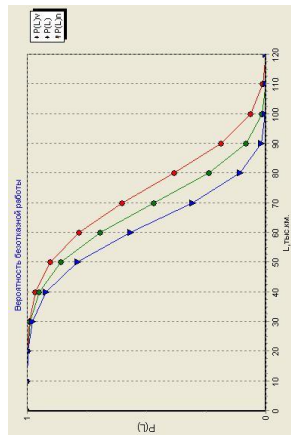
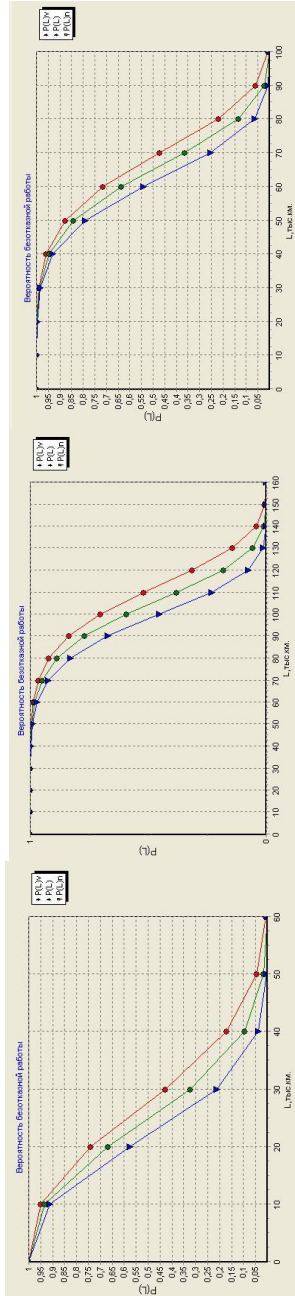


Рис. 6. Карта безотказности основных элементов Volkswagen Tiguan

### **Список литературы**

1. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1986. 70 с.
2. Булгаков Н.Ф., Зарубкин В.А, Шейнин А. М. Подсистема текущего ремонта автомобилей как объект оптимизации. // Труды МАДИ. М. Вып. 79. 1974.
3. Булгаков Н.Ф., Бурхиев Ц.Ц. Управление качеством профилактики автотранспортных средств. Моделирование и оптимизация: учеб. пособие. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. 184 с.
4. Булгаков Н.Ф., Бурхиев Ц.Ц. Управление качеством профилактики АТС. Моделирование и оптимизация: учеб. пособие. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. 164 с.
5. Булгаков Н.Ф., Коваленко В.В., Шалимов С.Н. Модель автоматизированного управления информационным обеспечением системы профилактики. 2010.

УДК 621.643/646

## **УНИВЕРСАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ИХ БЕСТРАНШЕЙНОМ РЕМОНТЕ**

**Р.Г. Парилов**

**Научный руководитель В.И. Емелин**

*Сибирский федеральный университет*

Протяженность значительно изношенных трубопроводов России составляет более 2 млн км. Наиболее интересны трубопроводы холодного водоснабжения и водоотведения, так как их ремонт осложнен следующими факторами: большим количеством отводов, сужений, смотровых колодцев, повышенной коррозионной агрессивностью среды и высокими санитарно-гигиеническими требованиями. Необходимо их восстановление в кратчайшие сроки, но эта работа очень трудоемка.

В настоящее время в России применяются преимущественно траншейные способы ремонта, недостатками которых являются большие сроки, стоимость и объемы работ по устройству траншей, удалению и восстановлению асфальтных покрытий. Эти недостатки могут быть устранены использованием способов бестраншейного ремонта трубопроводов.

По сравнению с традиционным открытым методом ремонта трубопроводов, бестраншейные технологии исключают на 80–90 % затраты на земляные работы, разрушение и последующее восстановление асфальтовых покрытий. При этом не возникают помехи для движения автотранспорта, и обеспечивается полная сохранность коммуникаций, проходящих рядом с saniруемым трубопроводом.

После восстановления срок службы действующих систем водоснабжения и водоотведения дополнительно увеличится на 50 лет и существенно уменьшатся эксплуатационные затраты на их содержание.

Одной из основных операций при бестраншейном ремонте трубопроводов является их качественная очистка от коррозии и различных отложений. Все многообразие существующих технологий очистки можно разбить на пять принципиально отличающихся групп: механическая, гидродинамическая, гидробародинамическая, импульсная и химическая очистка. Наиболее эффективной из них является механическая.

Достоинствами этого способа очистки являются:

- минимальный объем подготовительных работ;
- экологическая чистота;
- невысокая стоимость оборудования.

Анализ конструкции известных устройств для очистки трубопроводов механическим способом (патент на изобретение РФ № 2027534, РФ № 2074312, РФ № 2182528; авторские свидетельства СССР на изобретения № 133722, № 1736643, № 1834093):

- недостаточная универсальность, которая проявляется в необходимости изготовления устройства для каждого конкретного диаметра трубопровода, что приводит к увеличению материалоемкости и затрат на изготовление комплекта таких снарядов, для всей номенклатуры трубопроводов;
- невозможность выполнения рабочих ходов устройства в прямом и обратном направлениях без его переориентации.

Для устранения указанных выше недостатков разработана новая конструкция очистного снаряда, схема которого представлена на рисунке.

Устройство состоит из двух одинаковых узлов, соединенных между собой шарниром 1. При этом каждый узел подсоединен к правой и левой лебедкам (на рис. не показаны) с помощью троса 2. Каждый из узлов включает в себя горизонтальное звено 3, к которому на шарнирах присоединены четыре параллелограмные рамки 4. На каждое из звеньев 3 одет удлиненный накачанный воздухом тороид 5. На каждой рамке 4 закреплена овальная пластина 6 со скребками 7, расположенными на ней в шахматном порядке. Имеются два шланга (на рис. 1 не показаны), соединенные с компрессором и тороидами 5 при помощи ниппелей для регулирования давления в них.

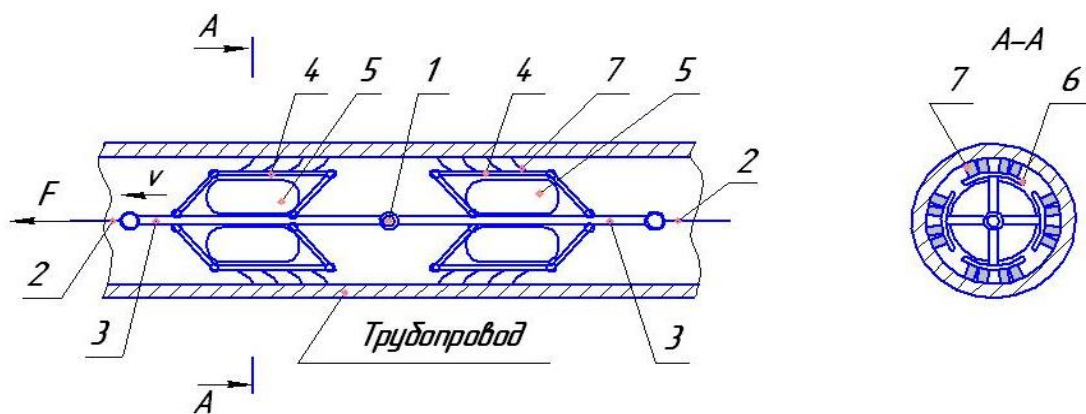


Рис. Предлагаемая конструктивно-технологическая схема универсального устройства для очистки трубопроводов: 1 – шарнир; 2 – трос; 3 – звено; 4 – параллелограмная рамка; 5 – тороид; 6 – овальная пластина; 7 – скребок

Работает предложенное устройство следующим образом. С помощью шарнира 1 соединяем два узла между собой и прикрепляем к ним трос, наматываемый на соответствующую лебедку (на рисунке не показана). Производим подсоединение шлангов к компрессору и каждому из тороидов. Вводим готовую конструкцию в трубопровод. По диаметру очищаемого трубопровода регулируем размер параллелограмных рамок с помощью давления воздуха в торах, накачиваемых компрессором (на рисунке не показан).

При этом для движения влево производим накачку только левого тора, правый остается спущенным. Воздушный тороид после его накачивания воздухом заставляет рамки, с расположенными на них скребками, прижаться достаточно плотно к стенкам трубы, что обеспечивает хорошую степень их очистки от коррозионных и прочих отложений. Направление скребков на каждом из звеньев противоположно ходу движения устройства. Затем с помощью лебедки перемещаем устройство влево, при этом скребки производят очистку трубопровода. После прохода всей длины трубы производим спуск воздуха из левого тора и накачиваем правый. С помощью второй лебедки перемещаем устройство в правую сторону, тем самым происходит очистка в обратном направлении. Такой цикл операций необходимо повторять 5–6 раз, в зависимости от характера отложений внутри трубопровода.

#### Основные выводы:

1. Предложена новая конструкция устройства для бестраншейной очистки трубопроводов.
2. Разработанный комплект таких устройств на всю номенклатуру применяемых трубопроводов позволит существенно уменьшить его материалоемкость (за счет уменьшения в 2–3 раза числа устройств в комплекте) и повысить производительность труда (за счет уменьшения в цикле числа и длительности вспомогательных операций).

**ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ  
ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ В Г. КРАСНОЯРСКЕ**

**М.Н. Макухин, А.В. Федоров**  
**Научный руководитель Н.В. Шадрин**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время в г. Красноярске уровень автомобилизации достиг довольно высоких значений и составляет около 400 автомобилей на 1000 человек. Так, г. Красноярск занимает одно из лидирующих мест по данному показателю среди крупных городов России. Ежегодный прирост автомобильного парка составляет порядка 7–8 % в год, из-за чего складывается неблагоприятная транспортная ситуация как на данный момент, так и имеет место неутешительный прогноз на будущее.

