Информационно-методическое объединение педагогов "Эволюция"

СЕРТИФИКАТ

Участника Всероссийского педагогического конкурса с международным участием "Педагогическое мастерство преподавателя на занятиях в НПО, СПО"

Кравникова Анжела Петровна

преподаватель,

ФГБОУ ВПО РГУПС ТТЖТ-филиал РГУПС

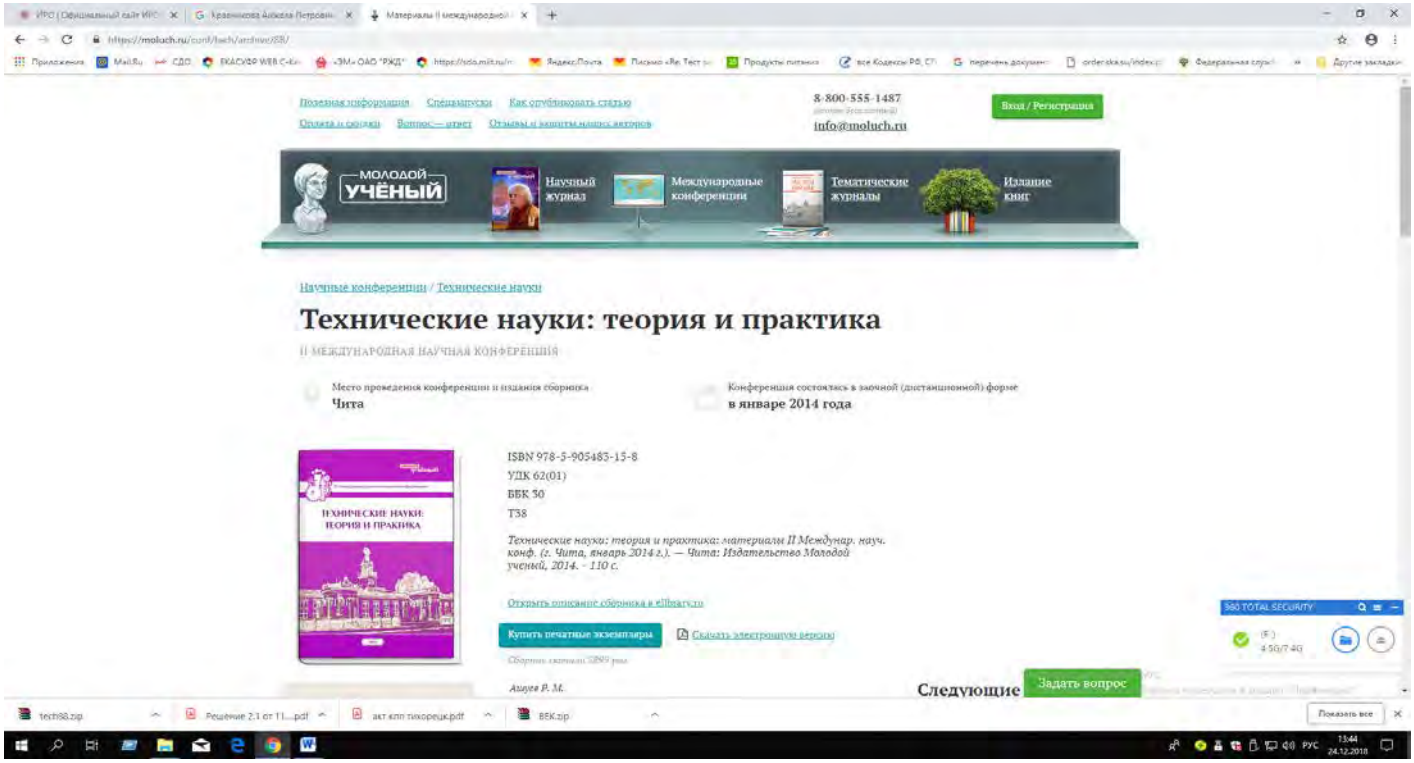
Председатель организационного комитета *А.В. Надточий*

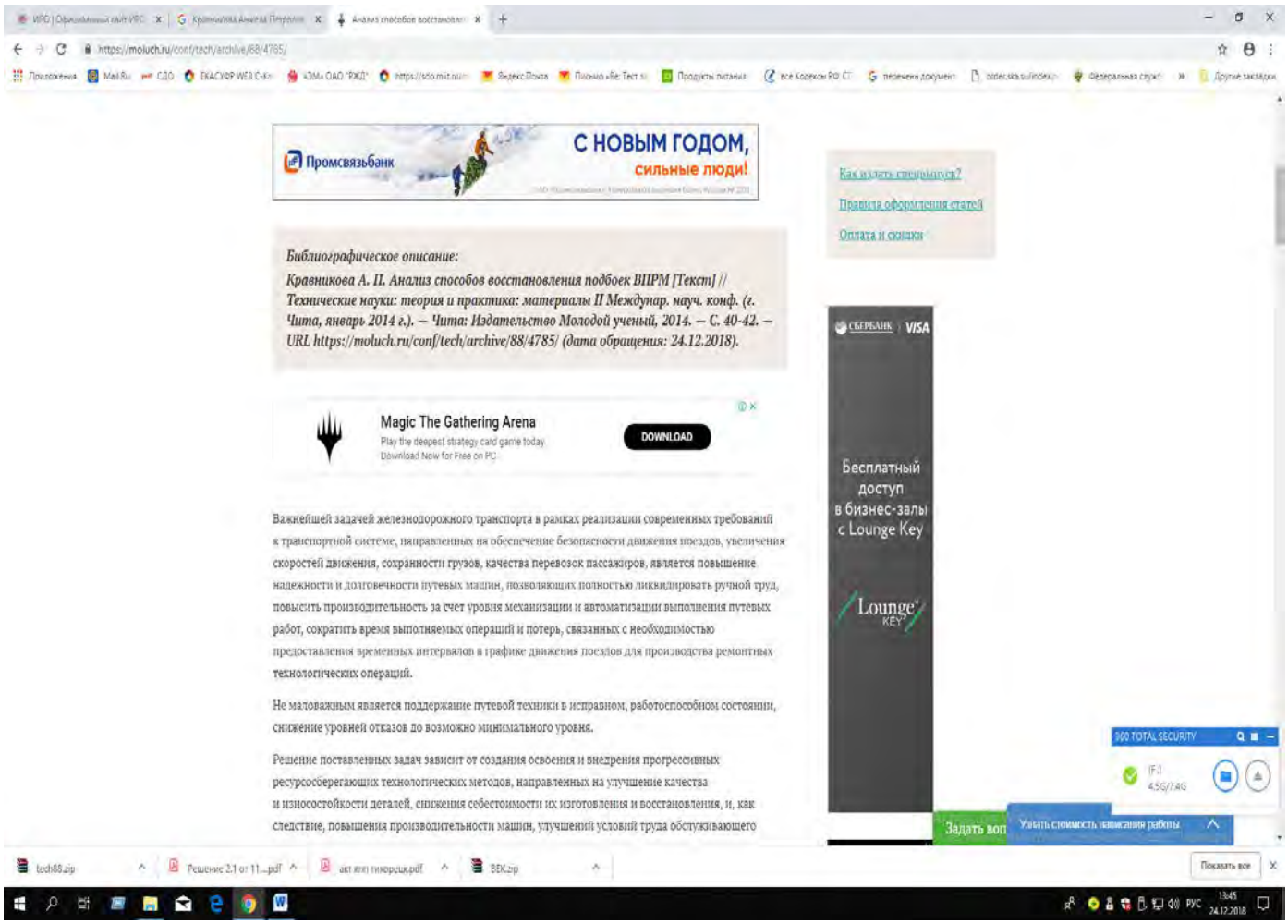
серия СПО-С №325-2015 от 17.12.2015г.

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС77-63612

https://moluch.ru/conf/tech/archive/88/4785/

- ISBN 978-5-905483-15-8
- УДК 62(01)
- ББК 30
- Т38
- *Технические науки: теория и практика: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2014 г.). — Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. - 110 с.*
-





МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

II Международная научная конференция

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



Чита

УДК 62(01)
ББК 30
Т38

Редакционная коллегия сборника:
М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, К. С. Лактионов, Н. М. Сараева, В. В. Ахметова, В. С. Брезгин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров, Е. В. Лескова, М. О. Насимов, А. С. Яхина

Ответственный редактор: *Г. А. Кайнова*

Международный редакционный совет:
Айрян З. Г. (Армения), *Арошидзе П. Л.* (Грузия), *Атаев З. В.* (Россия), *Велковска Г. Ц.* (Болгария), *Гайич Т.* (Сербия), *Данатаров А.* (Туркменистан), *Ешиев А. М.* (Кыргызстан), *Игисинов Н. С.* (Казахстан), *Лю Цзюань* (Китай), *Нагервадзе М. А.* (Грузия), *Прокопьев Н. Я.* (Россия), *Прокофьева М. А.* (Казахстан), *Ребезов М. Б.* (Россия), *Хоналиев Н. Х.* (Таджикистан), *Хоссейни А.* (Иран)

Т38 **Технические** науки: теория и практика: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, январь 2014 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. – iv, 110 с.

ISBN 978-5-905483-15-8

В сборнике представлены материалы II Международной научной конференции «Технические науки: теория и практика».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)
ББК 30

ISBN 978-5-905483-15-8
© Коллектив авторов, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Слизова С.В.
Macromedia Flash для создания электронных учебников 1

2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Карабан В.М., Краюхин А.С., Севастьянов Р.С.
Возможности программного обеспечения компании Mentor Graphics в области трехмерного моделирования электромагнитных полей электронных устройств и систем. 3

Лисицкий М.В., Кутузов Д.В.
Система мониторинга интенсивности ионизирующего излучения в отделениях лучевой терапии и диагностики. 6

Муравцов А.А., Кольцов В.В., Орлова Л.И., Бойко А.П.
Алгоритм статистических испытаний для определения параметров структур сетей связи по методу Монте-Карло 9

Орощук И.М., Сучков А.Н.
Потенциальные возможности пространственно-корреляционного способа обработки сигналов в декаметровом диапазоне. 12

Ставер Е.В.
Подробный аналитический разбор физического датчика calif.bit в сравнении с неисправным датчиком germany.bit по критериям американского стандарта Draft SP 800–90b. 16

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Чернушко М.М.
Применение машины Тьюринга для реализации алгоритмов шифрования. 19

4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Ашуев Р.М.
Анализ способов регулирования напряжения в электрических сетях. 23

5. ЭНЕРГЕТИКА

Галкина Н.В.
Использование гибридной системы охлаждения на основе вихревой трубы и термоэлектрического холодильника для получения криогенных температур. 26

Чупрякова А.Н.
Исследование защиты оборудования источников тепловой энергии и разработка информационно-технологического обеспечения средств защиты трубопроводов от гидравлического удара 29

6. МЕТАЛЛУРГИЯ

Бажин В.Ю., Власов А.А., Смань А.В., Молин М.В.
Укрывной материал алюминиевых электролизеров 33

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Давлетьяров Р.З., Шевченко В.В., Кучер В.И.
Выбор типа орбит космических систем оптико-электронного наблюдения. 35
Кравникова А.П.
Анализ способов восстановления подбоек ВПРМ 40
Мочулаев В.Е.
Опыт применения энергетического подхода к оценке показателей технологических систем. 42
Поздняков Е.В.
Рабочие органы площадкоделателей 61

9. ТРАНСПОРТ

Гамсахурдия Г.Р., Вайнерман М.И., Басович Д.В., Бачурин А.А.
Технология разведочного бурения на нефть и газ с бурового научно-исследовательского судна 65
Сексенбаева Р.Б., Данияров Н.А., Жалгасбеков А.З., Минбаев Ж.С.
К вопросу о составе отработавших газов дизелей. 75

10. АРХИТЕКТУРА

Береговина Н.Б.
Особенности деревянного храмового зодчества Кубани и Черноморья конца XVIII — начала XX вв.. . . . 78

11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Балашов А.А., Кацуба Д.С.
Реализация метрологического эксперимента в информационно-измерительной системе на политетрафторэтилене 85
Бодьян Л.А., Кремнева А.В.
Сегмент УФ-печати в провинциальном городе. 88
Бухонов Д.О., Перерва В.В.
О реконструкции системы ливневой канализации Комсомольского района г. о. Тольятти 91
Герасименко И.В., Ваньков А.В.
Методика оценки качества пуха при вычесывании коз механическими устройствами 93
Леонтьев Е.Д.
Влияние времени принятия решения на результат деятельности малого предприятия связи. 96
Сикачина А.А., Белоглазов С.М.
Исследование зависимостей между защитным эффектом от коррозии и квантовохимическим дескриптором молекулярной структуры органических молекул класса комплексонов, использующихся как ингибиторы в средах микробиологической коррозии с участием сульфатредуцирующих бактерий. 98
Сикачина А.А., Белоглазов С.М.
Анализ строения азот- и фосфоразоторганических соединений по результатам полуэмпирических квантовохимических расчетов в сравнении с неэмпирическим 102
Хатмуллина Д.Д.
Каталитический риформинг 106

1. ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

Macromedia Flash для создания электронных учебников

Слизова София Викторовна, студент
Вологодский государственный университет

Доклад посвящен рассмотрению технологии Macromedia Flash как одной из технологий применяемой для создания электронных учебников. Анализируются составные части технологии, положительные и отрицательные стороны, преимущества данной технологии относительно других средств для создания и реализации электронных ресурсов обучения.

В образовательных учреждениях большое внимание уделяется компьютерному сопровождению учебного процесса. Каждый человек воспринимает информацию по-своему, исходя из личных физических склонностей, но, несомненно, зрительная информация усваивается лучше, чем информация, воспринятая на слух. Используя электронные учебники, учащиеся начинают получать удовольствие от самого процесса обучения, независимо от внешних мотивационных факторов.

Развитие активного, производительного образа обучения, раскрытие и дальнейшее использование творческих способностей каждого обучаемого можно осуществить с помощью удовлетворения потребностей в качестве и уровне информации. Электронные учебники можно использовать не только как заготовленную информацию, а как способ поиска новых источников знаний.

Используют несколько видов технологий для разработки электронных учебников: технология HTML, технология JAVA, технология CGI, технология SSI, технология CSS, технология PHP, технология ASP, технология VBScript, технология Macromedia Flash, технология DHTML, технология XHTML и XML.

Подробнее остановимся на технологии Macromedia Flash, потому что это мощное, при этом простое в использовании, средство создания анимированных проектов на основе векторной графики с встроенной поддержкой интерактивности. Flash является идеальным рабочим инструментом для художников и дизайнеров, позволяющим дополнять создаваемые ими Web-проекты анимацией и звуком [1].

В технологию интегрирован специальный язык программирования Action Script, который немного похож на Java, но более прост в изучении. Программные модули, которые написаны на этом языке, импортируются как аплеты и вставляются в нужный кадр анимации, где должно произойти динамическое изменение изображение. [2]. Создатель электронных учебников может самостоятельно управлять вставленными клипами, для этого он может написать небольшую программу с помощью встроенного редактора, но для работы во Flash совсем не обязательно быть хорошим программистом, можно создавать Web-узлы с элементами интерактивности без необходимости написания исходных ходов JavaScript, Java или HTML.

Технологии Flash позволяет изготавливать различные анимационные объекты, которые можно использовать в электронных учебниках, преимущество таких анимаций состоит в их способности «реагировать» на движение мыши. Также можно встраивать различные мини-игры, музыку, озвученные мультипликационные клипы и другие приложения, которые способствуют лучшему усвоению пройденного материала или проверки обучающегося по вопросам пройденной темы.

Macromedia Flash имеет мало ограничений в области дизайна. Все графические элементы, которые могут быть разработаны непосредственно в программе или скопированы, можно разместить абсолютно в любой части страницы электронного учебника, также можно накладывать элементы друг на друга. Можно создавать специальные формы, в которые обучающийся может вписывать свои данные, например, ответы на вопросы.

Одно из основных отличий технологии Flash от всех остальных существующих ныне web-технологий является то, что можно работать не только с растровой, но и векторной графикой; это объекты, определяемыми математическими уравнениями, или векторами, которые содержат информацию о размере, форме, цвете, границе и местоположении. Общеизвестно, что такая векторная графика занимает меньше места, чем растровая. Также большое значение придается использованию векторной графики совместно с анимацией.