Для развития и совершенствования улично-дорожных сетей городов в мировой практике применяется транспортное планирование и моделирование. Сейчас остро назрел вопрос решения проблемы совершенствования организации движения на улично-дорожной сети г. Красноярска с применением современных программ моделирования движения транспортных и пешеходных потоков. Моделирование транспортных и пешеходных потоков является мощнейшим средством оценки эффективности существующей организации движения на улично-дорожной сети, а также проектируемых мероприятий по ее совершенствованию с учетом прогнозируемого роста автомобилизации. Именно наглядное представление разрабатываемых технико-организационных и планировочных решений по совершенствованию организации движения является наиболее важным, так как часто вводимые изменения не только не улучшают транспортной ситуации в городе, а приводят к противоположному эффекту.

Следуя современным требованиям, на кафедре «Транспорт» политехнического института Сибирского федерального университета приобретен программный продукт PTV Vision<sup>®</sup>: для комплексного транспортного моделирования – PTVVISUM, для имитационного моделирования – PTV-VISSIM.

Программа VISUM представляет собой обширную, гибкую систему для транспортного планирования, расчета спроса на транспорт (матрицы корреспонденций для общественного и индивидуального транспорта), анализа транспортной сети, расчета себестоимости общественного транспорта



и прогноза запланированных мероприятий и их последствий. VISUM используется по всему миру для транспортного планирования и оптимизации общественного транспорта: в городах, регионах, мегаполисах, отдельно взятых районах и т. д.

Разработанная для мультимодального транспортного анализа, программа VISUM интегрирует всех участников движения (например: автомобили, пассажиры, грузовики, автобусы, трамваи, пешеходы, велосипедисты и пр.) в единую математическую транспортную модель. Это мощнейший инструмент макро моделирования, т. е. применяется преимущественно при проектировке целых городов или районов.

Для того чтобы успешно применять возможности данной программы, необходимо иметь большой перечень, предварительно собранных данных, что требует тщательного анализа имеющейся транспортной ситуации. Чем точнее будет произведен этот анализ, тем эффективнее будет функционировать полученная модель. Перечень необходимых данных представлен на рис. 1.

	<b>Минимальные данные</b>	<b>Оптимальные данные</b>
	> растровое изображение;	> векторное изображение;
	> желаемая скорость, транспортные районы, пропускная способность в час, общее разделение транспортных потоков по видам транспорта на исследуемой территории.	
	> численность населения, трудоспособное население, наличие рабочих мест, наличие рабочих мест в сфере услуг;	> наличие учебных мест, учащихся и торговых помещений;
	> маршруты движения, расположение остановок, интервал движения ОТ;	> технические характеристики парка ОТ
	> интенсивность на отрезках из натуральных обследований всех моделируемых видов транспорта;	

Рис. 1

Программа VISSIM, в свою очередь, служит для выполнения задач микро моделирования – имитации движения транспорта в населенных пунктах и вне их, где планируемая модель базируется на шаге времени и на поведении водителя, а также пешеходных потоках (рис. 2).

VISSIM состоит из 4 структурных блоков

**Сеть:** представление дорожной сети для шоссе и грунтовых дорог

**Движение:** представление движения транспорта по дорожной сети

**Контроль:** представление поведения транспорта в конфликтной ситуации

**Результат:** результаты образующиеся в ходе имитации



Рис. 2. Основные блоки VISSIM

Данный программный продукт имеет следующие возможности:

- оценка влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекрёсток, регулируемый перекрёсток, круговое движение, ж/д переезд, развязка в разных уровнях);
- проектирование, тестирование и оценка влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценка транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автомастрадах и городских улицах, контроль за направлениями движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части дороги;
- анализ возможности предоставления приоритета общественному транспорту и мероприятия, направленные на приоритетный пропуск трамваев;
- анализ влияния управления движением на ситуацию в транспортной сети (регулирование притока транспорта, изменение расстояния между вынужденными остановками транспорта, проверка подъездов, организация одностороннего движения и полос для движения общественного транспорта);
- анализ пропускной способности больших транспортных сетей (например, сети автомагистралей или городской улично-дорожной сети) при динамическом перераспределении транспортных потоков (это необходимо, например, при планировании перехватывающих парковок);
- анализ мер по регулированию движения в железнодорожном транспорте и при организации стоянок ожидания (например, таможенных пунктов);

- детальная имитация движения каждого участника движения;
- моделирование остановок общественного транспорта и станций метрополитена, причём учитывается их взаимное влияние;
- расчет аналитических показателей (более 50 различных оценок и аналитических коэффициентов), построение графика (в Microsoft Excel) временной загрузки сети и т. п.

Перечисленные возможности используемых программных продуктов находят применение как в решении реальных задач по улучшению пропускных свойств улично-дорожной сети (снижение аварийности, повышение безопасности движения), так и для учебных задач, например для курсового и дипломного проектирования.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что данные программы моделирования транспортного движения очень востребованы, прогрессивны и призваны эффективно решать насущные транспортные проблемы г. Красноярска.

Оценку эффективности мероприятий по совершенствованию организации движения на участках улично-дорожной сети г. Красноярска на основе анализа результатов имитационного моделирования с помощью программного продукта VISSIM можно произвести на примере пересечения следующего участка: пр. Свободный – ул. Михаила Годенко – ул. Высотная. Варианты совершенствования организации движения на данном пересечении с применением данной программы представлены в презентационном материале.

УДК 66.097:629.113/.115

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

**А.Ю. Батурина, И.Н. Рыбакова**  
**Научный руководитель С.М. Тинькова**

*Сибирский федеральный университет*

На дороги ежедневно выезжают миллионы автомобилей, и каждый из них – источник загрязнения воздуха. Особенно это ощущается в крупных городах, где выхлопные газы автомобилей могут создавать большие проблемы. По мере старения и износа деталей двигателя топливо начинает сгорать хуже и в выхлопных газах увеличивается концентрация вредных

веществ. Но на помощь людям и экологии в 1975 г. появилось новое устройство, называемое каталитическим преобразователем или просто катализатором (англ. *catalyticconverter*) – это устройство в выхлопной системе, предназначенное для снижения выбросов вредных веществ. Основным требованием к успешной работе катализатора, является стехиометрическое соотношение топлива и кислорода.

Принцип работы автомобильного катализатора основан на способности веществ-катализаторов к ускорению реакций, при этом эффективность работы достигается при нагреве свыше 300 °C (рис. 1).



Рис. 1. Раскаленный катализатор в процессе работы

При работе автомобильного двигателя, наряду с относительно безвредными продуктами сгорания ( $N_2, CO_2, H_2O$ ) выделяются токсичные вещества:

- окись углерода (CO) – ядовитый газ без цвета и запаха;
- углеводороды (HC), также известные как летучие органические соединения - один из главных компонентов смога, образуется за счет неполного сгорания топлива;
- оксиды азота (NO и  $NO_2$ , которые часто объединяют под обозначением  $NO_x$ ) – также являются компонентом смога, кислотных дождей, оказывающие влияние на слизистую человека.

Современные катализаторы для удаления этих веществ чаще всего являются трехкомпонентными, т. е. они оснащены тремя каталитическими преобразователями: по одному на каждое вещество, которое необходимо удалить.

Трехкомпонентный катализатор представляет собой металлический корпус из нержавеющей стали, в котором находится «сотовая» конструкция или реже конструкция типа «керамические бусины» (рис. 2).



Рис. 2. Трехкомпонентный катализатор

В каталитических преобразователях используются два вида катализаторов: восстанавливающий – на основе платины и родия и окислительный – на основе платины и палладия.

Процессы, протекающие на поверхности этих катализаторов, можно описать реакциями:

- $\text{CH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- $\text{NO} + \text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{CO}_2$ ;
- $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ;
- $\text{NO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Вследствие этих реакций токсичные, вредные вещества  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_x$  и  $\text{NO}_x$  восстанавливаются или окисляются в безвредную воду  $\text{H}_2\text{O}$ , азот  $\text{N}_2$  и углекислый газ  $\text{CO}_2$  (рис. 3).



Рис. 3. Принцип работы автомобильного катализатора

При этом сам катализатор не участвует в реакции. Он только ускоряет протекание реакций.

По результатам проведенных испытаний и общему мнению водителей, эксплуатирующих автомобили, катализатор может быть полезен при

эксплуатации как с точки зрения улучшения экологических показателей автомобилей, так и для улучшения эксплуатационных динамических и экономических показателей двигателей (таблица).