С помощью Flash-технологий можно разрабатывать сложные мультимедийные презентации, при этом размеры файлов, используемые в электронных учебниках, остаются небольшими. Так как такие элементы, как век-

торы, растровые изображения и звук обычно используются несколько раз, Macromedia Flash, благодаря своей внутренней функции Symbol Conversation позволяет создавть единственный экземпляр объекта, который можно повторно использовать вместо того, чтобы каждый раз пересоздавать новый. Такой подход существенно уменьшает размер файла проекта. [1]

Очень большой плюс использования Macromedia Flash в создании электронных учебников это способ использования текста. Он импортируется не как растровое изображение, а именно как текст, т.е. каждый символ кодируется одним байтом информации, что является очень удобным для редактирования и копирования информации обучающимися. Также это является серьезным оружием в борьбе с излишним объемом информации результирующих файлов.

Решающий фактор, определяющий способность технологию Flash создавать быстро загружающие страницы электронных книг — это передача содержимого в потоковом режиме. Это означает, что теперь не нужно ждать, пока загрузиться весь объект, а можно увидеть или осознать информацию, получая его постепенно. Потоковые возможности означают, что даже большие файлы со звуком, анимацией и растровыми изображениями могут отображаться практически сразу.

В процессе создания Flash-проекта для электронных учебников можно отметить ряд преимуществ:

1. Использование обозначений для элементов, которые появляются несколько раз.

2. Объединение кадров в действиях перемещения, которое позволяет автоматически просчитать некоторые промежуточные моменты перемещения.

3. Сокращения числа различных типов линий. Линии, нарисованные инструментом карандаш, требуют меньше памяти, чем мазки кистью.

4. Использование слоев, для разбиения перекрывающихся объектов клипа.

5. Сокращение числа различных шрифтов и стилей, путем преобразования их в объекты векторной графики.

6. Применение звукового формата mp3, как самого высококачественного и экономного формата.

7. Использование возможности анимации растровых изображений, или для статических элементов изображений, или для статических элементов закраски объектов и фона.

8. Применение сценариев (Actions Script) вплоть до вставки их в отдельные кадры электронных учебников.

9. Использование встроенных инструментов для изменения цветовых эффектов одного и того же объекта.

10. Использование единой палитры web-safe

11. Возможность вставки в текущий проект ранее созданный клип. [2]

Применение технологии Flash позволяет быстро и эффективно создавать мультимедиа-приложения, оформленные анимацией, аудио- и видеофрагментами и способные реагировать на действия пользователя. Одной из главных особенностей этого пакета является возможность создания выразительных мультимедийных объектов, оптимизированных для размещения в Internet и используемых для создания электронных учебников. Программа Flash обладает более удобным интерфейсом, средствами быстрого создания анимационных эффектов, а также расширенными возможностями для создания и управления Flash-роликами. Также имеется мощный и гибкий инструментарий, который позволяет осуществлять управление большими проектами, состоящими из множества взаимосвязанных документов.

Использование технологии Macromedia Flash в разработке электронных учебников не только облегает работу создателю, но делает интересней и познавательней работу обучающихся с помощью таких ресурсов. Поэтому эта технология является одной из ведущих в области создания электронных образовательных ресурсов в инженерном образовании.

Литература:

1. Электронный ресурс. Статья «Стандарты и технологии разработки электронного учебника. Технология Macromedia Flash». Автор Черкашина В.М. Источник http://electro-book.narod.ru/
2. Самарина С.В. Разработка электронного учебника «Экономика» в программной среде Macromedia Flash — Дипломная работа. Кафедра математических методов и информационных систем в экономике. — Алматы.: Изд-во МОиН Республики Казахстан «Евразийский институт рынка», 2006. — С. 84–91.
3. Электронный ресурс. Статья «Macromedia Flash MX — первые шаги». Автор статьи Юрий Гринь. Источник http:/www.comprice.ru/
4. Шарафутдинова Г.А. Создание электронного учебника по русскому языку. — Курсовая работа по дисциплине Мультимедиа технологии в образовании ФАО ГОУ ВПО РГПУ им.А.И. Герцена. — С-Пб.: 2007. — С. 21.

2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Возможности программного обеспечения компании Mentor Graphics в области трехмерного моделирования электромагнитных полей электронных устройств и систем

Карабан Вадим Михайлович, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией;
Краюхин Александр Сергеевич, аспирант;
Севастьянов Роман Сергеевич, студент
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Представлен состав и основные функциональные возможности программного обеспечения HyperLynx 3D EM (IE3D) компании Mentor Graphics для трёхмерного моделирования электромагнитных полей электронных устройств и систем.

Ключевые слова: *электронные устройства и системы, электромагнитные поля, трехмерное моделирование, Mentor Graphics, HyperLynx 3D EM, IE3D.*

С усложнением алгоритмов функционирования радиоэлектронных функциональных узлов, увеличением быстродействия, повышением плотности компоновки печатных плат и прокладки трасс печатного монтажа обостряется проблема проектирования электронных устройств и систем, обеспечения целостности сигналов, целостности питания и электромагнитной совместимости. При традиционных «ручных» способах ведения проекта неизбежна стадия физического моделирования (макетирования). Современные программные комплексы дают возможность существенно ускорить и сократить затраты на верификацию проекта за счет развитых подсистем моделирования функций, заложенных в проект разработчиком, а также оценки паразитных эффектов в схеме и печатной плате проектируемого изделия.

Компания **Mentor Graphics**, являющаяся одним из мировых лидеров в области разработки и распространения средств автоматизации проектирования электронных систем и программного обеспечения. Приоритетными направлениями развития средств проектирования, поставляемых **Mentor Graphics**, являются комплексные маршруты проектирования, функциональной и физической верификации систем, печатных плат и интегральных схем и многое другое [1, 2].

HyperLynx 3D EM (ранее известен как IE3D) — полноволновой (full-wave) симулятор [3], который хорошо известен своей скоростью, точностью результатов моделирования, а также меньшим потреблением оперативной памяти с момента своего создания в 1992 году. **HyperLynx 3D EM** использует неоднородные сетки и аппроксимацию кривыми. Автоматически извлекает необходимые данные из файлов топологии печатной платы или корпуса интегральной микросхемы. **HyperLynx 3D EM** обеспечивает генерацию моделей S-параметров многопортовых компонентов (формат Touchstone), и широкополосных RCLK Spice моделей, которые можно использовать для проведения анализа во временной и частотной областях. Полученные модели могут использоваться в **HyperLynx SI&PI** [1, 2], для проведения анализа целостности сигналов и питания. Он используется для решения широкого круга задач: от структур на уровне компонентов до разработки на системном уровне. **HyperLynx 3D EM** позволяет моделировать соединительные элементы корпусов и плат, включая соединительные шины, переходные отверстия, шариковые и столбиковые выводы, слои диэлектрика и т. д. В сочетании с прочими полезными программами, включенными в состав IE3D System Design EM, IE3D также применяется для анализа ВЧ/СВЧ электронных схем, оптимизации конструкции, параметризации геометрии в режиме реального времени и прочего. Многие разработчики и исследователи используют IE3D для прототипирования, моделирования, а также проверки своих разработок.

Состав программного комплекса HyperLynx 3D EM (IE3D) [3]:

MGRID — это основной продукт данного комплекса, редактор топологии для создания различных структур.

Работа выполнена в рамках реализации гранта Президента РФ № МК-2474.2013.8.

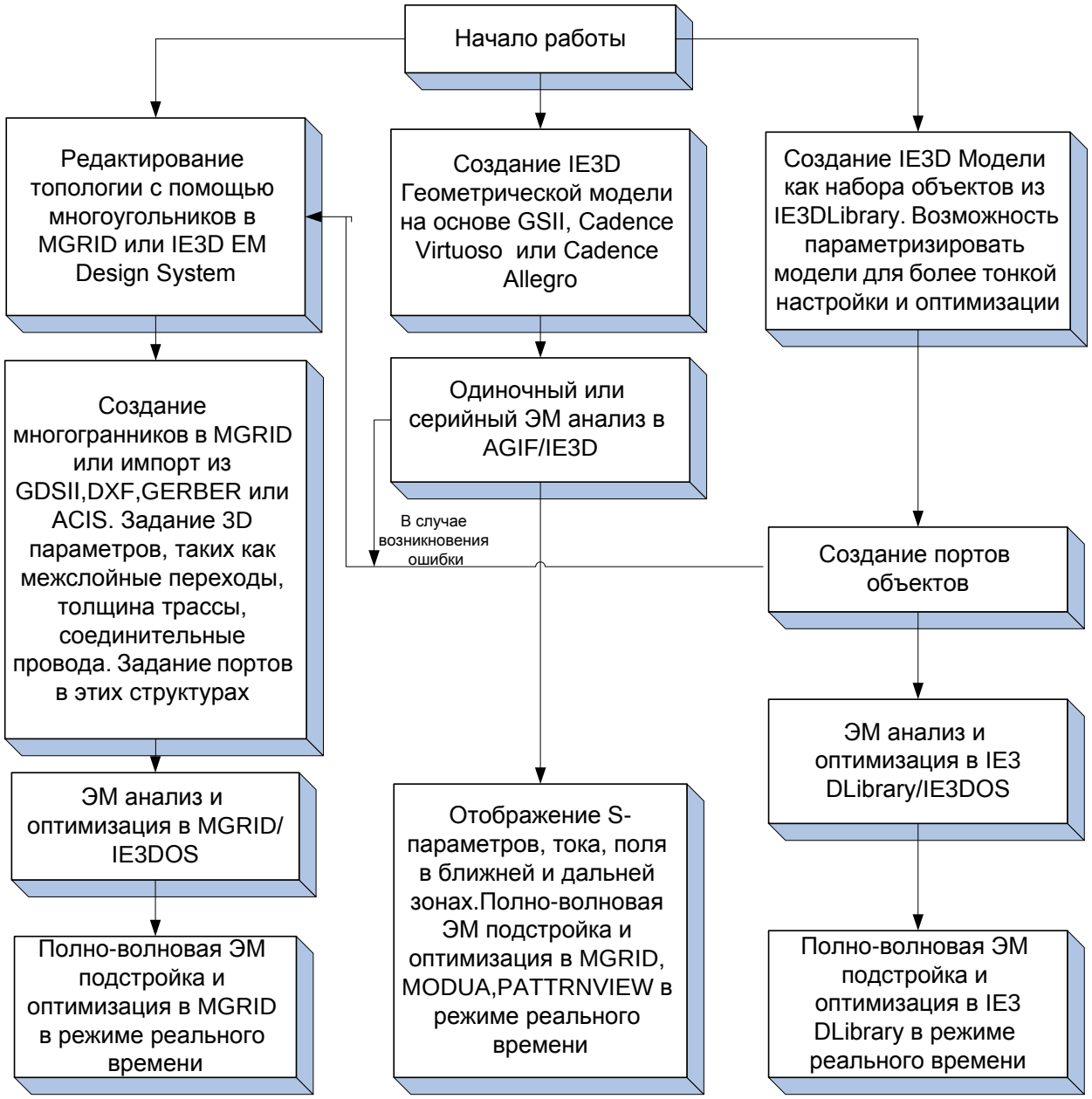


Рис. 1. Функциональная схема базового маршрута IE3D ЭМ анализа

Позволяет пользователям создавать и редактировать различные структуры, состоящие из многоугольников и вершин. Позволяет полностью контролировать точную форму и положение конкретной геометрической модели. Начиная с версии 14, MGRID переименован в **IE3D EM Design System**. Он включает в себя встроенный редактор топологии, средства отображение и пост-процессорной обработки S-параметров, средства отображения распределения тока, отображение и пост-процессорная обработка полей ближней и дальней зоны. Так же имеется модуль **FastEM Design Kit** для полно-волновой ЭМ подстройки и оптимизации в режиме реального времени.

IE3DLibrary — это объектно-ориентированный редактор топологии и схемотехники, предназначенный для моделирования и редактирования параметризированной геометрической модели [4]. С введением **Fast EM Design Kit**, возможность параметризации геометрии, доступная в редакторе **MGRID**, является ключевой для полно-волнового анализа. Однако степень параметризации в **MGRID** ограничена уровнем многоугольников и вершин. Параметризация более высокого уровня доступна в **IE3DLibrary**. Для большей гибкости, в **IE3D** реализованы булева геометрия и пустые множества. Новые возможности позволяют с помощью **IE3DLibrary** реализовать более сложные параметризированные модели. Так же **IE3DLibrary** относительно прост в работе, поскольку содержит лишь небольшое число команд.

AGIF — средство IE3D-SI моделирования, с помощью которого можно создавать 3D модели напрямую из GDSII-файлов, **Cadence Virtuoso** и **Cadence Allegro** [5].

IE3DOS — ЭМ-симулятор или ядро ЭМ-симулятора для численного анализа. Представляет собой приложение в виде командной строки DOS. Обычно программа запускается для ЭМ анализа в фоновом режиме и не видна пользователям, однако в 64-разрядных системах данное приложение способно анализировать более сложные структуры.

MODUA — это схемотехнический редактор для отображения параметров и анализа узловых схем. Большинство возможностей данного модуля интегрировано в MGRID начиная с 14 версии. Тем не менее, смешанный ЭМ и схемный анализ все еще остаются уникальной особенностью данного модуля, в то время как отображение S-параметров и пост-процессорная обработка теперь доступны в MGRID версии 14.

PATTERNVIEW — это модуль пост-процессорной обработки для отображения диаграммы направленности и последующей ее обработки.

ADIX — опциональный преобразователь форматов ACIS/DXF/GDSII/GERBER. Весь функционал данного модуля интегрирован в **MGRID** для тех пользователей, которые выбрали данную опцию.

В **IE3DLibrary** интегрированы следующие модули: **FilterSyn** (моделирование и синтез фильтров)[6] и **SpiralSyn** (моделирование и синтез спиралей)[7].

FilterSyn обладает следующими полезными функциями[6]:

– использует точные аналитические модели;

– поддерживает низкочастотные, полосовые и режекторные фильтры;

– покрывает коаксиальные, микрополосковые, полосковые/LTCC линии, а так же близкие к полосковым структуры;

– проводит быстрый анализ и синтез;

– обладает встроенным оптимизатором генетического алгоритма;

– имеет дружественный графический пользовательский интерфейс;

– создает фильтры и экспортирует их в **HyperLynx 3D EM** (**IE3D**);

– так же может быть вызван из топологии фильтра;

– протестирован с помощью обширных экспериментов.

FilterSyn в настоящее время позволяет создавать 25 вариантов коаксиальных, микрополосковых, полосковых/LTCC, полосковообразных фильтров.

SpiralSyn имеет следующие особенности[7]:

– выполняет электромагнитное моделирование и синтез, используя **HyperLynx 3D EM** (**IE3D**);

– создает спиральные объекты и экспортирует их в **HyperLynx 3D EM** (**IE3D**).

SpiralSyn в настоящее время поддерживает работу со множеством спиралевидных структур (от катушек индуктивностей до трансформаторов), а также межпальцевых и металл-изолятор-металл (metal-insulator-metal, MIM) конденсаторов.

Функциональная схема базового маршрута электромагнитного анализа средствами **HyperLynx 3D EM** приведена на рис. 1.

Литература:

1. Возможности программного обеспечения компании Mentor Graphics в области пост-топологического анализа электронных модулей / Карабан В. М., Краюхин А. С., Севастьянов Р. С. // Научная сессия ТУСУР–2013: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15–17 мая 2013 г. — Томск: В-Спектр, 2013. — Т.3. — с. 39–42.
2. Возможности программного обеспечения компании Mentor Graphics в области пред-топологического анализа электронных модулей / Карабан В. М., Краюхин А. С., Севастьянов Р. С. //Научная сессия ТУСУР–2013: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 15–17 мая 2013 г. — Томск: В-Спектр, 2013. — Т.3. — с. 42–45.
3. HyperLynx 3D EM User's Manual. Software Version 15.2 / Mentor Graphics Corporation. — 2012. — P.658.
4. HyperLynx 3D EM Library Manual. Software Version 15.2 / Mentor Graphics Corporation. — 2012. — P.69.
5. HyperLynx 3D EM Designer. AGIF Manual. Automatic Geometry to HyperLynx 3D EM Flow. Release 15.2 / Mentor Graphics Corporation. — 2012. — P.100.
6. HyperLynx 3D EM. FilterSyn Windows User's Manual. Software Version 15.2 / Mentor Graphics Corporation. — 2012. — P.30.
7. HyperLynx 3D EM. SpiralSyn for Windows User's Manual. An IE3DLibrary Spiral Module. Software Version 15.2 / Mentor Graphics Corporation. — 2012. — P.18.