**Таблица.** Показатели эффективности автомобильного катализатора

Наименование показателей	ГАЗ г/н Н345ВН		ГАЗ г/н А522 ВУ		ВАЗг/н Х9215МО	
	до установки	после установки	до установки	после установки	до установки	после установки
CO <sub>xx</sub>	1,2 %	0,6 %	5,15 %	2,5 %	5,8 %	0,7 %
CH <sub>xx</sub>	950	820	180	140	380	140
CO <sub>2</sub> , 2000 об/мин	-	-	2,9 %	1,7 %	-	-
CH, 2000об/мин	-	-	130	130	-	-
Дымность, 2000 об/мин	-	-	-	-	10	2,1
Повышение оборотов холостого хода	-	+10 %	-	+10 %	-	+15 %
Улучшение динамических характеристик автомобиля	-	+10 %	-	+10 %	-	+15 %
Снижение расхода топлива при движении	-	+10 %	-	-	-	12–15 %

В работе катализатора в принципе все выглядит идеально. А вот сам процесс изготовления довольно сложный. Процесс производства автомобильных катализаторов осуществляется в разных странах и практически не отличается по способу изготовления смеси, видам сырья и оборудованию. Процесс производства разделен на несколько основных этапов:

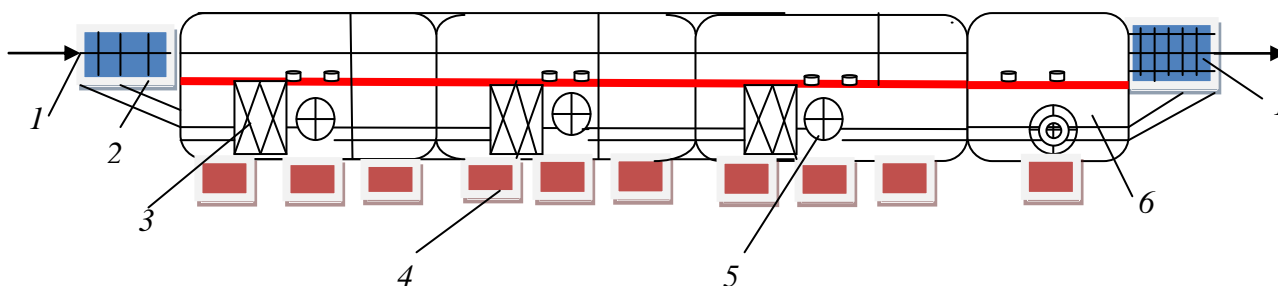
- приготовление базовых и финальных суспензий с МПГ (МПГ – металлы платиновой группы);
- точное нанесение суспензии с одной стороны на керамический субстрат;
- температурная обработка катализатора;
- далее проверка субстрата и второе нанесение с другой стороны;
- температурная обработка катализатора сушка, кальцинация и охлаждение.

В настоящее время эти процессы осуществляются в многозонной печи. Печь состоит из зоны сушки и следующей за ней зоны кальцинации, которые в свою очередь также делятся на зоны. Технология изготовления предусматривает первичное нанесение суспензии, затем сушку, при этом

зона кальцинации не работает, она включается только после второго нанесения и законченной второй сушки.

*Недостатком* этого технологического процесса является то, что зона кальцинации работает в периодическом режиме и из-за аккумуляции тепла кладкой ведет к повышенным энергозатратам.

В своей работе мы рассматриваем возможность использования дополнительной сушильной печи с тем, чтобы первоначальную сушку проводить в этой печи, а вторая сушка будет проводиться в существующей печи. Для этого сделаны расчеты геометрических размеров сушильной ленточной печи с учетом необходимой производительности: длина печи – 10 м, высота – 2,5 м, ширина – 2 м. Определена мощность нагревательной печи 500 кВт, с учетом мощности одного двигателя 11 кВт – 380 В. Тип нагревателя тены по 3 кВт. С учетом типа нагревателей время сушки будет варьироваться от 20 до 50 мин. Температура в печи постоянная, не более 95 °С. Система обдува при сушке и охлаждении осуществляется вентиляторами. Также определена мощность вентилятора охладителя 5,5 кВт – 380 В. Теплоизоляционный слой печи: пенные блоки, либо каучуковая стекловата, кожух – нержавеющая сталь. Система вентиляции будет приточная и вытяжная (рис. 4).



*Рис. 4. Проектируемая сушильная печь:*

*1 – загрузка-выгрузка катализаторов; 2 – конвейер; 3 – нагреватель;  
4 – двигатель; 5 – вентилятор; 6 – зона охлаждения*

Аналогичные расчеты сделаны для совмещенной печи кальцинации, которая в данном случае будет работать непрерывно. Длина печи – 20 м, ширина – 2,5 м, глубина – 3,5 м. Также определена мощность печи 1500 кВт. Тип нагревателя является аналогичным – тены по 3 кВт. Длительность процесса кальцинации 40–45 м, температура 450–500 °С. Обдув продукции при кальцинации и охлаждении также осуществляется вентиляторами. Для перераспределения теплового воздуха имеется теплообменник. Материал самой печи – нержавеющая сталь.

Для согласованной работы всего технологического процесса была выбрана система автоматизированного управления SKADA. Система поз-

волит осуществить контроль и регулирование ритмичной загрузки и выгрузки сушильной и комбинированной печи; регулировать температуру в этих тепловых устройствах, а также скорость и расход сушильного агента; подготовить и генерировать отчет о ходе технологического процесса. Также возможно логическое управление обработки информации в реальном времени и контроль работы газоочистных сооружений, управление аварийной сигнализацией и тревожными сообщениями. Отображаться вся информация будет на экранах мониторов в удобной и понятной для человека форме.

Таким образом, использование автоматизированной независимой проходной сушильной печи и печи кальцинации позволит увеличить выпуск катализаторов, обеспечить бесперебойную работу печи кальцинации и снизить энергозатраты. Такая схема разделения может использоваться на аналогичных производствах, где применяется многократная сушка.

УДК 622.7

## **О ВОЗМОЖНОСТИ СЕЛЕКЦИИ СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО КОНЦЕНТРАТА МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ**

**А.А. Глумова, И.А. Сятойкина**  
**Научный руководитель В.И. Брагин**  
*Сибирский федеральный университет*

Обогащение свинцово-цинковых руд, несмотря на их широкое разнообразие, осуществляется методом флотации, по селективной или коллективно-селективной схеме. Из истории развития обогащения известно, что возможность флотационного разделения сульфидов свинца и цинка появилась при внедрении метода Шеридана – Гризвольда, основанного на совместном применении цианидов щелочных металлов и сульфата цинка. Данный метод селекции минералов применяется и в настоящее время на большинстве фабрик, перерабатывающих полиметаллические руды. Использование токсичных цианидов создает угрозу загрязнения окружающей среды. Результаты многочисленных исследований, направленных на изыскание реагентов – возможных заменителей цианидов, нашли в ряде случаев ограниченное применение из-за сложности вещественного состава руд. Однако до настоящего времени попытки полностью заменить цианиды при флотационной селекции полиметаллических руд не дали положительных результатов. Поэтому проблема

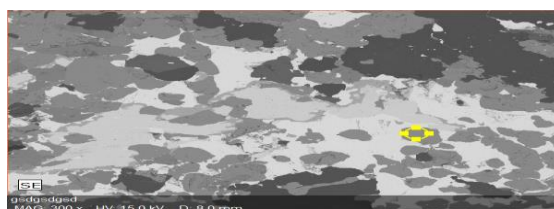


разработки эффективной, экологически безопасной технологии обогащения полиметаллических руд, обеспечивающей комплексное извлечение металлов, продолжает оставаться весьма актуальной.

Целью данной работы является разделение свинцово-цинковой руды с использованием комбинации флотационного и магнитного методов обогащения. Объектом исследования является представительная проба свинцово-цинковой руды. Материал пробы в основном представлен обломками серого цвета размером 5–15 см, без видимой сульфидной рудной минерализации. Из сульфидов отмечаются пирит, пирротин, галенит и сфалерит. Размеры индивидуальных выделений сульфидов не превышают 1 мм, протяжённость прожилков достигает нескольких см. Из рудных минералов отмечаются галенит, сфалерит, пирротин. Галенит является главным рудным минералом пробы. В рудных образцах он образует пятна, линзочки, полосы, прожилки и неравномерную вкрапленность с размерами до 1–2 мм. Галенит проявляется в самостоятельных выделениях, но чаще в сростках со сфалеритом и пирротин. В отдельных образцах преобладает сфалерит, образуя пятна, прожилки и отдельную вкрапленность размером до первых сантиметров. Срастания сфалерита с сидеритом, галенитом, пирротин и марказитом для крупных зёрен в целом простые, более тонкие выделения образуют тонко прорастающие агрегаты. Основными компонентами сфалерита являются сера, цинк и железо. Причем содержание Fe варьирует от 7,07 до 10,16 масс. %, в среднем составляя 8,31 масс. % (рис. 1). Наиболее низкожелезистым является сфалерит, образующий каймы обрастания вокруг фрамбоидальных выделений пирита (рис. 2), также для пробы характерны выделения сфалерита с максимальной зафиксированной железистостью. Это указывает на наличие двух генераций сфалерита: раннего (железистого) и позднего (маложелезистого). Распространённость второй генерации незначительна. Таким образом, данные по составу пробы позволяют нам обоснованно использовать магнитные методы для селекции сульфидов.

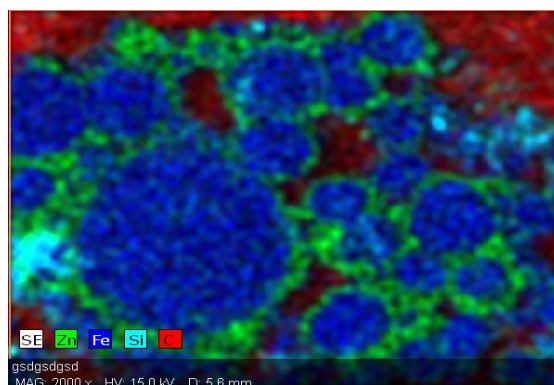
На исходной пробе были поставлены эксперименты с проведением коллективной флотации сульфидов с последующим разделением коллективного концентрата на высокоградиентном магнитном сепараторе. Коллективную флотацию осуществляли при тонком измельчении (90 % класса – 0,074 мм) с целью полного раскрытия тонкопрорастающих минеральных фаз. Флотацию проводили с добавлением медного купороса в измельчение с целью активации свежееобразованной поверхности сфалерита, в качестве собирателя использовали ксантогенат, пенообразовател – Т-80, для повышения качества проводили три перечистки коллективного концентрата. После флотации коллективный концентрат, отмытый от реагентов, путем пропарки в среде сернистого натрия, отправляли на три стадии высокоградиентной сепарации при снижении напряженности магнитного поля в

каждой стадии для перечистки магнитного продукта. Схема проведения селекции коллективного концентрата представлена на рис. 3. Результаты проведения эксперимента представлены в таблице.