Система мониторинга интенсивности ионизирующего излучения в отделениях лучевой терапии и диагностики

Лисицкий Максим Валерьевич, магистрант;
Кутузов Денис Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
Астраханский государственный университет

Воздействие радиации на человека называют облучением. Основу этого воздействия составляет передача энергии радиации клеткам организма. Ионизирующим считается любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. Облучение может вызвать нарушения обмена веществ, инфекционные осложнения, лейкоз и злокачественные опухоли, лучевое бесплодие, лучевую катаракту, лучевой ожог, лучевую болезнь. Последствия облучения сильнее сказываются на делящихся клетках, и поэтому для детей облучение гораздо опаснее, чем для взрослых.

Человеческий организм не способен с помощью своих органов чувств воспринимать наличие радиоактивных веществ и их излучения (до несмертельных значений), поэтому необходимо мониторирование ионизирующего излучения. Особенно это актуально в медицинских учреждениях, где используется рентгенодиагностика. Мониторинг позволяет отслеживать отклонения ионизирующего излучения от допустимых норм, указанных в СанПиН-ах и в паспортах рентгеноборудования.

Ниже в таблице 1 приведены уровни безопасных величин поглощенной дозы излучения для населения.

Разовые «вынужденные излучения» в диагностических исследованиях приведены в таблице 2.

Обобщенная структурная схема системы мониторинга ионизирующего излучения приведена на рис. 1. Устройство измерения радиационного фона представляет собой датчик ионизирующего излучения, который измеряет радиационный фон и передает его значения в центр мониторинга посредством беспроводного канала связи. Центр мониторинга представляет собой персональный компьютер, на который стекаются данные со всех устройств измерения для последующей обработки, анализа и хранения полученной информации.

Структура устройства измерения приведена на рисунке 2.

Датчик ионизирующего излучения представляет собой газонаполненную трубку с двумя электродами, к которым подводится высокое напряжение. При попадании в трубку тяжелой частицы возникает кратковременный разряд. Схема формирования высокого напряжения предназначена для подачи высокого напряжения на электроды датчика и представляет собой автогенератор с повышающим трансформатором. В случае необходимости в дополнение к трансформатору может использоваться умножитель напряжения.

Поскольку на выходе датчика ионизирующего излучения присутствует высокое напряжение, то для приведения его к необходимому для дальнейшей обработки

Таблица 1

Уровень радиации	Мощность дозы
Наиболее безопасный уровень облучения	0,2 мкЗв/ч
Верхний предел допустимой мощности дозы	0,5 мкЗв/ч
Непрерывное нахождение (несколько часов)	10 мкЗв/ч
Непрерывное нахождение (несколько минут)	Несколько мЗв/ч
Среднегодовая безопасная доза	3–4 мЗв
Максимально допустимая доза	150 мЗв/год
Поглощенная доза излучения (за всю жизнь)	⩽ 100–700 мЗв

Таблица 2

Вид исследования	Мощность дозы
Цифровая флюорограмма (1 проекция)	0,03–0,06 мЗв
Флюорограмма	0,15–0,25 мЗв
Рентгенография	0,15–0,4 мЗв
Дентальный рентген	0,15–0,35 мЗв
Рентгеноскопия	2,5–3,5 мЗв
Радионуклидные исследования	2–5 мЗв

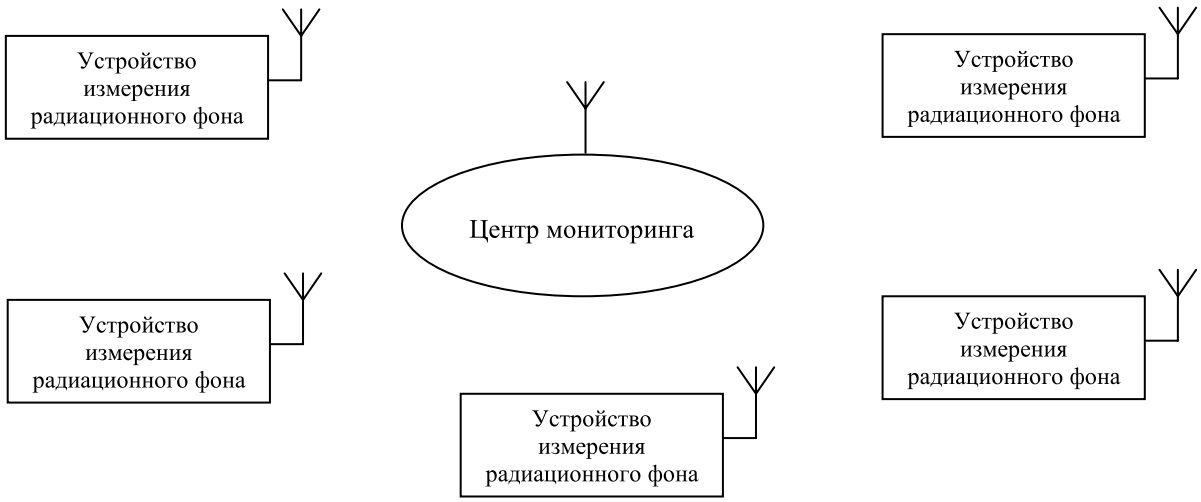


Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга ионизирующего излучения



Рис. 2. Структурная схема устройства измерения

уровню, необходим делитель напряжения, с которого и снимается полезный сигнал.

Формирователь импульсов предназначен для формирования импульсов соответствующей формы и длительности, которые впоследствии подсчитываются за определенный период времени.

Микроконтроллер обеспечивает подсчет импульсов, пришедших с датчика ионизирующего излучения, пересчет их количества в уровень радиоактивного излучения, а также индикацию результатов измерения и выбор режима измерения.

Схема радиоинтерфейса осуществляет передачу результатов измерения по беспроводному каналу связи в центр мониторинга.

Источник питания обеспечивает питание функциональных блоков прибора. Питание схемы осуществляется от маломощного стабилизированного блока питания на выходе которого постоянное напряжение.

В данной блок-схеме используются два датчика ионизирующего излучения для усреднения результатов измерения и получения более точных значений.

Принципиальная схема измерительной и обрабатывающей части устройства [1] представлена на рис. 3.

Данное устройство, способно контролировать общую радиационную обстановку и обнаруживать малоразмерные источники α- и β-излучения со спектром, ограниченным снизу значениями 0,05 и 0,5 МэВ соответственно.

При естественном фоне счетчик СБМ-20 формирует в выходной цепи в среднем от 20 до 25 коротких электрических импульсов в минуту в зависимости от экземпляра.

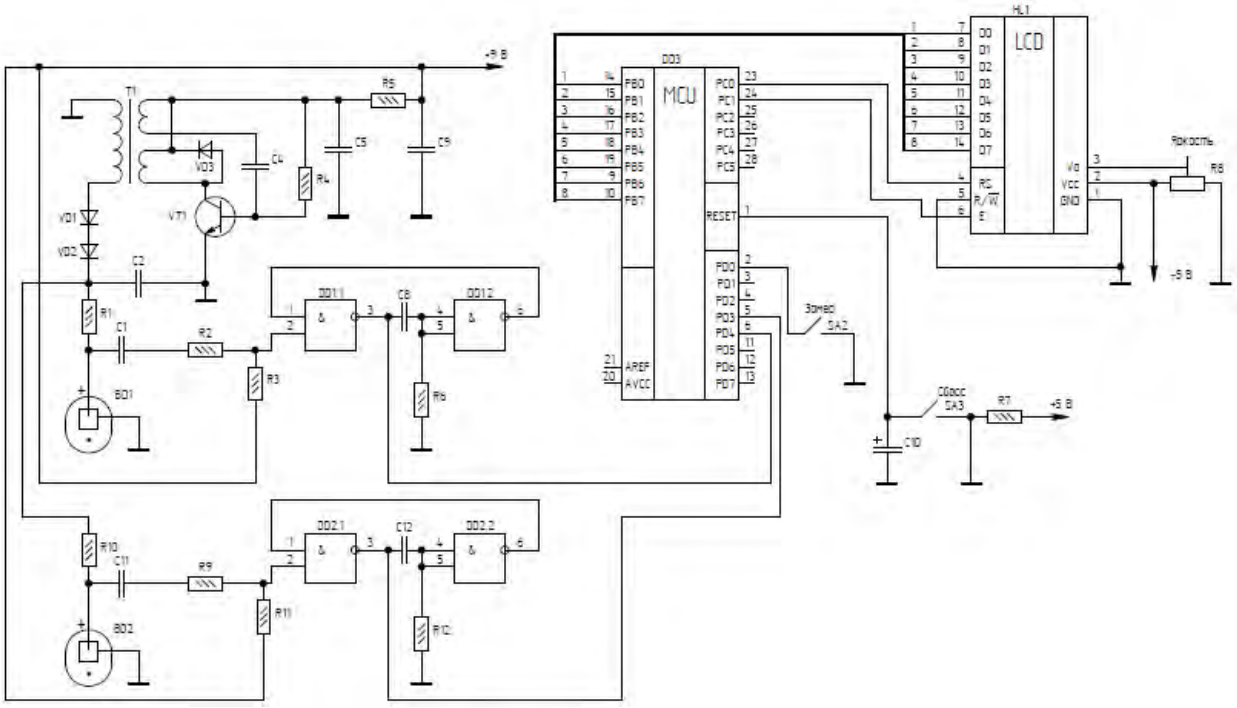


Рис. 3. Принципиальная схема измерительной части устройства (без радиоинтерфейса)

Это не означает, что такое число импульсов будет зафиксировано при любом минутном измерении, но оно колеблется вблизи этого значения.

Счетчик импульсов прибора, построенный на микроконтроллере ATmega8 подсчитывает их, а жидкокристаллическое цифровое табло высвечивает результат счета.

Для работы детектор ионизирующего излучения требует напряжения в пределах 350...450 В. Его источником в приборе служит преобразователь напряжения, представляющий собой блокинг-генератор на транзисторе VT1 и трансформаторе T1. С повышающей обмотки I трансформатора снимаются импульсы частотой несколько десятков герц и длительностью 5...10 мкс, амплитуда которых достаточна для прямого (без умножения) формирования необходимого напряжения. После выпрямления импульсов диодами VD1, VD2 и сглаживания конденсатором C1 высокое напряжение поступает к детектору BD1. Каждая ионизирующая частица, возбуждающая детектор, становится причиной короткого разрядного импульса в его цепи. С нагрузки детектора — резистора R1 через делитель R2R3 эти импульсы поступают на формирователь, собранный на логических элементах DD1.1 и DD1.2 по схеме одновибратора. С выхода элемента DD1.1 импульсы длительностью около 0,2 мс поступают на вход микроконтроллера DD2 (ATmega8), а с него на блок индикации — жидкокристаллическое табло TIC5234 со встроенным контроллером ML1001. Использование ЖКИ с контроллером ML1001 позволяет управлять выводом информации с помощью трех линий связи.

Схемотехническое решение первичного счетчика оказывается оптимальным, если ограничить время счета, иначе говоря, время измерения, сорока секундами. Такая длительность, во-первых, достаточна для того, чтобы при регистрации естественного фона флуктуации «вверх» практически никогда не достигали бы значения $2N_{ф}$ — это обеспечивает высокую реальную достоверность показаний прибора.

Во-вторых, за 40 с детектор BD1 при естественном радиационном фоне 12 мкР/ч формирует 16–17 импульсов, что достаточно для обеспечения необходимой точности.

Микроконтроллер DD2 осуществляет подсчет импульсов, а также выполняет функции управления.

Таким образом, внедрение данной системы позволит непрерывно следить за уровнем радиационного фона внутри рентген кабинетов и за их пределами и тем самым снизит риски, связанные с негативными последствиями радиационного излучения пациентов и персонала медицинских учреждений.

Литература:

1. Лисицкий М. В., Кутузов Д. В. Разработка цифрового дозиметра для контроля интенсивности ионизирующего излучения пищевых продуктов \\ Региональная научно-практическая конференция «Исследования молодых ученых — вклад в инновационное развитие России»: в 2 т. — Астрахань: Издательский дом «Астраханский уни-

верситет», 2011. — Т.1: Машиностроение, электроника, приборостроение. Информационные технологии. — 361 с., с. 185–186

Алгоритм статистических испытаний для определения параметров структур сетей связи по методу Монте-Карло

Муравцов Алексей Александрович, кандидат технических наук;
Кольцов Валерий Викторович, старший преподаватель;
Орлова Людмила Ивановна, адъюнкт;
Бойко Алексей Павлович, адъюнкт
Военная академия связи имени Буденного (г. Санкт-Петербург)

Наиболее удобным способом описания структуры транспортной сети связи является ее задание в виде графа. В исходном состоянии такой граф оценивается аналитически, но в условиях деструктивного воздействия, которое позволяет прояснить и понять особенности структур транспортных сетей связи, аналитическая оценка затруднена. Поэтому в данном случае наиболее удобным способом оценки структур сетей связи в виде графов являются статистические методы, к которым относится метод Монте-Карло.

Следует иметь в виду, что любое воздействие носит случайный характер. Используемая в алгоритме вероятность воздействия говорит лишь о его силе (степени этого воздействия), но исключает такие его параметры как место применения и распределение по узлам и линиям сети. Это означает, что в данный конкретный момент времени мы ничего не можем сказать о повреждении любой территориальной части сети и является ли воздействие равномерно распределенным или имеет направленное воздействие на какие-либо линии и узлы. Отсюда следует, что результат характеризует случайное событие — либо сеть останется связной, либо нет.

Для решения задачи о связности структуры сети статистическим методом необходимо многократное повторение такого воздействия. Современные компьютеры позволяют набирать статистику, моделируя различные воздействия и в любом количестве. Простая структура вычислительного алгоритма метода Монте-Карло позволяет производить одно случайное испытание заданное количество раз, причем каждый опыт не зависит от всех остальных, а результаты всех опытов усредняются. Это еще одна особенность, выступающая в пользу метода Монте-Карло.

От количества испытаний зависит точность — чем больше испытаний, тем выше точность. Ошибка вычислений пропорциональна величине $\sqrt{J/N}$, где J — некоторая постоянная, а N — число испытаний. Метод Монте-Карло особенно эффективен при решении тех задач, в которых результат нужен с точность (5–10%), что в нашем случае не требуется лучше. В программе NET точность вычислений для 750 испытаний по среднеквадратическому отклонению составляет ~~6. Как показали исследования, вероятностная модель оказалась весьма удобной при сравнительной оценке множества структур сетей задаваемых в виде графа.

Рассмотрим подробно работу алгоритма статистических испытаний по методу Монте-Карло.

Наиболее удобным способом формального описания структуры сети связи с n узлами и m линиями является использование теории графов. Структуру сети связи представим в виде графа G= (B,H), где B= (b_1,...b_n) — совокупность узлов (станций) сети (вершин графа), а H= (h_{ij}) — множество ребер, соединяющих узлы b_i и b_j, и соответствующих всем линиям передачи.

Поскольку каналы транспортной сети связи являются каналами двухстороннего действия, то соответствующие им ребра будут ненаправленными (неориентированными). В программе NET разработанной для оценки структур транспортных сетей связи предполагается, что веса всех ребер графа одинаковы c_{ij}=1 (ребра единичной длины). С точки зрения связи это означает, что в исследованиях пропускная способность узлов и линий сети не задана; поток информации мог передаваться из одного узла в другой по любой исправной линии через любой узел; отказы всех узлов и линий сети взаимно независимы; расстояния между узлами связи одинаковые.

Для графов существует несколько способов представления исходных данных в машинной памяти. Для нас более интересно представление графов в виде матрицы связности, поскольку определяемые параметры связаны с оценкой структуры сети и нам важно иметь сведения о наличии ребер в графе, а время, необходимое для определения наличия ребра, фиксировано и не зависит от размерности графа. Такое представление графов требует памяти порядка N^2 единиц. Изначальной матрицей связности в алгоритме оценки структуры сети выступает матрица Кирхгофа K= [$k_{i,j}$] (своеобразный аналог матрицы связности), определяемая как квадратичная матрица порядка n (n — число узлов связи в сети), элементы которой записываются по следующему правилу:

$$k_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{если вершины } b_i \text{ и } b_j \text{ смежны}, \\ 0, \text{если вершины } b_i \text{ и } b_j \text{ не смежны}, \\ deg b_i, \text{если } i = j. \end{cases} \quad (1)$$

Связь между матрицей связности А и матрицей Кирхгофа К имеет вид: К=D-A, где D=diag (degb_1, degb_2 ,... degb_n), т.е. матрица К является матрицей, диагональные элементы которой равны степеням (валентностям) вершин графа.