	[wt. %]	[at. %]
Zinc 30 K-series	48,68	33,84
Sulfur 16 K-series	37,60	53,30
Iron 26 K-series	11,61	9,45
Silicon 14 K-series	2,10	3,40

Рис. 1. Состав железистого сфалерита



Total: 100,00 100,00

Рис. 2. Глобулы пирита, обросшего сфалеритом

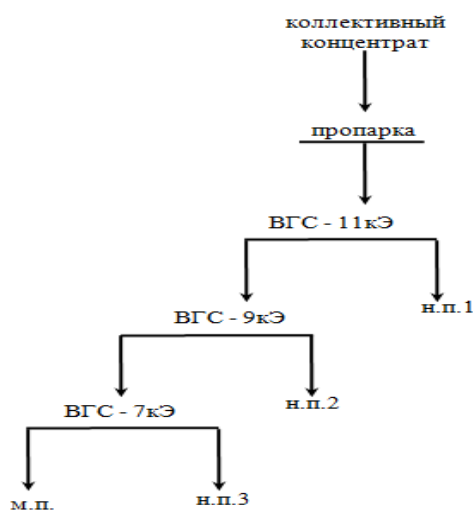


Рис. 3. Схема проведения эксперимента

**Таблица. Результаты проведения эксперимента**

Продукт	Выход	Массовая доля, %			Извлечение, %		
	%	Pb	Zn	Fe	Pb	Zn	Fe
Коллективный концентрат	5,00	45,57	12,40	9,00	57,64	20,91	3,54
п/п 1	7,73	4,20	3,70	30,00	8,21	9,65	18,24
п/п 2	3,63	8,00	6,53	28,80	7,35	8,00	8,22
п/п 3	1,88	15,46	10,67	24,18	7,35	6,77	3,58
п/п 4	7,70	3,83	7,68	29,25	7,46	19,95	17,72
Хвосты	74,07	0,64	1,39	29,50	11,99	34,73	171,88
Итого	100,00	3,95	2,96	12,71	100,00	100,00	100,00
м. п. (Zn концентрат)	29,46	12,60	18,26	21,80	7,99	43,41	67,06
н. п. 1 (Pb концентрат)	45,33	67,20	7,30	3,70	65,60	26,70	17,51
н. п. 2	19,09	54,20	12,39	5,05	22,28	19,09	10,07
н. п. 3	6,11	31,30	21,90	8,40	4,12	10,80	5,36
Итого	100,00	46,43	12,39	9,58	100,00	100,00	100,00

По результатам испытаний получили, что в магнитный продукт (Zn концентрат) переходит цинк с содержанием 18,26 % при извлечении его 43,41 %, а в немагнитный продукт (Pb концентрат) переходит свинец с содержанием 67,2 % при его извлечении 65,6 %.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности обогащения свинцово-цинковых руд с использованием комбинации флотационного и магнитного методов обогащения. Совершенствование полученных технологических показателей предполагается путем увеличения числа перечисленных операций высокоградиентной магнитной сепарации как магнитного, так и немагнитного продуктов, а также путем использования более тонкого материала в качестве носителя магнитного продукта (стальная вата, дробь крупностью 1 мм).

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА  
ДЛИННОМЕРНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ  
ИЗ БЕЛОГО ЗОЛОТА 585-Й ПРОБЫ**

**Ю.Д. Гайлис**

**Научный руководитель С.Б. Сидельников**

*Сибирский федеральный университет*

Развитие процессов производства деформированных полуфабрикатов из цветных металлов и сплавов связано с проектированием технологических параметров. Для автоматизирования многооперационных расчетов таких процессов актуально применение системы автоматизированного проектирования (САПР). Адаптация таких систем к конкретному производственному процессу существенно повышает их эффективность. Как показал анализ научно-технической литературы, существующие программные продукты имеют узкую область применения и высокую вероятность ошибки при расчетах энергосиловых параметров для обработки новых, в том числе драгоценных, металлов и их сплавов, информация по механическим свойствам которых отсутствует.

Полуфабрикатами при производстве ювелирных изделий, независимо от применяемой технологии и материалов, являются ленты и полосы, полученные холодной листовой прокаткой (для дальнейших операций штамповки, вырубки и др.), а также прутки после сортовой прокатки для последующего волочения проволоки. При этом потребность в подобных САПР существенно возрастает при проектировании технологий производства деформированных полуфабрикатов из новых сплавов, а также для решения задач их обработки методом холодной сортовой прокатки, для которой в литературе отсутствуют методики расчета формоизменения и силовых затрат. В связи с этим для анализа и оптимизации технологических режимов производства длинномерных полуфабрикатов для получения ювелирных изделий на ОАО «Красноярский завод цветных металлов» (ОАО «Красцветмет») было разработано программное обеспечение «PROVOL», позволяющее проектировать параметры холодной листовой, сортовой прокатки и волочения, а также адаптированное к заводским условиям.

Созданная программа реализована в среде программирования Delphi производства корпорации Borland. Алгоритм включает формирование исходных данных, расчет геометрических размеров обрабатываемого металла, расчет режимов обжатий по проходам, определение энергосиловых па-

раметров, визуализацию расчетных данных, построение калибровки валков. В САПР используются методики определения деформационных режимов прокатки и волочения, разработанные учеными кафедры обработки металлов давлением Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета.

Программа включает три модуля: «Листовая прокатка», «Сортовая прокатка», «Волочение», – которые могут использоваться как в общем алгоритме расчета, так и для проведения вычислений для одной выбранной операции. Первый модуль подразделяется на два блока расчета в зависимости от выбираемой группы оборудования: реверсивные или непрерывные станы. Во всех модулях подсистемы для удобства пользователя разработан одинаковый интерфейс, а окна имеют аналогичный вид. В качестве выходной информации программа формирует таблицы результатов, графики зависимостей рассчитанных параметров процессов в зависимости от номера прохода и отчеты.

В модуле для расчета сортовой прокатки проектируются не только технологические параметры процесса, но и калибры, применяемые для прокатки в производственных условиях на ОАО «Красцветмет». Особенность применяемой на производстве калибровки, близкой к системе «ромб-квадрат», заключается в геометрии калибров: поперечное сечение прокатываемого прутка представляет собой ромб со срезанными вершинами (восьмигранник). Научно-обоснованные методики расчетов параметров сортовой прокатки разработаны для горячей обработки сталей [1], в том числе для системы калибров «ромб-квадрат», поэтому данная методика расчета формоизменения и определения энергосиловых параметров была адаптирована для холодной прокатки сплавов драгоценных металлов [2, 3] по схеме, применяемой на производстве. На основе данных методик был разработан алгоритм модуля «Сортовая прокатка», который лег в основу подсистемы САПР «PROVOL».

Информация по механическим свойствам материалов и характеристикам оборудования хранится в базе данных сплавов и оборудования, созданной в программном продукте MSAccess. Данные систематизированы так, что их извлечение удобно в рамках предложенных алгоритмов для программного комплекса, а расширение базы за счет информации по свойствам новых сплавов или характеристик дополнительного оборудования удобно для пользователя. База данных может работать автономно или в комплексе с программой для проектирования технологических режимов прокатки и волочения.

Разработанная программа позволяет проектировать параметры процессов получения деформированных полуфабрикатов из наиболее распространенных цветных металлов и сплавов. Отработка функционирования

подсистемы «PROVOL» была проведена для производственных условий ОАО «Красцветмет» по изготовлению проволоки для ювелирных цепей из нового сплава золота 585-й пробы белого цвета [4]. В соответствии с заводской технологией прутки диаметром 10 мм подвергают сортовой прокатке в три этапа: на стане «FlamorTL 12Т» до стороны раската 4,6 мм (средняя вытяжка составляет  $\lambda_{cp} = 1,16$ ) и станах типа BILER. Далее полученная заготовка (приведенный диаметр 1,24 мм) с целью получения проволоки диаметром 0,25 мм подвергается холодному волочению на стане типа 10NFSCOMEVI.

The screenshot shows a software window titled "Сортовая прокатка" with a "Ввод данных" (Data Entry) section. It includes input fields for "Исходные данные" (Initial data) and "Вытяжки по проходам" (Drawings per pass). Below the input fields are buttons for "Оборудование" (Equipment), "Сплав" (Alloy), and "Ок" (OK). At the bottom, there are buttons for "Чертеж" (Drawing), "Отчет" (Report), "Расчет" (Calculation), and "Графики" (Charts).