Изначальная матрица связности структуры сети задается следующим образом. В ячейках по диагонали выставляется количество подходящих к узлу линий связи. По горизонтали и вертикали, проходящих через узел связи, наличие линии связи обозначается -1 по уровню того узла, к которому эта линия подходит (т.е. имеет место зеркальное отображение элементов матрицы относительно главной диагонали). Алгоритм статистических испытаний является универсальным и позволяет оценивать структуры транспортных сетей связи любой размерности. В работе использовалась программа с n =29, но при необходимости может быть задано другое количество узлов.

Поскольку метод Монте-Карло предусматривает многократное повторение одной и той же вычислительной процедуры, то рассмотрим одно отдельное испытание.

При оценке связности сети в качестве исходных данных алгоритм Монте-Карло (программа NET, разработанная в Microsoft Office Excel 2007) использует значения вероятности повреждения узла и вероятности повреждения линии, вычисленных или измеренных с учетом тех факторов, влияние которых мы хотим учесть. Кроме того используется изначальная матрица связности исследуемой сети (при необходимости алгоритм позволяет учесть зависимость вероятности повреждения линий от их длины).

Вероятность повреждения узла $P_{уз}$ и линии $P_{лин}$ задаются в ячейках С69 и С70 соответственно в случае, когда они равновероятны для всех узлов (всех линий). Значение из ячейки С69 будет продублировано в строке С72:АЕ72. Эти вероятности можно задавать индивидуально для каждого узла и каждой линии вручную. Вероятность повреждения узла — в строке С72:АЕ72, а вероятность повреждения линии — в матрице связности исследуемой сети выше главной диагонали в ячейках со значениями -1 путем замены в строке формул выражения 1-СТЕПЕНЬ (1-...;L/100) на необходимую для исследования вероятность повреждения линии. Таким образом, мы получаем возможность оценить работу сети, как в среднем, так и при ее функционировании в других условиях. На данном этапе имеется возможность учесть зависимость вероятности повреждения линии ($P_{лин}$) от ее длины. Поскольку исходные данные для работы алгоритма являются вероятностными величинами, то результат с необходимой точностью может быть получен только при выполнении некоторого множества испытаний. Результат отдельного эксперимента будет случайным образом определять поврежден (не поврежден) узел и линия в этот раз при заданных вероятностях $P_{уз}$ и $P_{лин.}$

Количество генераторов случайных чисел, запускаемых в программе при расчете конкретной сети, определяется количеством узлов и линий связи сети и равно их сумме n+m. т.е. вероятности повреждения узлов и линий связи в каждом эксперименте будут задаваться от разных датчиков. Это позволяет избежать (существенно уменьшить) взаимную корреляцию результатов, что повышает их точность и ускоряет процесс вычислений. Блочная схема алгоритма вычислений по методу Монте-Карло изображена на рисунке 1.

Назначение блоков алгоритма:

1. Генераторы случайных чисел (ГСЧ) (датчики) вырабатывают случайные числа для узлов и для линий связи.

2. Вычислители состояний элементов сети в рамках алгоритма проводят сравнение значений элементов сети, полученных после испытаний, с заданными исходными данными.

3. Анализаторы состояний элементов сети принимают решения: если элемент сети имеет значение -1 — узел (линия) сохранился, если он имеет значение 0 — узел (линия) не сохранился.

Результат работы анализаторов для узлов связи отображается в строке (С74;АЕ74). Расчет состояния узла связи производится по формуле:

ЕСЛИ (ABS (СЛУЧ ())>;-1;0), (2)

где — наименование ячейки соответствующего узла в строке (С72;АЕ72).

Формула означает, что если заданная в исходных данных вероятность поражения узла ($P_{уз}$) окажется меньше случайного числа, выданного датчиком, то анализатором будет принято решение о сохранении узла в сети, в противном случае узел будет поврежден (неисправен). Наличие хотя бы одного нуля в строке (С74;АЕ74) будет свидетельствовать о потере связности сети в связи с уничтожением узла.

Результат работы анализаторов для линий связи можно оценить в поле матрицы связности исследуемой сети после воздействия (С77;АЕ105) в ячейках выше главной диагонали. Вычислитель для линии связи работает по формуле: ЕСЛИ (И (СЛУЧ ()> 1 − СТЕПЕНЬ(1− C70; L/100);2= -1;3= -1;4= -1);-1;0). (3)

Анализатор линий связи принимает решение о ее сохранности при одновременном выполнении 3 условий:

1) Вероятность уничтожения линии 1 − СТЕПЕНЬ(1− C70;L/100) будет меньше случайного числа от датчика (здесь C70-фиксированное число, задаваемое в исходных данных, а L — длина линии в определенной ячейке матрицы расстояний между узлами). В нашем случае L=1;

2) В исходной матрице связности сети линия была задана как: 2= -1;

3) Узлы связи, соединяемые этой линией (вершины графа, соединяемые ребром) не были повреждены, т.е. сохраняется 3= -1;4= -1.

Невыполнение хотя бы одного из приведенных условий ведет к принятию анализатором линии решения об ее повреждении.

Поскольку воздействие на сеть связи носит случайный характер, то связность сети выступает некоторой случайной величиной, принимающей значение 0 или 1 при различных вероятностях воздействия.



Рис. 1. Блочная схема алгоритма вычислений по методу Монте-Карло

Теперь, когда по всем элементам сети принято однозначное решение, уничтожен ли данный узел и данная линия или нет, вычислитель связности сети обрабатывает совокупность данных за всю сеть по следующей формуле

ЕСЛИ (МОПРЕД (C77;5)>0,5;1;0), (4)

где: 5 — предпоследний элемент в диагонали матрицы связности исследуемой сети после проведения всех испытаний; МОПРЕД (C77;5) — определитель матрицы связности размером (n-1)× (n-1) (минор матрицы связности исследуемой сети, образованной после проведения всех испытаний).

Как показано в [1], количество остовных деревьев исследуемого графа может быть найдено через значение этого определителя. Доказано, что в графе G без петель число различных деревьев представляющих собой частичные графы G равно минору любого из элементов главной диагонали квадратичной матрицы ($k_{i,j}$) порядка n, где

$$k_{i,j} = \begin{cases} -1, \text{если вершины } b_i \text{ и } b_j \text{ смежны,} \\ 0, \text{если вершины } b_i \text{ и } b_j \text{ не смежны,} \\ deg\, b_i, \text{если } i = j. \end{cases}$$

Общая формула для составления полного списка остовных деревьев любого произвольного n-вершинного графа G без петель представлена в теореме [2]. Согласно этой теореме, число остовных деревьев равно определителю $|T_0 \times T_0^t|$, где T_0 — матрица инциденции графа G с одной удаленной строкой (т.е. с n-1 независимыми строками), а T_0^t — транспонированная матрица к T_0.

Число остовных деревьев в алгоритме (программе NET) статистических испытаний по методу Монте-Карло вычисляется как минор последнего элемента диагонали в матрице связности исследуемой сети после воздействий.

Таким образом, в случае, если минор окажется меньше 0,5, то граф не будет иметь ни одного остовного дерева (в ячейке A99 будет записан ноль), и анализатор связности сети примет решение, что сеть несвязна (в ячейке A103 также будет записан 0). Если минор будет больше 0,5, то анализатор посчитает, что граф имеет хотя бы одно остовное дерево, соответственно сеть будет связной. Количество остовных деревьев будет выставлено в ячейке A99. В ячейке A103 будет записана единица.

Поскольку число остовных деревьев в сети большое, то при сравнении структур сетей по параметру их связности число остовных деревьев можно получать (анализировать) в логарифмическом масштабе. Натуральный логарифм от количества остовных деревьев пересчитывается в ячейке A102.

Сравнив изначальную матрицу связности исследуемой сети с матрицей связности исследуемой сети после проведения всех испытаний, можно определить, какие именно линии связи были повреждены и сколько их. Количество поврежденных линий связи вычисляется по формуле:

−СУММЕСЛИ (C35:AE63;-1)/2+СУММЕСЛИ (C77:AE105;-1)/2, (5)

где: (C35:AE63) — массив ячеек, занятых изначальной матрицей связности исследуемой сети; (C77:AE105) — массив ячеек, занятых матрицей связности исследуемой сети после проведения всех испытаний. Результат записывается в ячейку A101.

Таким образом, в результате одного испытания алгоритм определяет состояние сети связи (связна она или нет), вычисляет количество остовных деревьев графа этой сети и количество поврежденных линий связи. Методом прямого перебора состояний элементов сети алгоритм Монте-Карло анализирует 750 возможных вариантов воздействия на сеть связи с заданными исходными данными. В результате 750 испытаний все данные обобщаются и усредняются. Рассмотрим процесс получения финальных оценок.

1. Вероятность связности сети (P_{cc}) определяется вычислителем вероятности сохранения связности сети, как среднее значение массива (AI159:BL183):

СРЗНАЧА (AI159:BL183). (6)

Массив, размерностью 30××25 в каждой своей ячейке содержит значение связности (0 или 1) для одной реализации. Результат усреднения записывается в ячейку BO162 и дублируется в A123.

Нужно отметить, что параметр P_{cc} оценивает структуру непосредственно на основе всех испытаний при заданных величинах $P_{уз}$ и $P_{лин}$.

2. Косвенным показателем, позволяющим более «тонко» оценивать структуры по связности является среднее количество остовных деревьев $K_{ост\ дер}$. Для этих целей можно использовать усредненное количество остовных деревьев в массиве (AI129:BL153) (в том числе и с изменением масштаба):

СРЗНАЧА (AI129:BL153), (7)

а само количество остовных деревьев выводится в ячейку BO134.

3. Среднее количество уничтоженных противником ребер определяется из массива (AI99:BL123):

СРЗНАЧА (AI99:BL123), (8)

и выводится в ячейку BO102.

Таким образом, по завершению 750 статистических испытаний алгоритм Монте-Карло определяет следующие параметры структуры сети: вероятность сохранить связность сети P_{cc}; среднее количество остовных деревьев графа; число ребер структуры (среднее количество, максимально возможное, минимально возможное), которые будут повреждены и сохранены при данном воздействии; графы сетей которые образуются при каждом конкретном воздействии. Все результаты выводятся в таблицу, расположенную в массиве (AJ14:BM60). При необходимости алгоритм и программа может выдавать гистограмму зависимости частоты уничтожения того или иного количества линий от их общего количества, т. е. программа определяет сколько раз из 750 попыток удалось повредить 1 линию связи, сколько раз 2 линии, 3 линии и т. д. до 20 линий связи. Разрушения свыше 20 линий не представляют интереса, поскольку сеть перестает быть связной. Сравнивать структуры сетей возможно при фиксированной $P_{cc.}$

4. Имея значения P_{cc} полученное при определенных воздействиях на сеть ($P_{уз}$ и $P_{лин}$), мы можем оценивать количество поврежденных линий связи в среднем. Понятно, что конкретные значения числа поврежденных линий, а также места их включения метод будет выдавать каждые 750 раз проведенных испытаний. С целью определения структур сети с конкретными удаленными ее линиями будем обращаться к одной любой реализации из тех, в которых число поврежденных линий связи приблизительно равно среднему их значению по всем 750 испытаниям. Сеть в таком испытании должна оставаться связной, т. е. любой из узлов должен остаться соединенным с остальными узлами сети, несмотря на некоторые уничтоженные линии. Таким образом, мы получим конкретный вид структуры сети, которая близка к структурам со средним значением числа повреждаемых линий.

Для оценки параметров структур транспортных сетей в работе используется программа NET, разработанная специалистом кафедры «Многоканальной связи» Кольцовым Валерием Викторовичем. Расчеты по программе NET проводились на компьютере с тактовой частотой процессора 3,4 ГГц и объемом оперативной памяти (ОЗУ) 4 Гбайт. Время работы программы по одной паре заданных вероятностей воздействий на узел и линию составляет 30 сек. Это время является фиксированным для расчета структур сетей связи любого размера максимум до 29 узлов включительно.

Литература:

1. Берж К. Теория графов и ее применение: Пер. с франц. — М.: Издательство иностранной литературы,1962г 320 с.
2. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход: Пер. с англ. — М.: Мир, 1987. — 432 с.

Потенциальные возможности пространственно-корреляционного способа обработки сигналов в декаметровом диапазоне

Орощук Игорь Михайлович, доктор технических наук, профессор;
Сучков Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Филиал военного учебно-научного цента ВМФ «Военно-морская академия» (г. Владивосток)

В настоящее время большой интерес представляют радиотехнические системы декаметрового диапазона способные обнаруживать слабый сигнал на фоне помех. Известно, что процесс приема и обработки сигналов сопровождается наличием естественных и искусственных помех. В силу ограниченных возможностей существующих средств обнаружения и связи возникают ситуации, когда уровень сигнала на входе приемника равен или меньше уровня помех. Выделить такой сигнал весьма затруднительно. Существующие технологии обработки сигналов, основанные на расширении базы сигналов, в принципе, позволяют повысить чувствительность радиотехнической системы. Однако, в силу

ограниченности ширины спектра сигналов в декаметровом диапазоне из-за наличия дисперсионных искажений, в этом случае резко снижается пропуская способность каналов связи. Решить данную проблему можно за счет применения пространственно-корреляционного способа обработки (рис. 1), который строится на базе дискретной приемной системы, построенной на основе использования антенной решетки (АР) с трактом обработки выходных сигналов, включающим блок усиления, многоканальный аналого-цифровой преобразователь, блок временных задержек, тракт корреляционной обработки и устройство принятия решения (УПР).

В такой системе сигнал источника излучений поступает на пространственно-разнесенные элементы АР. Далее выходные сигналы подвергаются предварительной фильтрации, усиливаются и преобразуются в цифровую форму, откуда они поступают в блок временных задержек. В блоке временных задержек осуществляется формирование характеристики направленности и сканирование пространства путем введения искусственных временных задержек τ во входные сигналы. Ввод временных задержек на каждом этапе сканирования виртуально позиционирует элементы АР на одну линию ортогонально направлению прихода сигнала (см. рис. 1).

В тракте корреляционной обработки производится оценка функций взаимной корреляции (ФВК) сигналов с выходов всех пар элементов АР с последующим их суммированием:

$$U_k = 2\sum_{i=1}^{I-1}\sum_{j\neq 1}^{I}\left[\sigma_{s.i}\sigma_{s.j}\rho_{s.ij}(\tau-\tau_k)+\sigma_{n.i}\sigma_{n.j}\rho_{n.ij}(\tau-\tau_k)\right], \quad (1)$$

где $\sigma_{s.i}$, $\sigma_{s.j}$, $\sigma_{n.i}$, $\sigma_{n.j}$ — среднеквадратическое отклонение напряжений сигналов и помех на выходах элементов АР;

$\rho_{s.ij}$, $\rho_{n.ij}$ — коэффициенты взаимной корреляции (КВК) напряжений сигналов и помех на выходах разных элементов АР;

τ_k, τ — компенсационные и естественные временные задержки сигналов, обусловленные разностью времени распространения сигнала до элементов АР;

I — количество элементов АР.

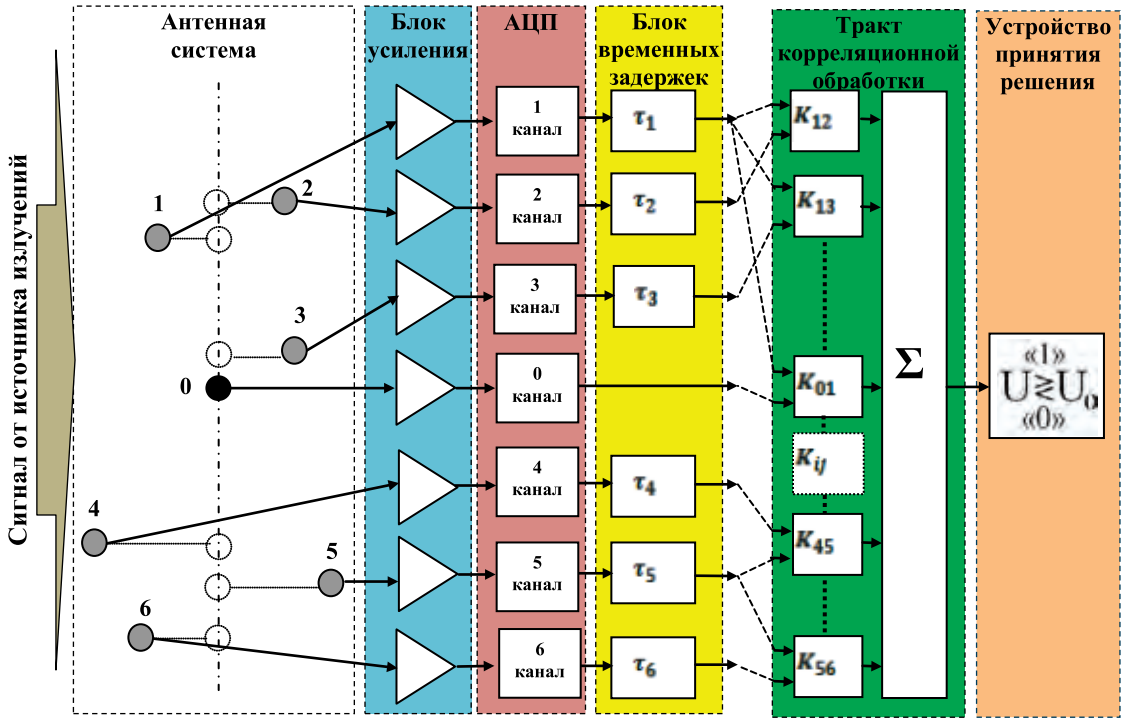


Рис. 1. Функциональная схема основных узлов пространственно-корреляционного способа обработки

Выходное напряжение сумматора поступает на вход УПР. Решение о наличии или отсутствии полезного сигнала принимается по результатам сравнения входного сигнала с пороговым уровнем в УПР, величина которого зависит от заданных значений вероятностных характеристик обнаружения сигнала.

В работе [2] получено выражение, определяющее вероятность пропуска цели $P_{пр}$ для рассмотренного выше пространственно-корреляционного способа обработки при условии гауссового закона распределения обработанного сигнала на входе УПР:

$$P_{пр} = \Phi\left(\frac{\Phi^{-1}\left[1-P_{лт}\right]\sqrt{L+\sum_{i<j}\rho_{n.ij}^2}-2\sqrt{K}q^2\sum_{i<j}\rho_{n.ij}}{\sqrt{L(q^2+1)^2+2\sum_{i<j}(\rho_{s.ij}q^2+\rho_{n.ij})^2}}\right), \quad (2)$$

где $\Phi(z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{t^2}{2}}dt$ — интеграл вероятности;

$\Phi^{-1}(z)$ — обратная функция интегралу вероятности;

q — отношение эффективного значения напряжения сигнала к помехе ($q=\frac{\sigma_s}{\sigma_n}$);

L — количество корреляторов, $L=I^2-I$;

K — объем выборки.

Из выражения (2) видно, что вероятность пропуска цели $P_{пр}$ УПР определяется объемом выборки K, количеством корреляторов L, отношением сигнала к помехи q и в большей степени зависит от пространственно-корреляционных свойств сигналов $\rho_{s.ij}$ и помех $\rho_{n.ij}$.

Экспериментальные исследования, проведенные в работе [3], показали, что значения КВК сигналов декаметрового диапазона при пространственном разносе антенн до 500 м остаются высокие (рис. 2) и изменяются в зависимости от частоты сигнала в небольших пределах: 0,81 ÷ 0,85.

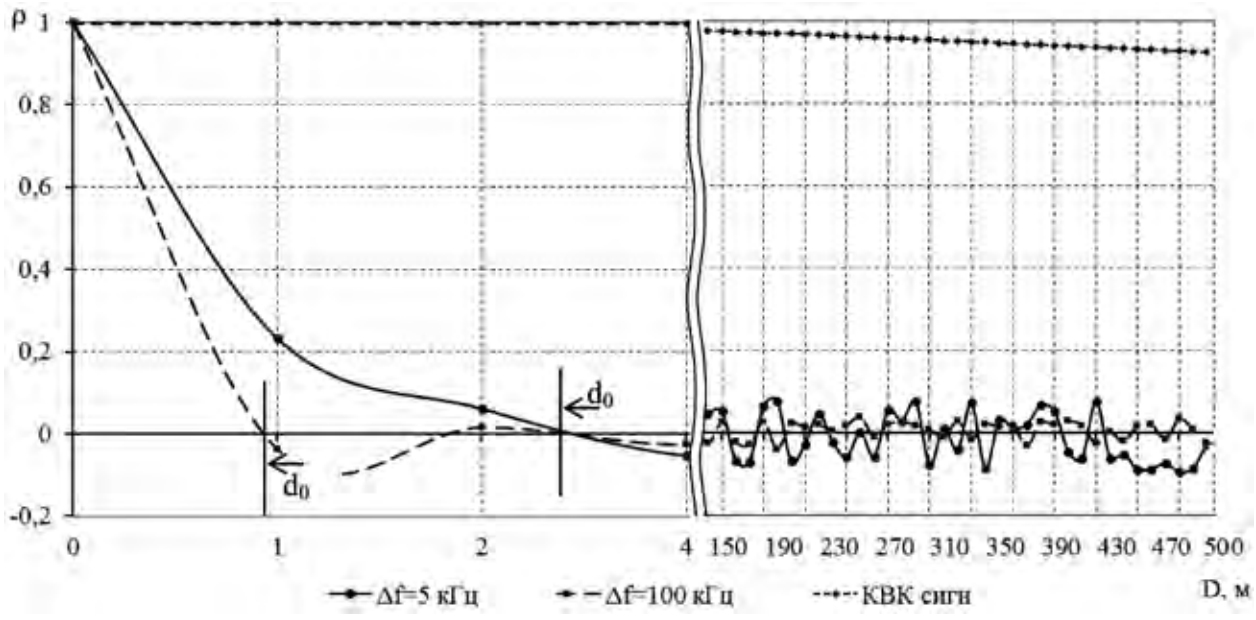


Рис. 2. Экспериментальные пространственно-корреляционные зависимости КВК сигналов с центральной частотой 3,2 МГц и помех в области 3,3 МГц

В свою очередь значения пространственно-корреляционной связи помех сохраняются на небольших расстояниях: величина пространственного интервала корреляции составляет не более 4 м (см. рис. 2). При разносе антенн на расстояние, превышающее интервал корреляции помех d_0, наблюдается флуктуация амплитуды КВК вдоль оси абсцисс в пределах $\pm$ 0,1, причем с расширением полосы фильтрации входных процессов пространственный интервал корреляции и амплитуда флуктуаций КВК уменьшаются.

Используя выявленные закономерности, можно подобрать такую конфигурацию антенной системы, при которой корреляционная связь для сигналов будет высокой, а для помех, в случае расположения элементов АР на расстояниях, превышающих пространственный интервал d_0, принимать минимальные значения или взаимно компенсироваться, за счет разных знаков КВК помех [см. второй член выражения (1)]. При выполнении этих условий, вероятностные характеристики пространственно-корреляционного способа обработки в большей степени будут зависеть от пространственно-корреляционных свойств помех ρ_n.

На рис. 3 приведен пример зависимости вероятности пропуска цели $P_{пр}$ от величины взаимной корреляции помех $\rho_{п.ij}$, с учетом описанных выше результатов исследований пространственно-корреляционных свойств сигналов и помех для одного из вариантов построения системы с пространственно-корреляционным способом обработки.

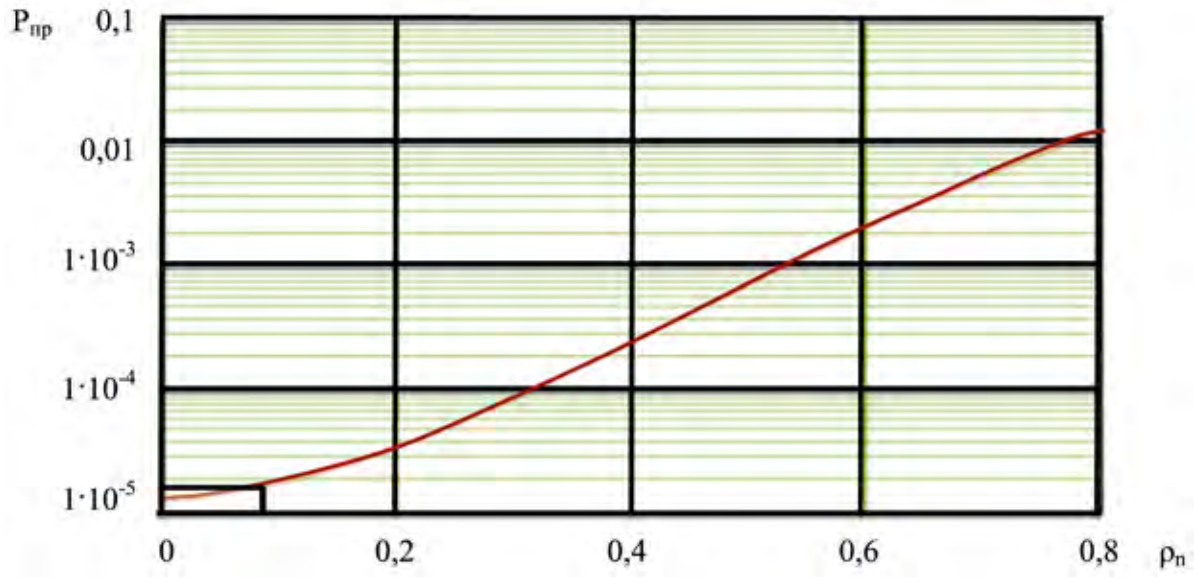


Рис. 3. Зависимость вероятности пропуска цели от коэффициента корреляции помех

Из рис. 3 видно, что при снижении взаимной корреляции между помехами $\rho_{п.ij}$ уменьшается вероятность пропуска цели $P_{пр}$ и, соответственно, повышается вероятность правильного обнаружения сигнала ($P_{обн} = 1 — P_{пр}$), в частности, при $\rho_{п} = 0{,}1$ в системах обнаружения потенциально можно достигнуть вероятность пропуска цели менее $P_{пр} = 10{-}5$.

В работе [3] приведены результаты численного и имитационного моделирования характеристик для одного из вариантов реализации рассматриваемого способа обработки, некоторые результаты которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры и характеристики пространственно-корреляционного способа обработки

Вид характеристики АР	**Численные параметры**	
Число элементов в АР	6	12
Объем выборки	32	32
Вероятность ложной тревоги, $P_{лт}$	$10{-}3$	$10{-}3$
Вероятность пропуска цели, $P_{пр}$	$10{-}4$	$10{-}4$
Чувствительность $q_{вх\,min}$, дБ	-2	-4,5

Как видно из табл. 1. данный способ обработки позволяет при отношении уровней сигнала к помехе менее 1 ($q = -4{,}4 \div -2$ дБ) выделить сигнал на фоне помех, т. е. обладает повышенной энергетической чувствительностью. Кроме того, применение данного способа позволяет существенно снизить количество элементов в АР, по сравнению с действующими системами обнаружения, в которых для достижения представленных в табл.1 характеристик требуется не менее 256 элементов.

Литература:

1. Киншт Н. В., Долгих В. Н., Орощук И. М. и др. Поисковые исследования принципов построения дискретных антенных систем со случайно расположенными элементами для перспективных радиотехнических средств коротковолнового диапазона: отчет о НИР «Шаланда». — Владивосток: ИАПУ ДВО РАН; ТОВМИ, 2007. — 114 с.
2. Долгих В. Н., Орощук И. М., Прищепа М. В. Вероятностные характеристики обнаружения сигналов корреляционным пространственным фильтром // Акустический журнал. — М. — 2007. — № 2. — С. 226—232.
3. Долгих В.Н. Пространственно-корреляционные свойства сигналов и помех декаметрового диапазона / В. Н. Долгих, И. М. Орощук, А. Н. Сучков; под ред. В. С. Колмогорова. — Владивосток: Филиал ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н. Г. Кузнецова», 2013. — 112 с.: ил.

Подробный аналитический разбор физического датчика calif.bit в сравнении с неисправным датчиком germany.bit по критериям американского стандарта Draft SP 800–90b

Ставер Елена Владимировна, магистр
Белорусский государственный университет (г. Минск)

Основные критерии американского стандарта Draft SP 800–90b.

Были рассмотрены следующие критерии:

- ApproximateEntropy
- ChiSquare
- Collision
- Frequency
- Markov

Рассмотрим основные критерии прохождения/не прохождения тестов датчиками.

- ApproximateEntropy

Данный тест оценивает энтропию на выходе генератора равномерно распределенной величины, базирующийся на подсчете среднестатистического выходного значения, полученного в результате нескольких наблюдений [1]. Оценка энтропии генератора равномерно распределенной величины — простой процесс. Она используется для обеспечения верхней границы вероятности в 99%, pmax, что наиболее распространенные значения в выборке будут лежать в этих пределах. Также эта величина используется и для оценки минимального значения энтропии на выходе генератора [1].

- ChiSquare

Для нашего случая проверка по критерию «хи-квадрат» позволит узнать, насколько созданный нами реальный ГСЧ близок к эталону ГСЧ, то есть удовлетворяет ли он требованию равномерного распределения или нет.

Частотная диаграмма эталонного ГСЧ представлена на рисунке ниже [1]. Так как закон распределения эталонного ГСЧ равномерный, то (теоретическая) вероятность p_i попадания чисел в i-ый интервал (всего этих интервалов k) равна $p_i = 1/k$. И, таким образом, в каждый из k интервалов попадет ровно по $p_i \cdot N$ чисел (N — общее количество сгенерированных чисел).

Реальный ГСЧ будет выдавать числа, распределенные (причем, не обязательно равномерно!) по k интервалам и в каждый интервал попадет по n_i чисел (в сумме $n_1 + n_2 + ... + n_k = N$). Как же нам определить, насколько испытываемый ГСЧ хорош и близок к эталонному? Вполне логично рассмотреть квадраты разностей между полученным количеством чисел n_i и «эталонным» $p_i \cdot N$.

- Collision

Тест на коллизии измеряет оцениваемое время до первой коллизии в выборке. Цель статистики коллизий — оценка вероятности наступления наиболее желаемого состояния, основываясь на времени коллизий [1]. Данный тест будет оценивать минимальную энтропию для источников шума, которые являются весьма предвзятыми (т.е. это означает, что время между коллизиями относительно мало), в то время как увеличение времени между коллизиями предполагает повышение общего уровня энтропии в целом. Нижняя граница энтропии в данном тесте может быть оценена с известным уровнем доверия только в случае, когда элементы в последовательности независимы. Какие либо зависимости между элементами могут вызвать переоценку энтропии [8]. На практике, незначительная переоценка решается выбором минимальной оценки энтропии от всех тестов как ожидаемой от данного генератора шума.

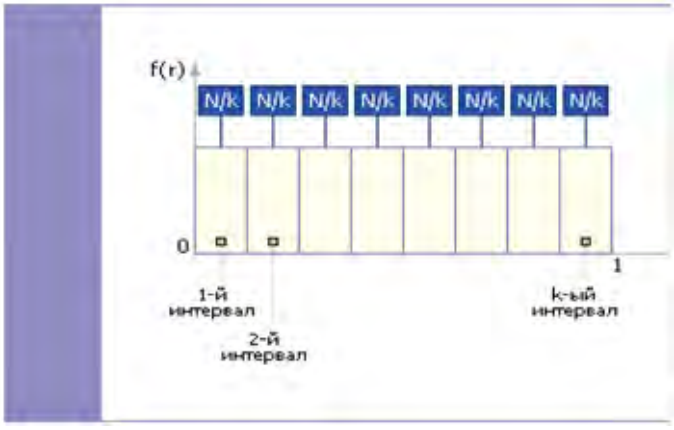


Рис. 1. Частотная диаграмма эталонного ГСЧ

• Frequency

Суть теста — определение доли единиц внутри блока длиной m бит. Цель — выяснить действительно ли частота повторения единиц в блоке длиной m бит приблизительно равна m/2, как можно было бы предположить в случае абсолютно случайной последовательности [1]. Вычисленное в ходе теста значение вероятности p должно быть не меньше 0,01. В противном случае ($p < 0,01$), двоичная последовательность не носит истинно случайный характер.

• Markov

В процессе Маркова первого порядка состояние на выходе зависит только от текущего состояния; а в процессе Маркова n-го порядка состояние на выходе зависит от текущего состояния и предыдущих n-1 состояний [1]. По этой причине, модель Маркова может использоваться в качестве шаблона для тестирования источников с зависимостями. Данный тест обеспечивает оценку минимума энтропии путем измерения зависимостей между последовательными выходами от источника шума. Оценка минимума энтропии основывается на энтропии какой либо выходной цепочки, вместо оценки минимума энтропии для каждого выхода.

Ключевая компонента в оценке энтропии процесса Маркова — возможность точно оценить матрицу вероятностей переходов. Главная трудность в оценке — требование к большому количеству оцениваемых данных для исключения каких либо возможных зависимостей [1]. В целом, переходы с низкой вероятностью могут не случиться при тестировании на небольшом количестве данных. Чем больше размер выборки — тем легче становится произвести точную оценку вероятности переходов.