The "Исходные данные" section contains the following values:

- Сторона заготовки: 8,86 мм
- Конечная сторона раската: 4,6 мм
- Средняя вытяжка: 1,16

The "Вытяжки по проходам" section contains the following values:

- 1: 1,26; 4: 1,18; 7: 1,16
- 2: 1,09; 5: 1,17; 8: 1,12
- 3: 1,04; 6: 1,22; 9: 1,18

The "Результаты расчетов" (Calculation Results) section displays a table with the following data:

	Сторона калибра, мм	Высота калибра, мм	Ширина калибра, мм	Площадь сечения калибра, мм <sup>2</sup>	Вытяжка	Степень деформации, %	Уширение	Степень заполнения калибра	Приведенный диаметр валков, мм
2	7,56	8,02	8,69	57,15	1,09	27,18	1,08	0,76	11,08
3	7,41	7,54	8,52	54,95	1,04	29,98	1,09	0,83	10,49
4	6,82	7,24	7,84	46,57	1,17	40,66	1,05	0,77	12,28
5	6,3	6,41	7,27	39,8	1,16	49,28	1,07	0,87	12,32
6	5,71	6,06	6,56	32,62	1,21	58,43	1,03	0,77	14,67
7	5,3	5,38	6,13	28,12	1,15	64,16	1,08	0,87	14,66
8	5,01	5,32	5,76	25,11	1,12	68	1,07	0,76	16,72
9	4,59	4,67	5,33	21,16	1,18	73,04	1,08	0,88	16,9

Рис. 1. Окно программы для расчета параметров сортовой прокатки

Выполнение процедур автоматизированного проектирования осуществляется в следующей последовательности. При запуске программы выбирается модуль подсистемы «Сортовая прокатка». В открывшемся окне задаются исходные данные, выбираются из базы данных оборудование и марка обрабатываемого сплава. Далее программа автоматически производит расчет необходимого количества проходов, открывая соответствующее число ячеек для ввода пользователем значений коэффициентов вытяжек по проходам. Результаты расчетов выводятся на монитор в виде таблицы (рис. 1). При необходимости в блоке графической поддержки формируются графики зависимостей определяемых параметров от номера прохода (рис. 2).

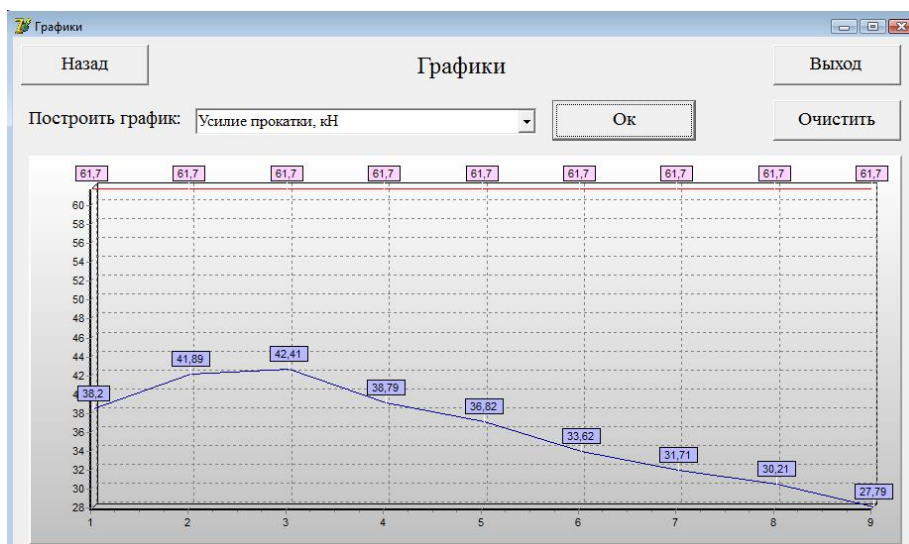


Рис. 2. Окно графической поддержки

Все данные экспортируются в программный продукт MSExcel, где для удобства анализа и дальнейшей обработки информации формируется отчет, содержащий исходные данные и результаты расчетов. Кроме того, в подсистеме предусмотрена возможность формирования чертежей калибров на основании рассчитанных геометрических характеристик (рис. 3).

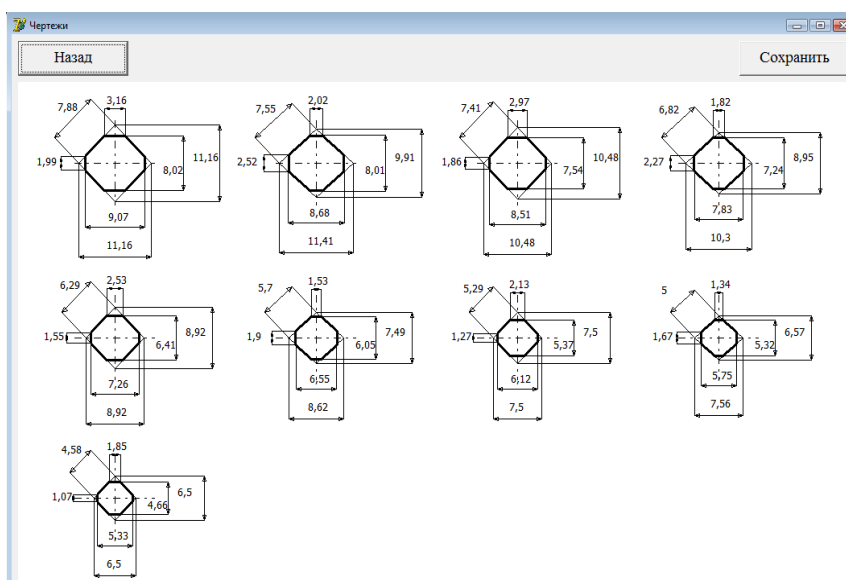


Рис. 3. Окно графической поддержки для представления чертежей проектируемых калибров

Расчеты процесса волочения проводятся по аналогичной методике, при этом с помощью модуля подсистемы «Волочение» рассчитываются диаметры полуфабрикатов по переходам, напряжение волочения, коэффициенты запаса и усилие волочения (рис. 4).

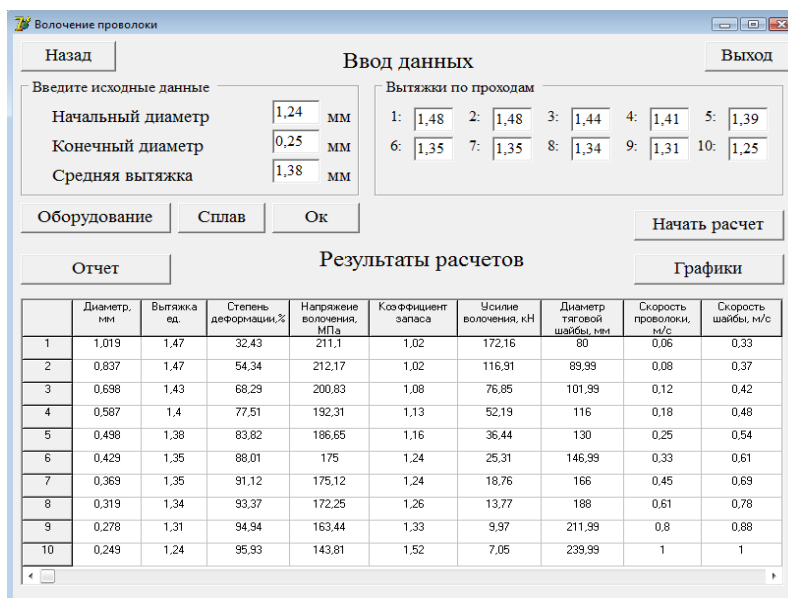


Рис. 4. Окно программы для расчета параметров волочения

Проектирование параметров процессов сортовой прокатки и волочения проводилось в рамках анализа и усовершенствования существующих схем обработки при апробации новых сплавов золота красного и белого цвета 585-й пробы в промышленных условиях ОАО «Красцветмет». В результате опытно-промышленных испытаний установлено, что при производстве ювелирных цепей из красного золота из проволоки диаметром 0,25 мм существенно повышается выход годного по сравнению со средним на производстве. Подсистема «PROVOL» внедрена также в учебный процесс и используется при обучении студентов направления подготовки «Металлургия» и специальности «Обработка металлов давлением».

Таким образом, с помощью программы «PROVOL» для проектирования производства ювелирных изделий можно осуществлять многооперационные расчеты технологических параметров изготовления деформированных длинномерных полуфабрикатов в ювелирном производстве, в том числе из новых сплавов драгоценных металлов. Применение этой подсистемы позволило провести анализ и усовершенствовать технологический процесс изготовления ювелирных цепей в производственных условиях.

### Список литературы

1. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Теплотехник, 2010.
2. Сидельников С.Б., Лебедева О.С., Столяров А.В., Гайлис Ю.Д. и др. Расчет параметров формоизменения процесса холодной сортовой прокатки прутков из сплавов золота 585-й пробы // Сборник научных тру-



дов SWorld: материалы международной науч.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012». Выпуск 3. Т. 9. Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. С. 64–69.

3. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Лебедева О.С., Беляев С.В. и др. Разработка методики расчета технологических параметров получения деформированных полуфабрикатов из сплавов золота 585-й пробы // Журнал Сибирского федерального университета, серия «Техника и технологии». 2012. Октябрь. Т. 5. № 6. С. 615–623.

4. Сидельников С.Б., Мальцев Э.В., Довженко Н.Н. и др. Сплав на основе золота белого цвета 585-й пробы. Патент РФ № 2430982. опубликовано 10.10.2011. Бюл. № 28.

УДК 532.528

## **КАВИТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ЛОПАСТНЫХ УСТРОЙСТВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ**

**О.А. Жигалова, Н.В. Шерешкова**  
**Научные руководители А.Ю. Радзюк, Е.Б. Истягина**  
*Сибирский федеральный университет*

Тепломассообменные процессы, протекающие в тепловых установках или реакционных устройствах, часто интенсифицируются путем перемешивания материалов для достижения заданного технологического результата.

Механическое перемешивание осуществляется с помощью мешалок, которым сообщается вращательное движение либо непосредственно от электродвигателя, либо через редуктор или клиноременную передачу. Виды мешалок, используемые в промышленном производстве, весьма разнообразны.

Задача внешнего обтекания тел в условиях перемешивания может быть решена с помощью уравнений Навье – Стокса и неразрывности потока. Для решения этой задачи используют теорию подобия. Для вынужденного стационарного движения жидкости обобщённое уравнение гидродинамики имеет вид

$$Eu = f(Fr_m, Re_m, \Gamma_1 \Gamma_2 \dots),$$

где  $Eu$  – критерий Эйлера,  $Fr_m$  – критерий Фруда,  $Re_m$  – критерий Рейнольдса,  $\Gamma_1, \Gamma_2$ , – симплексы геометрического подобия.

Окружная скорость определяется

$$\omega_{\text{окр}} = \pi dn,$$

где  $n$  – число оборотов мешалки в единицу времени (частота вращения),  $d$  – диаметр мешалки.

Будем использовать  $d$  как определяющий линейный размер, тогда:

$$\text{Re}_m = \frac{nd \cdot d \rho}{\mu} = \frac{nd^2 \rho}{\mu},$$

$$\text{Fr}_m = \frac{n^2 d^2}{gd} = \frac{n^2 d}{g},$$

$$\text{Eu}_m = \frac{\Delta \rho}{\rho (nd)^2}.$$

Мощность на валу мешалки  $N$  пропорциональна силе  $P$ , приложенной к валу мешалки и окружной скорости  $\omega_{\text{окр}}$ , т. е.

$$\Delta \rho = \frac{P}{S} = \frac{N}{(nd)S} = \frac{N}{nd^3},$$

где  $S$  пропорциональна  $d^2$ .

Подставив  $\Delta \rho$  в выражение для  $\text{Eu}_m$ , получим

$$\text{Eu}_m = \frac{N}{\rho n^3 d^5} = K_N.$$

Критерий  $\text{Eu}_m$ , выраженный в таком виде, называют критерием мощности и обозначают через  $K_N$ .

Критериальное уравнение для мешалки принимает вид

$$K_N = f(\text{Re}_m, \text{Fr}_m, \Gamma_1, \Gamma_2 \dots)$$

или

$$K_N = A \text{Re}_m^m \text{Fr}_m^n \Gamma_1^p \Gamma_2^q$$

Численные значения коэффициентов  $A$ ,  $n$ ,  $m$ ,  $p$ ,  $q$  для подобных мешалок устанавливают экспериментально. В специальной литературе приведены значения этих коэффициентов для наиболее распространённых типов мешалок. Для упрощения расчётов приводят графики зависимости

критерия мощности  $K_N$  от модифицированного критерия  $Re_m$  с фиксированными (в качестве параметров) геометрическими симплексами  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  и критерием Фруда  $Fr_m$ .

График зависимости  $K_N$  от критерия  $Re_m$  для перемешивающего устройства приведён на рис. 1.

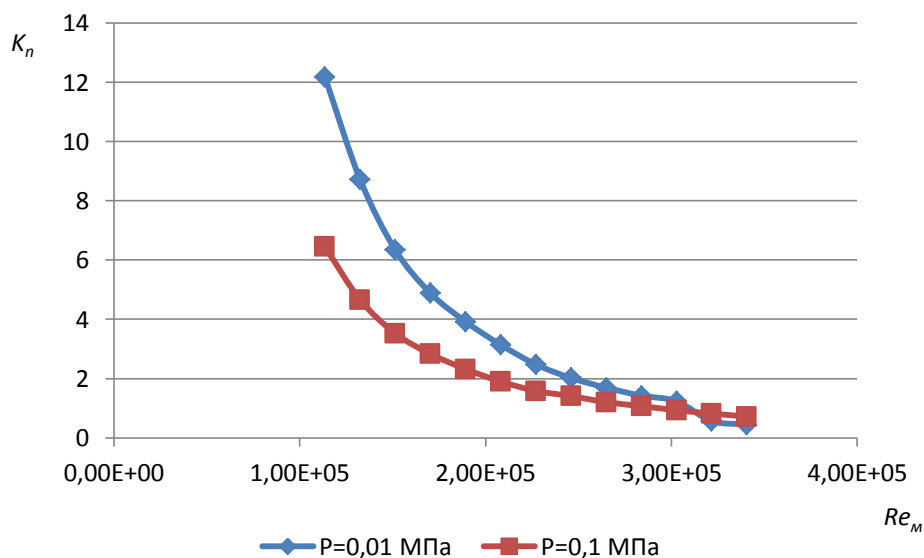


Рис. 1. Зависимость коэффициента мощности от критерия  $Re$

Полученные результаты качественно согласуются с приводимыми литературными кривыми для аппаратов с перегородками [1]. Дальнейшие эксперименты проводились на крыльчатках с различным углом раствора  $14,4^\circ$  и  $26^\circ$  с целью выявления закономерностей развития режимов перемешивания.

Несмотря на широкую распространенность процессов перемешивания в технике, технологиях и быту, к настоящему времени еще не до конца разработаны корректные аналитические методы расчета аппаратов и отдельных их элементов. Для решения практических задач широко применяются экспериментальные методы, основанные на проведении необходимых измерений в лабораторных условиях на моделях.

Особенно это актуально при использовании перемешивающих устройств, не описанных в литературе, когда приходится изучать эффекты перемешивания, опираясь на экспериментальные исследования.

Чтобы передать жидкости большую энергию по сравнению с гладкостенными устройствами, аппарат снабжался перегородками. Схема течения в смесителе с внутренними перегородками представляет собой два циркуляционных контура (рис. 2).

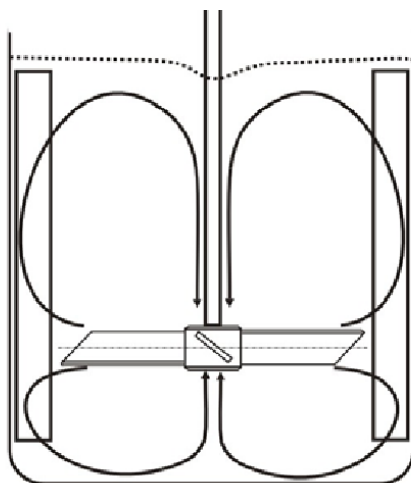


Рис. 2. Схема течения в смесителе

Нами был проведен ряд опытов, позволяющих лучше понять характер процессов перемешивания и выявить направление совершенствования указанных процессов.

Исследования проводились на экспериментальном стенде динамического типа, где в качестве рабочего тела использовалась отстоянная вода. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 3.

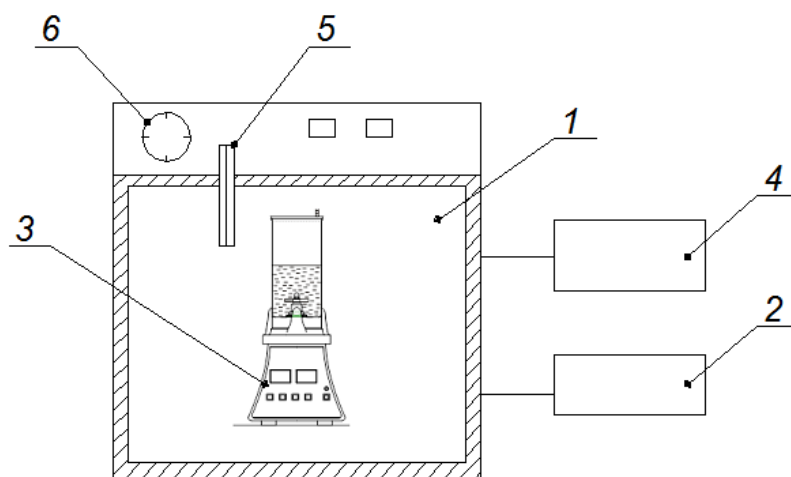


Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – вакуумный шкаф; 2 – насос; 3 – быстроходное перемешивающее устройство; 4 – амперметр; 5 – термометр; 6 – вакуумметр

Эксперименты проводили посредством ступенчатого увеличения частоты вращения мешалки при различных давлениях. Полученные зависимости приведены на рис. 4.

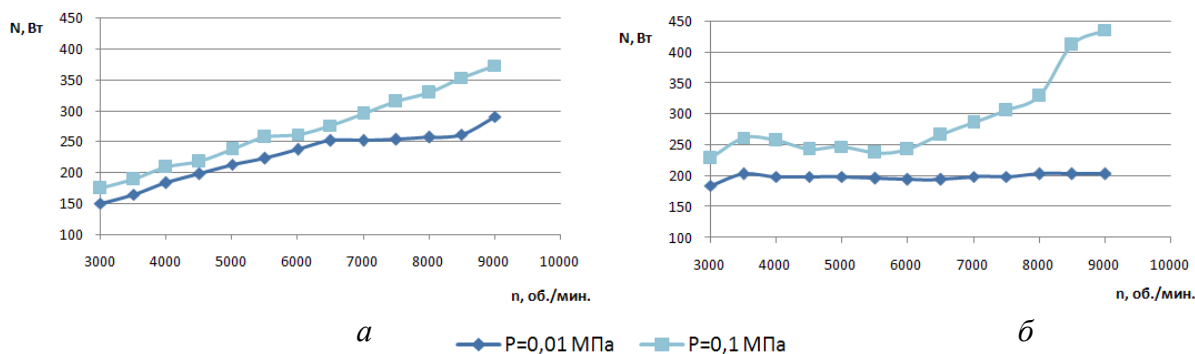


Рис. 4. Зависимости затрачиваемой мощности от числа оборотов:  
 а – крыльчатка с малым углом раствора; б – с большим углом

Физические условия, созданные в экспериментальной установке, гарантируют наличие режимов течения, характеризующихся нарушением сплошности потока, т. е. кавитацией. Об этом говорит близость минимального давления (0,01 МПа) в рабочей камере к давлению насыщения водяных паров. Анализируя полученные зависимости (рис. 4) можно сделать предположение, что в качестве отличительной особенности кавитационного режима можно принять близкий к горизонтальному угол наклона участка кривой. Отсутствие изменения потребляемой мощности с ростом скорости свидетельствует о постоянном сопротивлении движению мешалки, что возможно только при движении в парогазовой смеси. Исходя из этого, на приведенных графиках кавитационные режимы течения были зафиксированы для крыльчатки с малым углом раствора в диапазоне скоростей 6500–8500 об./мин. при давлении 0,01 МПа, для крыльчатки с большим углом – 3500–9000 об./мин. при давлении 0,01 МПа.