Аналитический разбор датчиков.

По результатам теста на оценку энтропии для равномерно распределенных последовательностей, теста получены данные:

calif.bit, хуже — germany.bit.

Проверка по критерию «хи-квадрат» позволила узнать, насколько созданный нами реальный ГСЧ близок к эталону ГСЧ, т. е. удовлетворяет ли он требованию равномерного распределения или нет [7]. В таблице 1 приведены теоретические значения «хи-квадрат» ($\chi 2$теор.), где $\nu = N - 1$ — это число степеней свободы, p — это доверительная вероятность, задаваемая пользователем, который указывает, насколько ГСЧ должен удовлетворять требованиям равномерного распределения, или p — это вероятность того, что экспериментальное значение $\chi 2$эксп. будет меньше табулированного (теоретического) $\chi 2$теор. или равно ему.

Из проведенного исследования следует, что этому критерию по степени доверительной вероятности не соответствуют последовательности calif.bit, хуже — germany.bit.

При длине блока равной длине всей последовательности частотный блочный тест переходит в частотный побитовый тест.

Кроме этого, оценка P-значения, если ~1, то тест пройден, если 0 — не пройден.

P-value можно считать удовлетворительным, у calif.bit и germany.bit — нет, так что хотя результаты по энтропии они показывают очень хорошие, проверку на p-value они не прошли. Чем меньше длина блока — тем больше разброс, неравномерность распределения 0 и 1 в битовой последовательности, очевидно что они будут разными [1]. Поскольку размер блока был взят большой (в первую очередь для оценки P-value), то результаты частотного и блочно-частотного тестов не сильно отличаются. По тесту Маркова идеально прошел тестирование calif.bit. Хуже всех germany.bit.

Анализируем лог-файлы, полученные в ходе тестирования этих двух датчиков

• **Лог датчика calif.bit**

Approximate:

Общее количество единиц 39984889, и общее количество нолей 40015111

Общее количество символов в отобранном файле 80000000

Вероятность ноля 0.4998111125

Вероятность единства 0.5001888875

Энтропия = 0.9999998971 бита за бит.

p-val в приблизительном тесте энтропии 0.17916603510836965000

Критерий хи-квадрат:

Ценность кси квадрата для распределения 80000000 образцов 11.417116

и вероятность взвешенной ценности кси квадрата составляет 0.0727706672 процента

Тест столкновения:

Средняя длина интервала столкновения 18.89

среднеквадратичное отклонение 18.89223

нижний предел доверительного интервала 18.86502

оценка минимальной энтропии в тесте столкновения 0.99752

p-val в тесте столкновения 1.00000000000000000000

Тест частоты:

Энтропия = 0.9991950219 бита за бит.

В стендовых испытаниях двигателя энтропия составляет 0.9953290195 бита за бит.

p-val в тесте частоты 1.00000000000000000000

Тест Маркова:

среднеквадратичное отклонение элементов в матрице вероятностей перехода 0.00106

Оценка энтропии в тесте Маркова 0.99941

p-val в тесте markov 0.92972973801143322000

• **Лог-файл датчика germany.bit**

Approximate:

Общее количество единиц 38809162 и общее число нулей 41190838 / / 38809162 Общее количество единиц и общее число нулей 41190838

Общее число символов в выбранный файл является 80000000 / / Общее число символов в выбранном файле

Вероятность нуля 0,4851145250 / / Вероятность нуля

Вероятность единство 0,5148854750 / / Вероятность единства

Энтропия = 0,9993605684 бит в бит.

P-Val в приблизительном тест энтропия +0,00000000000000000000

Хи-квадрат:

Хи-квадрат значение для распространения образцов 70904.757112 80000000 / / Хи-квадрат значения для распределения 80000000 образцов 70904.757112

Измеренные и вероятность значения хи-квадрат 0,0000000000 процента / / и вероятности хи-квадрат измеренное значение 0,0000000000 процента

Столкновение тест:

Средней длины интервала столкновение 16.66 / / Средней длины интервала столкновение

Стандартное отклонение составляет 16,65622 / / Стандартное отклонение составляет 16,65622

Нижняя граница доверительного интервала 16,63286 / / Нижняя граница доверительного интервала 16,63286

мин-энтропии оценка в столкновении тест 0,91791 / / мин-энтропии оценка в столкновении тест 0,91791

P-Val в столкновении тест +0,00000000000000000000

Частота тест:

Энтропия = 0,9574238785 бит в бит.

В тест-блока энтропия 0,9544848325 бит на бит. / / В энтропии Испытательный блок 0,9544848325 бит в бит.

P-Val в тесте частота +0,00000000000000000000 / / P-Val в частоте тест 0,00000000000000000000

Маркова тест:

стандартное отклонение элементов в матрице переходных вероятностей является 0,00239 / / стандартное отклонение элементов в матрице переходных вероятностей 0,00239

Энтропия оценку в тесте Маркова 0,93350

P-Val в марковской тест +0,02562168050851533500

Литература:

1. http://csrc.nist.gov/publications/PubsSPs.html «DRAFT — SP800–90b».

3. АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Применение машины Тьюринга для реализации алгоритмов шифрования

Чернушко Максим Михайлович, студент
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

Введение

В 1936 году английским математиком Аланом Мэтисоном Тьюрингом (1912–1954) была представлена абстрактная вычислительная машина, впоследствии названная «Машиной Тьюринга», которую можно считать моделью компьютера общего назначения. Она позволила формализовать понятие алгоритма и до сих пор используется во множестве теоретических и практических исследований.

В рамках данной статьи будет рассмотрена реализация при помощи машины Тьюринга алгоритма симметричного шифрования методом перестановки и алгоритма шифрования методом одноалфавитной подстановки.

Структура машины Тьюринга

Машина Тьюринга (МТ) состоит из двух частей — ленты и автомата. Лента используется для хранения информации. Она бесконечна в обе стороны и разбита на клетки, которые никак не нумеруются и не именуются. В каждой клетке может быть записан один символ или ничего не записано. Содержимое клетки может меняться — в неё можно записать другой символ или стереть находящийся в ней символ.

Для реализации примеров, описанных в статье, используется имитатор детерминированной машины Тьюринга (далее ИМТ), расположенный в сети Интернет по адресу «http://matinf.vsgao.com/simulator/tm.html», исходя из этого, в дальнейшем, для удобства будут использоваться обозначения, принятые в этом ИМТ.

Договоримся пустое содержимое клетки называть символом «пусто» и обозначать знаком «B». Данное соглашение удобно тем, что операцию стирания символа в некоторой клетке можно рассматривать как запись в эту клетку символа «B».

Автомат — это активная часть МТ. В каждый момент он размещается под одной из клеток ленты и видит её содержимое; это видимая клетка, а находящийся в ней символ — видимый символ; содержимое соседних и других клеток автомат не видит. Кроме того, в каждый момент автомат находится в одном из состояний, которые будем обозначать буквой «q» с номерами: «q1», «q2» и т. п. Находясь в некотором состоянии, автомат выполняет какую-то определённую операцию (например, перемещается направо по ленте, заменяя все символы «b» на «a»), находясь в другом состоянии — другую операцию.

Автомат может выполнять три элементарных действия:

а) записывать в видимую клетку новый символ (менять содержимое других клеток автомат не может);

б) сдвигаться на одну клетку влево или вправо («перепрыгивать» сразу через несколько клеток автомат не может);

в) переходить в новое состояние.

Ничего другого делать автомат не умеет, поэтому все более сложные операции так или иначе должны быть сведены к этим трём элементарным действиям. [1]

Такт работы машины Тьюринга

МТ работает тактами, которые выполняются один за другим. На каждом такте автомат МТ выполняет три следующих действия, причем обязательно в указанном порядке:

а) записывает некоторый символ «S» в видимую клетку (в частности, может быть записан тот же символ, что

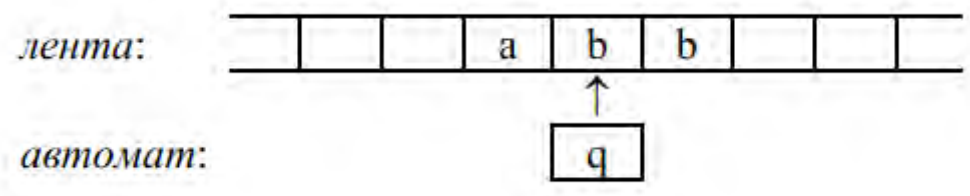


Рис. 1. Лента и автомат

и был в ней, тогда содержимое этой клетки не меняется);

б) сдвигается на одну клетку влево (обозначение — L), либо на одну клетку вправо (обозначение — R), либо остается неподвижным (обозначение — H).

в) переходит в некоторое состояние «q» (в частности, может остаться в прежнем состоянии).

Формально действия одного такта будем записывать в виде тройки: «S [L,R,H]q», где конструкция с квадратными скобками означает возможность записи в этом месте любой из букв «L», «R» или «H». Например, такт «*Lq8» означает запись символа «*» в видимую клетку, сдвиг на одну клетку влево и переход в состояние «q8». [1]

Программа для машины Тьюринга

Сама по себе МТ ничего не делает. Для того, чтобы заставить её работать, надо написать для неё программу. Для удобства эта программа записывается в виде следующей таблицы:

Таблица 1

Пример программы для МТ в табличной форме

	S1	...	Si	...	Sn	B
q1						
...						
qj			S [L,R,H]q			
...						
qm						

Слева перечисляются все состояния, в которых может находиться автомат, сверху — все символы (в том числе и «B»), которые автомат может видеть на ленте (какие именно символы и состояния указывать в таблице — определяет автор программы). На пересечениях же (в ячейках таблицы) указываются те такты, которые должен выполнить автомат, когда он находится в соответствующем состоянии и видит на ленте соответствующий символ. В целом таблица определяет действия МТ при всех возможных сочетаниях входных символов и состояний автомата и тем самым полностью задаёт поведение МТ. Описать алгоритм в виде МТ — значит предъявить такую таблицу. [1] Однако, в используемом в данной статье ИМТ, программа вводится построчно, где каждая строка представляет собой такт, выполняемый в зависимости от текущего состояния автомата и входящего символа. Например, запись «1q3->2q4L» можно истолковать так: если входящий символ «1» и текущее состояние «q3», то записать в текущую клетку символ «2», перейти в состояние «q3» и сдвинуть автомат влево. При этом последовательность записи роли не играет.

Правила выполнения программы

До выполнения программы нужно проделать следующие предварительные действия. Во-первых, надо записать на ленту входное слово, к которому будет применена программа (в используемом ИМТ оно называется «конфигурация»). Входное слово — это конечная последовательность символов, записанных в соседних клетках ленты; внутри входного слова пустых клеток быть не должно, а слева и справа от него должны быть только пустые клетки. Во-вторых, надо установить автомат в состояние «q1» (указанное в таблице первым) и разместить его под первым символом входного слова.

После этих предварительных действий начинается выполнение программы. В таблице отыскивается ячейка на пересечении первой строки (т.к. автомат изначально находится в состоянии «q1») и того столбца, который соответствует первому символу входного слова (это необязательно левый столбец таблицы), и выполняется такт, указанный в этой ячейке. В результате автомат окажется в новой ячейке, соответствующей новому входящему символу и состоянию автомата и выполняется такт из этой ячейки. [1]

В процессе работы автомат будет перескакивать из одной клетки программы (таблицы) в другую, пока не дойдет до клетки, в которой записано, что автомат должен перейти в состояние «q0» (в используемом в данной работе ИМТ состояние «q0» обозначается как «STOP»). Эти клетки называются клетками останова. Дойдя до любой такой клетки, МТ прекращает свою работу. [5]

Описание алгоритма шифрования методом одноалфавитной подстановки

Данный метод состоит в следующем. У нас есть алфавит, состоящий, к примеру, из символов «АБВГДЕ» (при этом важна последовательность символов и они не должны повторяться) и слово, состоящее из символов этого алфавита, например «ГДЕ». Нам необходимо зашифровать слово по некоторому ключу, представляющему собой целое число (для удобства будем брать числа от 1 до 9). Допустим ключ число 2. Тогда каждый символ в слове «ГДЕ» сдвигается на 2 позиции влево относительно соответствующего символа в алфавите и после шифрования представляет собой слово «ЕАБ» (если при смещении символы в алфавите закончились, то отсчет продолжается сначала алфавита). В данном примере, для наглядности, используется небольшой алфавит и однозначный код, но принцип шифрования методом одноалфавитной подстановки полностью соблюдён.

Реализация алгоритма шифрования методом одноалфавитной подстановки при помощи детерминированной машины Тьюринга

Постановка задачи. У нас есть алфавит, состоящий из символов «antrkid» (для удобства в качестве алфавита используются только значащие символы шифруемого слова, опять же на принцип работы программы это никак не влияет). Нам необходимо написать программу для ИМТ, позволяющую зашифровать слово «antarktida» по ключу 1 или 2. В данном примере входящим словом для ИМТ будет являться «1antarktida» или «2antarktida» в зависимости от ключа шифрования. (Кроме того, допустимыми будут являться любые слова, начинающиеся с 1 или 2 и состоящие из символов алфавита произвольной длинны.) На выходе на ленте мы должны получить только зашифрованное слово (не трудно определить, что это слова «ntrnkirdan» и «trktidkant» для ключей 1 и 2 соответственно).

«12antrkid» будет являться множеством допустимых входящих символов. Теперь определимся с состояниями автомата:

а) q1 — автомат определяет, по какому ключу шифруется слово, и переходит в состояние q2 или q3;

б) q2 — автомат шифрует слово по ключу 1;

в) q3 — автомат шифрует слово по ключу 2.

В табличной форме программа выглядит следующим образом (если ячейка пуста, значит попадание автомата машины в неё невозможно):

Таблица 2

Программа для реализации алгоритма шифрования методом одноалфавитной подстановки в табличной форме

Состояние	Входящие символы									
	1	2	a	n	t	r	k	i	d	B
q1	Bq2R	Bq3R								
q2			nq2R	tq2R	rq2R	kq2R	iq2R	dq2R	aq2R	BSTOPL
q3			tq3R	rq3R	kq3R	iq3R	dq3R	aq3R	nq3R	BSTOPL

Обратите внимание, что после завершения работы машины, автомат будет указывать на последний символ уже зашифрованного слова (такт «STOPL»), а не на пустую клетку, сделано это исключительно из эстетических соображений. Проверить работу программы можно в ИМТ, внеся в него следующие команды: 1q1->Bq2R, 2q1->Bq3R, aq2->nq2R, nq2->tq2R, tq2->rq2R, rq2->kq2R, kq2->iq2R, iq2->dq2R, dq2->aq2R, Bq2->BSTOPL, aq3->tq3R, nq3->rq3R, tq3->kq3R, rq3->iq3R, kq3->dq3R, iq3->aq3R, dq3->nq3R, Bq3->BSTOPL.

Для реализации более сложных алгоритмов шифрования данного типа, необходимо лишь добавить новые символы в алфавит и новые состояния автомата для различных ключей. При этом для того, чтобы использовать двузначные или трехзначные ключи, их можно записывать в системах исчисления, которые позволят поместить ключ в одну клетку на ленте.

Описание алгоритма симметричного шифрования методом перестановки

Данный алгоритм заключается в следующем. У нас есть слово, которое необходимо зашифровать по некоторому ключу. Ключ представляет собой последовательность чисел, первое из которых показывает, какой из символов в исходном слове является первым в зашифрованном, второй показывает, какой из символов в исходном слове является вторым в зашифрованном и т.д. Из этого следует, что длина ключа равна количеству символов в слове. К примеру, у нас есть слово «Привет», которое необходимо зашифровать по ключу «356142». Тогда зашифрованное слово примет вид «иетПвр».

Реализация алгоритма симметричного шифрования методом перестановки при помощи детерминированной машины Тьюринга

Постановка задачи. У нас есть слово «home» его необходимо зашифровать по ключу «3421». Работа МТ выглядит при этом следующим образом. Входным словом является ключ, при этом не обязательно «3421», машина должна работать при любом сочетании этих чисел. По завершении работы на ленте должно остаться только зашифрованное слово (в данном случае слово «meoh»). При этом следует учитывать, что на пути у автомата могут встречаться уже напечатанные символы, которые следует пропускать.

Рассмотрим состояния автомата:

а) q1 — автомат определяет, какой символ необходимо напечатать, либо прекращает свою работу, если все символы напечатаны (не осталось символов, составляющих ключ);

б) q2–q5 автомат печатает соответствующий символ;

в) q6 — автомат возвращается в начало слова.