Проведенные опыты показали возможность применения созданной экспериментальной установки для изучения кавитационных процессов в широком диапазоне рабочих давлений и для анализа режимов работы разнообразных различных типов мешалок с целью их технологического совершенствования.

Полученные результаты могут быть использованы для определения гидродинамических режимов в установках подобного рода с целью их технологического совершенствования.

### Список литературы

1. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред. Л.: Машиностроение, 1979. 271 с.
2. Лунин М.В. Метод и средство контроля объёмного расхода газа в процессах с малым газовыделением: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Орел, 2010. 16 с.

3. Радзюк А.Ю., Кулагин В.А., Криволицкий А.С. Экспериментальный стенд для получения высокодисперсных эмульсий (суспензий) // Вестник Ассоциации выпускников КГТУ. Вып. 4. Красноярск: КГТУ, 2000. С. 77–79.

4. Рождественский В.В. Кавитация. Л.: Судостроение, 1977. 247 с.

5. Исаков А.Я., Исаков А.А. Кавитация в перемешивающих устройствах: монография. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. 206 с.

УДК 621.314

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОМПЕНСИРОВАННОГО ТРАНСФОРМАТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА MatLAB**

**Л.А. Фоминцев, Н.В. Сизганов, К.А. Зув**  
**Научные руководители Ю.П. Попов, Е.Ю. Сизганова**

*Сибирский федеральный университет*

Реактивная мощность является параметром режима, характеризующим интенсивность обмена электромагнитной энергией между элементами системы электроснабжения, обусловленного реактивными составляющими токов. Это позволяет выделить источники и потребители реактивной мощности. Для элементов, в которых ток опережает напряжение, реактивная мощность отрицательная, и такие элементы являются источниками реактивной мощности. На электрифицированных железных дорогах переменного тока реактивная мощность передается по контактной сети рельсовым цепям.

Реактивная мощность, загружая трансформаторы, контактную сеть и другие элементы электрической сети, уменьшает возможность передачи активной мощности, увеличивает потери активной и реактивной мощности и вызывает дополнительные потери напряжения на зажимах потребителя.

На тяговых подстанциях компенсация реактивной мощности осуществляется с помощью однофазных батарей конденсаторов.

Анализ зарубежной и отечественной литературы показал, что индивидуальную компенсацию можно осуществить, применяя нетрадиционные компенсирующие устройства.

К таким устройствам относится трансформатор, в котором изолированные листы электротехнической стали используются в качестве обкладок конденсатора (компенсированный трансформатор) (рис. 1) [1].

Трансформатор содержит обмотку (на чертеже не показано), магнитопровод, набранный из пластин 1 электрической стали, покрытой с двух сторон изоляцией 2,

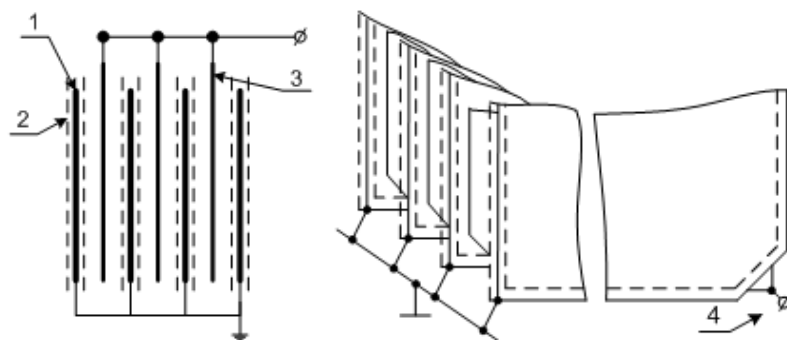


Рис. 1. Трансформатор с однофазным конденсатором

между пластинами помещена тонкая алюминиевая или медная фольга 3. Пластины и фольга исполняют роль обкладок конденсатора при подключении их к выводам обмотки трансформатора. Пластины подклю-

чают к нулевому проводу и заземляют, а фольгу – к фазным выводам обмотки. Пластины имеют срез угла и набраны в магнитопроводе поочередно срезом в разные стороны, выступающие углы фольги образуют выводы 4, с помощью которых фольгу подключают к обмоткам трансформатора [2, 3]. Для однофазных конструкций выводы фольги соединяют параллельно, а пластины набирают срезом в одну сторону, соединяют и заземляют.

### Математическая модель компенсированного трансформатора

Моделирование работы компенсированного трансформатора осуществлялось в системе Matlab Simulink, которая позволяет задавать задачи математической физики с помощью графических блоков и решать эти задачи с высокой точностью.

Для описания процессов, протекающих в трансформаторе, использовались уравнения Максвелла в интегральной форме

$$\begin{cases} \oint_{l_1} (\vec{E}, d\vec{l}) = -\frac{d}{dt} \int_{S_1} (\vec{B}, d\vec{s}) \\ \oint_{l_2} (\vec{H}, d\vec{l}) = \frac{d}{dt} \int_{S_2} (\vec{D}, d\vec{s}) + \int_{S_2} (\vec{j}, d\vec{s}) \end{cases}$$

где  $\vec{E}$  – электрическое поле,  $\vec{B}$  – индукция магнитного поля,  $\vec{H}$  – магнитное поле,  $\vec{D}$  – индукция электрического поля,  $\vec{j}$  – плотность электрического тока,  $l_1$  и  $l_2$  – контуры интегрирования,  $S_1$  и  $S_2$  – поверхности, охватываемые контурами.

В левой части уравнения стоит контурный интеграл, в правой части интеграл по поверхности, границей которого является этот контур. Уравнения справедливы для любых контуров. Так как размеры трансформатора

значительно меньше длины волны, то излучение электромагнитных волн можно не учитывать:

$$\frac{d}{dt} \int_{s_2} (\vec{D}, d\vec{s}) = 0$$

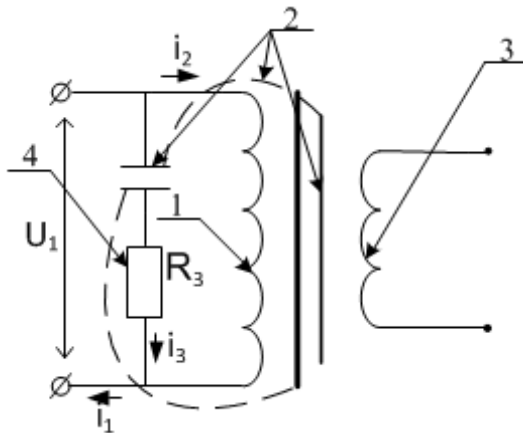


Рис. 2. Схема замещения трансформатора: 1 – обмотка ВН; 2 – магнитопровод-конденсатор, подключенный на часть или полное напряжение обмотки ВН; 3 – обмотки НН; 4 – ограничивающий резистор

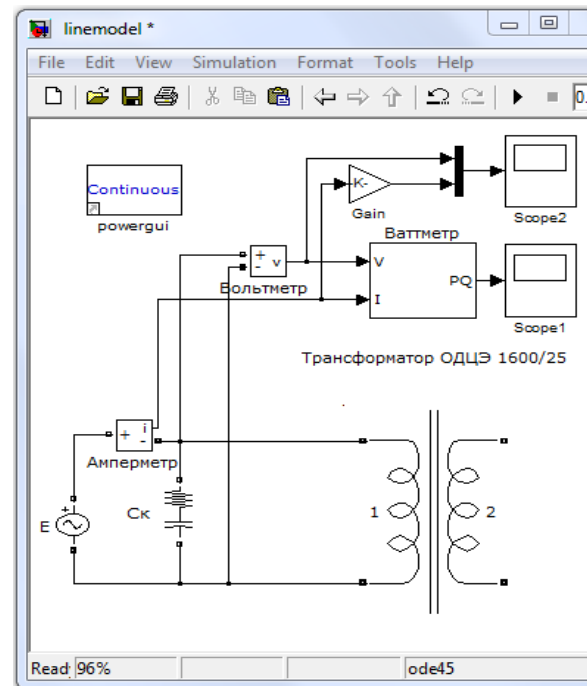


Рис. 3. Модель компенсированного трансформатора в системе MatLAB

Моделирование рабочих процессов в компенсированном трансформаторе проводилось в режиме холостого хода при подключении конденсатора параллельно обмотке высокого напряжения (рис. 2, 3). При этом второе уравнение Кирхгофа в дифференциальной форме будет иметь вид

$$u_1 = i_1 r_1 + L_{11} \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_K} \int_0^t i_3 dt + i_3 r_3$$

где  $u_1, i_1, i_2, i_3$  – мгновенное значение напряжения и токов питания, первичной обмотки и конденсатора;  $r_1, r_3, L_{11}$  – активное сопротивление обмотки, ограничивающего резистора и собственные индуктивность обмотки;  $C_K$  – емкость конденсатора-трансформатора.



Максимально возможная емкость конденсатора-трансформатора вычисляется исходя из габаритов магнитопровода трансформатора по формуле

$$C_K = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot V}{\delta_{из} (\delta_{л} + 2 \cdot \delta_{из})},$$

где  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  – диэлектрическая постоянная;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды, о.е, для принятой изоляции конденсатора-трансформатора «изофлекс»  $\varepsilon = 4$ ;  $\delta_{из}$  – толщина изоляции, мм,  $\delta_{из} = 0,05$  мм;  $\delta_{л}$  – толщина листов магнитопровода, мм,  $\delta_{л} = 0,35$  мм;  $V$  – объем стали магнитопровода,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$V = \frac{G}{\gamma},$$

где  $G = 742$  – масса магнитопровода, кг;  $\gamma = 7650 \text{ кг/м}^3$  – плотность стали,  $\text{кг/м}^3$ .

В результате величина емкости конденсатора для трансформатора ОДЦЭ 1600/25  $C_K = 97,99$  мкФ. Параметры модели (рис. 3) на основе трансформатора ОДЦЭ 1600/25 приведены в таблице.

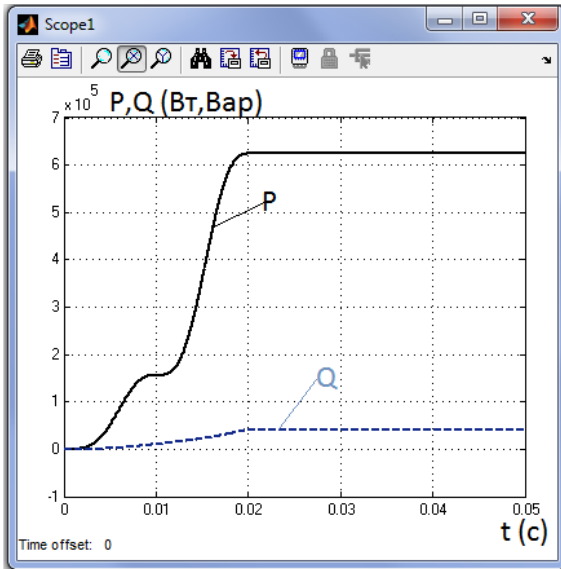
**Таблица.** Параметры модели

$P_{н}$ , кВт	$U_1$ , кВ	$R_3$ , Ом	$C_K$ , мкФ
1600	25	450	97,99

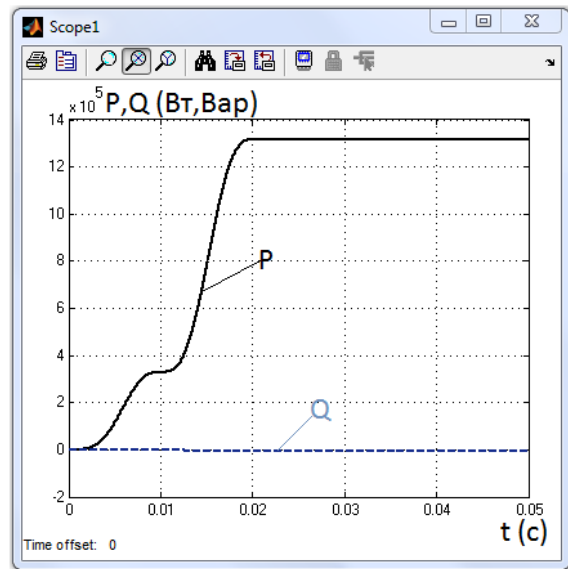
**Результаты моделирования.** Получены зависимости активной и реактивной мощности (рис. 4), потребляемой трансформатором со стороны сети, и напряжения и тока (рис. 5) с учетом компенсации реактивной мощности и без нее.

Из рис. 4 видно, что при подключении конденсатора емкостью  $C_K = 97,99$  мкФ параллельно обмотке ВН реактивная мощность, потребляемая трансформатором со стороны сети, полностью компенсируется. Первые 0,02 с – итерационный процесс модели.

Анализ полученных осциллограмм (рис. 5) показал, что увеличивается значение тока  $i_1$ . Это связано с тем, что часть энергии проходит через параллельно подключённый конденсатор с ограничительным резистором. Кроме того, наблюдается изменение фазового сдвига тока в сторону улучшения  $\cos(\varphi)$ . Для уменьшения тока в цепи конденсатора включён ограничительный резистор, величина сопротивления которого, равная 450 Ом, получена опытным путем. Формализация определения величины сопротивления ограничительного резистора является предметом последующих исследований.

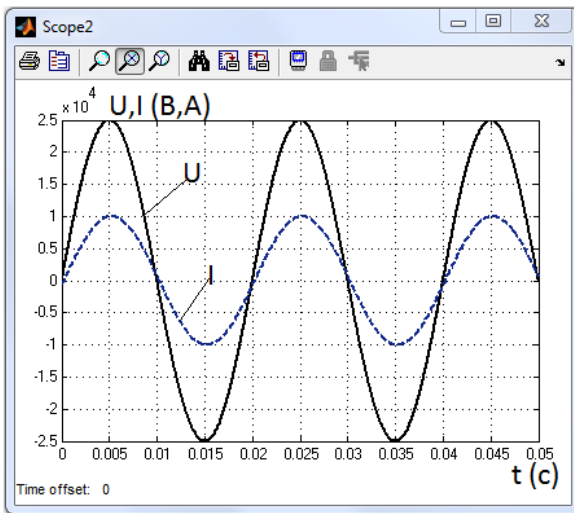


*а*

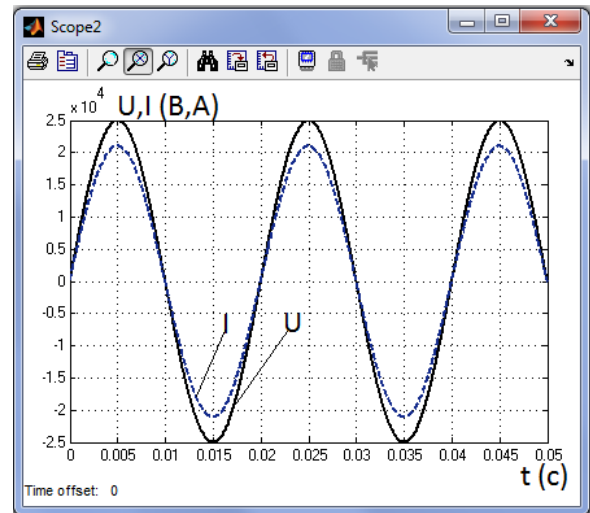


*б*

*Рис. 4. Зависимость активной и реактивной мощности, потребляемой трансформатором со стороны сети, от времени: а – без компенсации; б – при наличии компенсации*



*а*



*б*

*Рис. 5. Осциллограммы тока (масштаб 200:1) и напряжения: а – без компенсации; б – при наличии компенсации*

Таким образом, сравнение данных, полученных при имитационном (математическом) моделировании и физическом моделировании на мало-мощной установке (3 кВт) [4], показывает, что разработанная в Matlab-Simulinc модель адекватно описывает процессы, происходящие в трансформаторе-компенсаторе, и может быть использована для исследования его работы.

### Список литературы

1. Индивидуальная компенсация реактивной мощности на электрифицированном транспорте / Ю.П. Попов, Е.Ю. Сизганова, Л.С. Синенко, А.Ю. Южанников // Сб. трудов IV Международной науч. конф. «Эффективность и качество энергоснабжения промышленных предприятий». Украина. Мариуполь. 2000. С. 239–240.
2. А. с. 1391369 СССР, H01F27/24. Трансформатор / А.И. Грюнер, Ю.П. Попов, А.Ю. Южанников, Е.Ю. Лохмакова (СССР) № 4080214/24-07; Заявлено 6.10.85; Опубликовано 05.05.86. Бюл. № 11. 4 с.
3. А. с. 1391369 СССР, H01F27/24. Трансформатор / Ю.П. Попов, А.Ю. Южанников (СССР). № 4138034/24-07. Заявлено 5.05.85. Опубликовано 22.10.86. Бюл. № 19. 4 с.
4. Повышение энергетической эффективности систем электроснабжения железных дорог переменного тока с использованием компенсированных трансформаторов / О.В. Колмаков, В.В. Конратюк, А.И. Орленко, Ю.П. Попов, Л.С. Синенко // Сб. материалов IV конф. «Энергосбережение и ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте. М.: ЦНТИиБ – филиал ОАО РЖД. С 104–108.

Научное издание

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА**

**Материалы IX Всероссийской  
научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых,  
посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска**

В трех томах

Том 3

Ответственный за выпуск  
**Краев Олег Альбертович**

Корректор С.В. Хазаржан  
Компьютерная верстка А.А. Быковой

Подготовлено к публикации ИЦ БИК СФУ

Подписано в печать 25.07.2013 г. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать плоская

Усл. печ. л. 12,3. Уч.-изд. л. 8,5.

Тираж 100 экз. Заказ 2826.

Издательский центр  
Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел/факс (391)206-21-49. E-mail [rio@sfu-kras.ru](mailto:rio@sfu-kras.ru)  
<http://rio.sfu-kras.ru>

Отпечатано Полиграфическим центром  
Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел/факс (391)206-26-67, 206-26-49  
E-mail: [print\\_sfu@mail.ru](mailto:print_sfu@mail.ru); <http://lib.sfu-kras.ru>