В табличной форме программа представлена в таблице 3.

Проверить работу программы можно в ИМТ, введя в него команды из таблицы, аналогично примеру одноалфавитной подстановки.

При использовании различных ключей, состоящих из символов «1234», будут выдаваться различные зашифрованные слова. Следует отметить, что для реализации шифрования более длинных слов, нужно лишь ввести новые состояния автомата для недостающих символов. А если длина шифруемого слова больше десяти, то ключ следует записывать в системе исчисления, которая позволяет записать каждый номер символа в одной клетке.

Таблица 3

Программа для реализации алгоритма симметричного шифрования методом перестановки в табличной форме

Состояние	Входящие символы								
	1	**2**	**3**	**4**	**h**	**o**	**m**	**e**	**B**
q1	Bq2R	Bq3R	Bq4R	Bq5R	hSTOPH	oSTOPH	mSTOPH	eSTOPH	
q2		2q2R	3q2R	4q2R		oq2R	mq2R	eq2R	hq6L
q3	1q3R		3q3R	4q3R	hq3R		mq3R	eq3R	oq6L
q4	1q4R	2q4R		4q4R	hq4R	oq4R		eq4R	mq6L
q5	1q5R	2q5R	3q5R		hq5R	oq5R	mq5R		eq6L
q6	1q6L	2q6L	3q6L	4q6L	hq6L	oq6L	mq6L	eq6L	Bq1R

Заключение

МТ позволяет в полной мере реализовать простейшие алгоритмы шифрования, однако следует учитывать, что при использовании большого количества входящих символов, требуется вводить дополнительные состояния автомата, что в свою очередь приводит к увеличению размеров программы. Наиболее удобными задачами, решаемыми при помощи МТ, являются задачи обработки символьных последовательностей, к которым можно отнести и описанные выше алгоритмы шифрования.

Литература:

1. Пильщиков В.Н., Абрамов В.Г., Вылиток А.А., Горячая И.В. Машина Тьюринга и алгоритмы Маркова. Решение задач. (Учебно-методическое пособие) — М.: МГУ, 2006. — 47 с.
2. http://ru.wikipedia.org
3. http://www.mobi.ru
4. http://matinf.vsgao.com/simulator/tm.html
5. http://inf.1september.ru/articlef.php?ID=200600802

4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Анализ способов регулирования напряжения в электрических сетях

Ашуев Роман Михайлович, магистрант
Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

Электроприемники (ЭП) спроектированы при условии подведения к ним номинального (паспортного) напряжения $U_н$. Потребители снабжаются электроэнергией по радиальным схемам от районных электрических подстанций, питаемых от мощных энергосистем, но уровни напряжения в системах электроснабжения часто отличаются от номинальных значений.

Цель работы: анализ способов регулирования напряжения в электрических сетях.

Для обеспечения качественного электроснабжения [1] используется регулирование напряжение, которое является одной из наиболее сложных задач, решаемых в процессе проектирования и эксплуатации систем электроснабжения. Например, регулирование напряжения можно осуществлять, изменяя: напряжение генераторов электростанций, коэффициент трансформации силовых трансформаторов и автотрансформаторов, параметры питающей сети, величину реактивной мощности, передаваемой по сети. Анализ показал, что применение перечисленных способов обеспечивает централизованное регулирование напряжения, а последние три из них могут быть применены и для местного регулирования.

Потребители, имеющие однотипные графики изменения нагрузок во времени, называются однородными, и для них можно применить централизованное регулирование напряжения, которое производится одновременно для всех потребителей, подключенных к данному центру питания. В случае присоединения к центру питания разнородных потребителей, имеющих разнотипные графики изменения нагрузок во времени, применяют групповое централизованное регулирование, при этом потребители объединяются в группы с однородными графиками и эти группы подключаются к различным секциям шин центра питания, имеющим отдельные регулирующие устройства.

Местное регулирование напряжения применяется для потребителей с графиками изменения нагрузки во времени, не совпадающими с графиками однородных потребителей. Оно осуществляется местными средствами (управляемыми батареями конденсаторов, крупными синхронными двигателями и др.).

Встречное регулирование напряжения генераторов осуществляется автоматическим регулированием тока возбуждения, в результате отклонение напряжения (δU) генераторов электростанций, работающих на шины генераторного напряжения с присоединенной к ним распределительной сетью, должно составлять $\pm 5\%$ [2].

Существует 2 типа регуляторов напряжения:

1) ПБВ — переключение без возбуждения.

2) РПН — регулятор под нагрузкой (цепь не должна разрываться).

Принцип действия обоих регуляторов заключается в изменении коэффициента трансформации силового трансформатора путем изменения числа витков первичной обмотки.

Переключатели ПБВ и РПН устанавливают на первичной обмотке, так как первичный ток трансформатора меньше вторичного.

Трансформаторы с РПН.

Переключение отпаек под нагрузкой производится без разрыва электрической цепи. В процессе переключения соседние отпайки оказываются на короткое время замкнуты, но ток замыкания ограничивают с помощью специальных активных сопротивлений или реакторов. Перемещение переключателя отпаек осуществляется с помощью электропривода, управляемого дистанционно в ручном или автоматическом режиме.

Трансформаторы с ПБВ.

Современные трансформаторы с ПБВ стандартно имеют 5 отпаек (положений переключения) с номерами: -2, -1, 0, +1, +2, отпайка «0» — соответствует первичному номинальному напряжению.

Разность напряжений между соседними отпайками обозначается E[%] и называется степенью регулирования E = 2,5%.

В соответствии с ПТЭ [3] на блочных генераторах энергетических систем, работающих в блоках с повышающими трансформаторами с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН) и не имеющих непосредственной связи с распределительными сетями, возможный предел изменения напряжения составляет –5% до +10% от $U_Н$. При регулировании реактивной мощности по заданным графикам активной и реактивной нагрузки на шинах блочных генераторов устанавливается уровень напряжения, необходимый для нормальной работы потребителей, путем изменения коэффициента трансформации трансформаторов связи устройствами РПН. Более того,

если трансформаторы связи не имеют устройств РПН, то регулирование напряжения на шинах генераторного напряжения электростанции производится изменением тока возбуждения генераторов.

Изменение коэффициента трансформации трансформаторов и автотрансформаторов ($к_т$) позволяет осуществлять централизованное суточное регулирование напряжения на подстанциях питающих и распределительных электросетей и у электроприемников системы электроснабжения предприятиями. Основным средством регулирования напряжения являются трансформаторы с устройствами РПН. Например, регулировочные ответвления таких трансформаторов располагаются на обмотке высшего напряжения, пределы регулирования равны ±10–16% от $U_н$. РПН требует использования специальной автоматики для быстродействующего регулирования напряжения. Для регулирования напряжения при отключенной нагрузке (без нагрузки) силовых цеховых трансформаторов малой мощности используются переключатели типа ПБВ с пределами регулирования: +5; +2,5; 0; –2,5; –5.

Следовательно, изменение коэффициента трансформации трансформаторов создает определенный уровень напряжения у всех электроприемников. Однако существует опасность, что повышение напряжения до допустимого уровня у наиболее удаленных электроприемников приведет к повышенным уровням напряжения близко расположенной к регулируемым трансформаторам нагрузки. Кроме того, частые переключения РПН, и особенно ПБВ, нежелательны, т.к. требуют соответствующего обученного персонала и отключения потребителей от сети.

Изменение параметров питающей сети [4] достигается отключением в часы максимальных нагрузок одной или нескольких линий, следовательно, увеличивается потеря напряжения и понижается напряжение у потребителя. Анализ показал, что при использовании продольной компенсации реактивной мощности уменьшается индуктивное сопротивление и потеря напряжения в линии, увеличивается пропускная способность в линии.

К недостаткам этого способа регулирования напряжения относятся следующие: увеличение токов короткого замыкания в сети, возможность появления перенапряжений на конденсаторных батареях, появление при толчках нагрузки субгармонических колебаний вплоть до субгармонического резонанса.

Величину реактивной мощности, передаваемой по сети, изменяют с помощью конденсаторных батарей поперечного включения, синхронных двигателей с автоматическим регулированием тока возбуждения, статических источников реактивной мощности, генераторов местных электростанций промышленных предприятий.

Реактивная мощность вырабатывается не только генераторами электростанций, но и другими источниками: синхронными компенсаторами (СК), синхронными двигателями (СД), батареями конденсаторов (БК), статическими источниками реактивной мощности (ИРМ), тиристорными компенсирующими установками (ТКУ) и др.

Синхронный компенсатор — это синхронный двигатель, работающий без нагрузки на валу. В отличие от генератора он не имеет первичного двигателя. СК не может вырабатывать активную мощность, а для покрытия своих механических и электрических потерь он потребляет энергию из сети. При перевозбуждении СК генерирует реактивную мощность в сеть, а при недовозбуждении становится потребителем реактивной мощности. Регулирование напряжения с помощью СК осуществляется плавно. Синхронные компенсаторы обычно устанавливают на мощных понижающих подстанциях и включают на шины 6–10 кВ или подключают к обмотке НН автотрансформатора либо к компенсационной обмотке трансформатора с РПН.

Синхронный двигатель широко используется в качестве электропривода для рабочих механизмов. Потребляя активную мощность, он одновременно может генерировать реактивную мощность (при перевозбуждении) либо потреблять ее (при недовозбуждении). СД позволяет реализовать плавное, автоматическое регулирование напряжения в местной сети. Стоимость СД высокая, но ниже, чем стоимость асинхронного двигателя такой же мощности совместно с компенсирующим устройством, позволяющим получить эквивалентный эффект регулирования напряжения. Схема подключения СД такая же, как и СК.

Батареи конденсаторов применяют в тех случаях, когда не требуется ее работа в режиме потребления реактивной мощности. Управляемые батареи конденсаторов (УБК) представляют собой группу последовательно и параллельно соединенных конденсаторов для получения требуемой мощности и для подключения на заданное напряжение.

УБК более экономичны, чем СК. Их выполняют на большие мощности (до 100 и более Мвар). Батареи конденсаторов устанавливаются на крупных подстанциях и подключаются как на шины 6–35 кВ, так и на шины высокого напряжения 110 кВ. Наличие переключающего устройства батарей конденсаторов дает возможность ступенчатого регулирования напряжения на шинах потребителей, так как позволяет отключать часть параллельно включенных конденсаторов или всю батарею при снижении нагрузки и включать полностью все конденсаторы при ее максимуме.

Статические источники реактивной мощности (ИРМ, СКУ, СТК и др.) в последние годы получают все большее применение в силу таких их качеств, как отсутствие вращающихся частей, высокое быстродействие, плавность регулирования напряжения и генерируемой реактивной мощности, незначительное влияние на токи короткого замыкания и т.п. Однако их стоимость пока значительно выше, чем стоимость других компенсирующих устройств такой же мощности. Статические компенсирующие установки по принципу работы делят на две группы. К первой группе относят установки, в которых реактивная мощ-

ность генерируется статическими конденсаторами и регулируется с помощью быстродействующих тиристорных средств, а ко второй — установки, в которых для генерирования реактивной мощности используется свойство индуктивности аккумулировать энергию в магнитном поле.

Выводы. Для обеспечения качества напряжения на зажимах электроприемников необходимо проводить мероприятия по регулированию напряжения. Исследования показали, что глубокое изменение напряжения неприемлемо для потребителей, работающих на общую электрическую сеть.

Литература:

1. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]: [межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 21 ноября 1997 г. (протокол № 12–97): введен с 1 янв. 1999 г.]. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 2000. — 42 с.
2. ГОСТ 533–2000. Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы. Общие технические условия [Текст]: [межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации 22 июня 2000 г. (протокол № 17): введен в действие 01.01.2002 г.]. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 2001. — 21 с.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]: [приказ Минэнерго РФ от 13 янв. 2003 г. № 6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»: утвержден Минэнерго России от 13.01.03: зарегистрировано Минюстом России № 4145 22.01.03]. — Санкт-Петербург: ООО «Барс», 2003. — 312 с.
4. Арутунян А. А. Основы энергоснабжения. Методы расчета и анализа потерь электроэнергии, энергетическое обследование и энергоаудит, способы учета и снижения потерь, экономический эффект. — М.: Энергосервис, 2007.

5. ЭНЕРГЕТИКА

Использование гибридной системы охлаждения на основе вихревой трубы и термоэлектрического холодильника для получения криогенных температур

Галкина Наталья Викторовна, студент
Научный руководитель Угланов Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент
Самарский государственный аэрокосмический университет имени С.П. Королева

В современных летательных аппаратах авиационного и космического назначения все более широкое применение находят различные оптико-электронные и квантовые системы и устройства навигационного, боевого и научного назначения. Лазерные дальномеры, прицелы, системы наведения, лидары, гироскопы — вот далеко не полный перечень устройств, основным элементом которых является оптико-электронный прибор. Одним из основных элементов оптико-электронных систем (ОЭС) являются инфракрасные приёмники (ИК-приёмники). Обеспечение охлаждения до криогенных уровней температуры ИК-приёмников, элементов оптических систем и других устройств, устанавливаемых на летательных аппаратах, — важнейшее требование, предъявляемое многим авиационным и космическим проектам. Существует множество систем охлаждения, разной степени совершенства, которые могут удовлетворить тем или иным техническим требованиям. Одной из такой системы охлаждения является использование гибридной системы охлаждения на основе вихревой трубы и термоэлектрического холодильника.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема системы охлаждения.

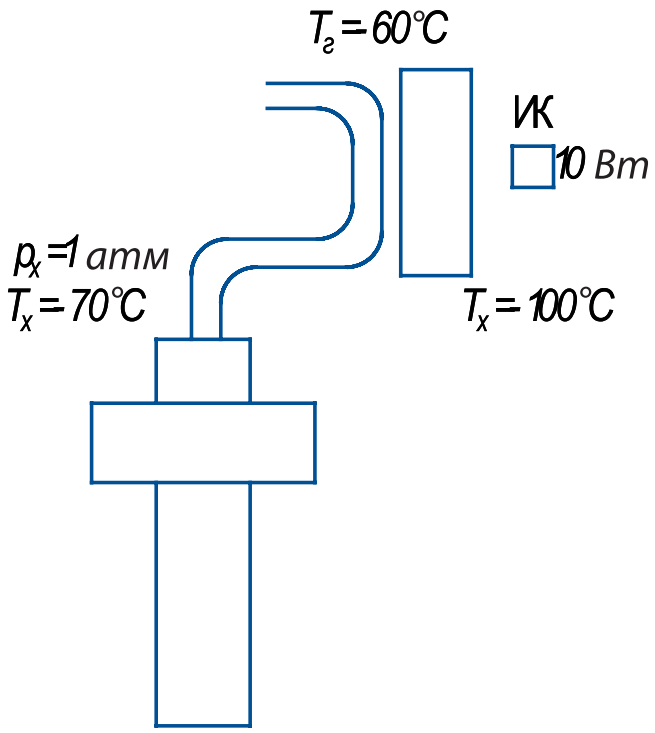


Рис. 1. Принципиальная схема системы расчета

Мощность теплового потока, которую необходимо отводить от ИК-приёмника 10 Вт. Температура холодного спая термоэлектрического холодильника -100˚С, а температура горячего спая -60˚С. Температура холодного воздуха на выходе из вихревой трубы -70˚С, давление воздуха на выходе — 1 атм.

Необходимо определить геометрические параметры термоэлектрического холодильника и вихревой трубы.

Для расчета термоэлектрического холодильника предлагается использовать методику [1]. Для начала расчета выбираем характеристики материалов.

$$\alpha = 0{,}0006\ В/К \quad \lambda_A = 0{,}015\ Вт/(см \cdot К) \qquad \rho_A = 0{,}002\ Ом \cdot см$$

$$\lambda_B = 0{,}010\ Вт/(см \cdot К) \quad \rho_B = 0{,}003\ Ом \cdot см$$

Температура горячего слоя принимается равной $T_н$=213 К (-60˚С), а холодного — $T_с$=173 К (-100˚С)

Оптимальной геометрии соответствует:

$$\Lambda R = \left[\sqrt{0.015 \cdot 0.02} + \sqrt{0.010 \cdot 0.003}\right]^2 = 120 \cdot 10^{-6}\ В^2/К;$$

$T_A=\Delta T+2T_c$;

$$B = \sqrt{4\beta + 2\alpha^2 T_A};$$

Сопротивление вычисляет по формуле:

$$R = \frac{-2\beta\Delta T^2(2\beta + \alpha^2 T_A) + B\left(\alpha^2 \beta^{1/2}\Delta T T_c T_A - 2\beta^{3/2}\Delta T^2\right)}{\alpha^2 T_A^2 P_c}$$

Использование одного термоэлемента приведет к слишком большому значению тока и чрезвычайно маленькому напряжению. Гораздо лучше использовать 100 термоэлементов, которые с точки зрения электрического тока соединены последовательно, а теплопроводности — параллельно.

Определим теплопроводность:

$$\Lambda = \frac{B}{R} = \frac{120 \cdot 10^{-6}}{0{,}0054}.$$

Требуемый электрический ток:

$$\mathrm{I} = \frac{\alpha T_c - \sqrt{\alpha^2 T_c^2 - 2\beta\Delta T - 2P_c R}}{R}$$

Электрическая мощность:

$$P_\Sigma = \alpha\Delta T + R\mathrm{I}^2.$$

Коэффициент преобразования:

$$\phi_2 = \frac{P_c}{P_\Sigma} = \frac{0{,}1}{2{,}06} = 0{,}048.$$

Теперь, зная требуемые значения величин R и Λ, можно определить геометрические параметры ветвей термоэлемента. Изготовление термоэлемента упрощается, если длина обеих его ветвей одинакова, т. е. $l_A=l_B=l$.

$$R = \rho_A \frac{l}{A_A} + \rho_B \frac{l}{A_B}$$

Используя полученные ранее численные значения, определим:

$$l = \frac{0{,}0054}{\frac{0{,}002}{A_A} + \frac{0{,}003}{A_B}}$$

$$A_A = \frac{3}{2} A_B$$

Также необходимо оговорить максимально допустимую плотность электрического тока J_{max}. Примем, что J_{max}=300 А/см^2 и что максимально допустимый ток через термоэлемент равен 19 А.

Отсюда получим: $A_A = \frac{19}{300} = 0{,}063\ см^2$;

A_B=0,095 см^2

Подставив полученные значения, определим длину элементов.

При тепловой мощности 10 Вт получаем напряжение:

$$V = \frac{100P_\Sigma}{l}$$

Для нашего расчета термоэлектрический холодильник имеет следующие параметры:

B, В · К$^{-1/2}$	R, Ом	Λ, Вт/К	I, А	P_Σ, Вт	l, см	V, В
0,0275	0,0054	0,0222	17,42	2,06	0,085	11,82

Расчет вихревой трубы осуществляется на основе методики [2].

Заданные параметры:

Степень расширения в вихревой трубе — π=12, относительная температура холодного потока — θ_x=0,75, допустимый подогрев холодного потока ΔT_x=10°С, давление холодно потока — p_x=10^5 Па.

Рассчитаем давление воздуха, которым питается вихревая труба по формуле:

$p_1 = \pi \cdot p_x$

Используя значения температуры холодного потока и значение относительной температуры холодного потока определим величину температуры воздуха на входе в вихревую трубу.

$$T_1 = \frac{T_x}{\theta_x};$$

Определим потребный расход холодного потока:

$$G_x = \frac{W}{C_p \Delta T}$$

По обобщенным характеристикам [2] для расчетного значения π находим расчетное значение μ. По найденному значению μ определим общий расход сжатого воздуха через вихревую трубу:

$$G_1 = \frac{G_x}{\mu};$$

Определим суммарную площадь всех сопел:

$$F_c = \frac{G_1\sqrt{T_1}}{0{,}38p_1} \cdot 100;$$

Диаметр вихревой трубы определим по следующей формуле:

$$D = 1{,}273\sqrt{\frac{F_c}{F_c}};$$

Длина вихревой трубы:

$$L = 9D.$$

Для нашего расчета вихревая труба имеет следующие параметры:

p_1, МПа	T_1, К	G_x, кг/с	G_1, кг/с	F_c, мм^2	D, мм	L, мм
1,2	270,67	0,001	0,0067	24,17	26,69	240,2

Литература:

1. А да Роза «Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы», Издательский дом Интеллект МЭИ, Долгопрудный — Москва, 2010
2. А. П. Меркулов «Вихревой эффект и его применение в технике», Изд. 2-е перераб. И доп. — Самара. Оптима. 1997

Исследование защиты оборудования источников тепловой энергии и разработка информационно-технологического обеспечения средств защиты трубопроводов от гидравлического удара

Чупрякова Анна Николаевна, магистрант
Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

Защита оборудования источников тепловой энергии от повышения давления сетевой воды и гидравлических ударов является важным аспектом обеспечения безопасности теплоснабжения и энергетической эффективности [1].

Цель работы: исследование защиты оборудования источников тепловой энергии информационно-технологического обеспечения средств защиты трубопроводов от гидравлического удара.

Безопасное и надежное теплоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий России может быть обеспечено при условии минимизации риска негативного воздействия на здоровье людей (обслуживающего персонала и населения), а также исключения случаев прекращения или перерывов подачи потребителям тепловой энергии, уничтожения или порчи имущества юридических и физических лиц.

Одним из существенных факторов, влияющих на безопасность и надежность теплоснабжения, является обеспечение защиты трубопроводов и оборудования водоподогревательных установок источников тепловой энергии (ТЭЦ, ГРЭС и котельных) от повышения давления сетевой воды сверх допускаемых значений, в том числе от гидравлических ударов.

При проведении энергоаудита действующих котельных [2, с. 132] проводились измерения режимных параметров работы котлов, что позволило оценить настройку котла на оптимальный режим работы и выявить нарушения в работе оборудования котельной. Исследование причин сбоев котельных установок показало, что гидравлические удары в системах теплоснабжения возникают при отключении под нагрузкой групп сетевых и подпиточных насосов источников тепловой энергии.

Анализ статистических данных показал, что в течение года происходит более 10 случаев потери собственных нужд на ТЭЦ и котельных по Российской Федерации. При этом нередки случаи несанкционированных действий персонала или посторонних лиц, приводящие к подобным аварийным ситуациям.

Аварии, вызванные гидравлическими ударами, сопровождаются разрушением теплофикационного оборудования источника тепловой энергии, трубопроводов и оборудования тепловых сетей, массовыми разрывами отопительных приборов потребителей. Это приводит к порче и утрате имущества, ожоговому травматизму людей, как правило, длительному прекращению теплоснабжения, а в период стояния низких температур наружного воздуха — часто к невозможности восстановить теплоснабжение вплоть до потепления с тяжелейшими социальными последствиями [5, с. 198]. Разрывы сетевых станционных трубопроводов нередко приводят к затоплению сетевой водой источника тепловой энергии со стороны тепловых сетей с «посадкой на ноль».

Такие аварии имели место в различных городах России и сопровождались ожоговым травматизмом персонала и населения, приводили к серьезным материальным ущербам, социальным последствиям.

Гидравлические удары в водоводах вызываются быстрым изменением скорости движения жидкости (вследствие изменения степени закрытия затвора, а также включения и выключения из работы насосов) и сопровождаются большим повышением давления. Меры, ограничивающие это повышение допустимым пределом, принимаются на основании расчетов гидравлического удара, с учетом условий работы данного водовода.

Расчеты нестационарных процессов отличаются большой сложностью.

Поэтому разработка информационно-технологического обеспечения водопроводных сетей и средств защиты их защиты от гидравлического удара является важной и актуальной задачей [4. с. 214].

Ниже приводится оценка гидравлического удара при применении противоударных мероприятий, выполненная на основе прикладной среды MathCad.

Оценка гидравлического удара
при применении противоударных мероприятий

Максимальный напор в водоводе, оборудованном обратным клапаном, при отсутствии разрывов сплошности потока не может превышать величины, м

Превышение оси клапана над уровнем воды в водоприемнике, м
zк := 2

Максимальный напор в водоводе относительно оси обратного клапана, м

$Нмакс1 := 2 \cdot H1 + zк + 8$ $Нмакс1 = 208.446$

$Нмакс2 := 2 \cdot H1 + zк + \frac{a \cdot v1}{g}$ $Нмакс2 = 331.655$

$$Нмакс := \begin{cases} Нмакс1 & \text{if } \frac{a \cdot v1}{g} \geq H1 + zк \\ Нмакс2 & \text{if } \frac{a \cdot v1}{g} < H1 + zк \end{cases}$$ $Нмакс = 208.446$

Допустимый напор в водоводе, м

$Ндоп := 200$

Плотность воды при температуре 20 ёС, кг/м^3

$\rho := 1000.52$

Кинематический коэффициент вязкости воды при температуре 20 ёС, м^2/с

$\nu := 1.006 \cdot 10^{-6}$

Среднее значение числа Рейнольдса при движения воды по участку

$Re1 := \frac{v1 \cdot d1}{\nu}$ $Re1 = 7.031 \times 10^8$

При квадратичном законе сопротивлений показатель степени в законе сопротивлений равен $m=2$; в гидравлически гладких трубах $m=1,75$ (по Блазиусу) и при ламинарном движении $m=1,0$.

Показатель степени в законе сопротивлений

$mл1 := 1$ $mп1 := 1.75$ $mт1 := 2$

$$m1 := \begin{cases} mл1 & \text{if } Re1 \leq 2000 \\ mп1 & \text{if } 2000 < Re1 < 4000 \\ mт1 & \text{otherwise} \end{cases}$$ $m1 = 2$

Число точек отбора на участке

$n1 := 3$

Интервал между точками отбора, м

$l1 := \frac{L1}{n1}$ $l1 = 200$

Параметры отбора при распределении расхода трубопроводом через n точек отбора, расположенных на одинаковом расстоянии l друг от друга, если участок, начинаясь на расстоянии l до первой точки отбора и заканчиваясь последней точкой отбора

$N11 := \left(1 + \frac{1}{n1}\right)$ $N21 := \frac{1}{6} \cdot \left(1 + \frac{1}{n1}\right) \cdot \left(2 + \frac{1}{n1}\right)$

Коэффициент путевого расхода

$$\beta 1 := \sqrt{\left(\frac{Qтр1}{Qп1}\right)^2 + N11 \cdot \frac{Qтр1}{Qп1} + N21} - \frac{Qтр1}{Qп1}$$

Расчетный расход, проходящий по участку, $м^3/ч$

$$Qp1 := Qтр1 + \beta 1 \cdot Qп1 \qquad Qp1 = 932.738$$

Параметр расхода водопроводных труб, $(с/м^3)^2$

$$A1 := \begin{cases} 36 & \text{if } 0 < d1 \le 150 \\ 9.6 & \text{if } 150 < d1 \le 200 \\ 2.56 & \text{if } 200 < d1 \le 250 \\ 1.16 & \text{if } 250 < d1 \le 300 \\ 0.495 & \text{if } 350 < d1 \le 400 \\ 24 \cdot 10^{-2} & \text{if } 400 < d1 \le 450 \\ 13 \cdot 10^{-2} & \text{if } 450 < d1 \le 500 \\ 7.34 \cdot 10^{-2} & \text{if } 500 < d1 \le 550 \\ 4.49 \cdot 10^{-2} & \text{if } 550 < d1 \le 600 \\ 2.79 \cdot 10^{-2} & \text{if } 600 < d1 \le 700 \\ 1.38 \cdot 10^{-2} & \text{if } 700 < d1 \le 800 \\ 6.81 \cdot 10^{-3} & \text{if } 800 < d1 \le 900 \\ 3.6 \cdot 10^{-3} & \text{if } 900 < d1 \le 1000 \\ 2.09 \cdot 10^{-3} & \text{if } 1000 < d1 \le 1200 \\ 6.5 \cdot 10^{-4} & \text{if } 1200 < d1 \le 1400 \\ 1.76 \cdot 10^{-4} & \text{if } 1400 < d1 \le 1600 \\ 1.76 \cdot 10^{-4} & \text{if } d1 > 1600 \end{cases} \qquad A1 = 0.045$$

Потери напора на участке распределения расхода по формуле Дарси, м

$$hд1 := A1 \cdot L1 \cdot \left(\frac{Qp1}{3600}\right)^{m1} \qquad hд1 = 1.808$$

Суммарный коэффициент сопротивления водовода на участке от подключения водовода к насосной станции до места установки предохранительного клапана

$$\zeta тр := \frac{2hд1}{v1^2} \qquad \zeta тр = 2.602$$

Коэффициент допустимого напора

$$\alpha доп := \frac{Ндоп}{Нмакс} \qquad \alpha доп = 0.959$$

Коэффициент сопротивления предохранительного клапана и трубопровода, отводящего от него воду,

$$\zeta c := \frac{2 \cdot a^2}{g \cdot Hмакс} \cdot \frac{\alpha доп}{(1 - \alpha доп)^2} - \zeta тр \qquad \zeta c = 6.814 \times 10^5$$

Максимальный напор при сбросе воды через клапан, м

$$Hпр := Hмакс \cdot \left[1 - \frac{a^2 \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot g}{a^2} \cdot Hмакс \cdot (\zeta c + \zeta тр) + 1} - 1 \right]}{g \cdot Hмакс \cdot (\zeta c + \zeta тр)} \right] \qquad Hпр = 200$$

Максимальное повышение напора, м

$$\Delta Hмакс := \frac{a \cdot v1}{g} + 2 \cdot H1 \qquad \Delta Hмакс = 329.655$$

Если предохранительный клапан, установленный у обратного клапана в начале водовода для ограничения повышения напора, не защищает водовод от повышения напора в других точках, происходящего при соударении колонн воды в местах разрывов сплошности потока, то максимальный напор в водоводе, м

$$\Delta Hмакс1 := 2 \cdot H1 + 0.5 \cdot \left(\Delta H1пр + \frac{a \cdot v1}{g} \right) \qquad \Delta Hмакс1 = 329.655$$

Коэффициент сопротивления сбросного устройства не должен превосходить

$$\zeta cy := 2 \cdot g \cdot \frac{H1 + \Delta H1пр - zк}{v1 + \frac{g}{a} \cdot (2 \cdot H1 - \Delta H1пр)} \qquad \zeta cy = 2.514 \times 10^3$$

Практика эксплуатации систем теплоснабжения населенных пунктов в последние годы, результаты расследования причин и анализ последствий аварий в различных городах России свидетельствуют о том, что проблема защиты от гидравлических ударов остается практически не решенной в подавляющем большинстве систем централизованного теплоснабжения от центральных котельных или же решена частично и лишь в единичных случаях.

Выводы

1. Необходимо принять меры, направленные как на снижение риска возникновения аварийных ситуаций, связанных с гидравлическими ударами и повышением давления сетевой воды, так и по предотвращению их разрушительных последствий.
2. В связи со сложностью гидроударных процессов внедрению в практику проектирования должен предшествовать расчет нестационарных процессов, реализованный в прикладной автоматизированной программной среде.
3. В процессе расчета должны быть определены условия возникновения гидравлического удара.
4. После выбора противоударной системы следует производить проверку эффективности предлагаемых мероприятий на основе автоматизированного расчета и необходимых экспериментальных исследований.

Литература:

1. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» [Текст]: [федер. закон: принят Гос. Думой 11 нояб. 2009 г.: одобрен Советом Федерации 18 нояб. 2009 г.: в ред. Федеральных законов от 02.07.2013 г. № 185-ФЗ]. — М., 2013. — 3 с. .
2. Варнавский Б.П. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. [Текст]/ Б.П. Варнавский, А.И. Колесников, М.Н. Федоров: Учебное пособие/М.: Ассоциация менеджеров, 1999. — 214 с.
3. Макаров, Е.Г. Инженерные расчеты в Matchcad. Учебный курс/ Е.Г. Макаров. — СПб.: Питер, 2003. — 448 с.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. — 7-е изд., — М.: Издательство МЭИ, 2001. — 472 с.

6. МЕТАЛЛУРГИЯ

Укрывной материал алюминиевых электролизеров

Бажин Владимир Юрьевич, доктор технических наук, профессор, декан ХМФ;
Власов Александр Анатольевич, кандидат технических наук, ассистент;
Смань Антон Владимирович, аспирант
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

Молин Михаил Викторович, инженер
Красноярский алюминиевый завод

Введение

Перед отечественным производством алюминия стоит целый ряд сложных технологических вопросов, одним из которых является обоснование параметров укрывного материала анодного массива электролизера при различных технологических параметрах процесса.

Основными функциями укрывных материалов являются:

- защита углеродного анода от окисления воздухом;
- теплоизоляция анодного массива;
- улавливание летучих фторидов;
- формирование рабочего пространства и питание ванны;
- стабилизация уровня электролита.

В работе [1] проведено исследование тепловых балансов для различных типов электролизеров, однако, полностью не решены вопросы тепловых потерь. Повышение силы тока невозможно без термохимической стабилизации укрывного материала относительно конструкции анодного массива.

Потери тепла через укрывные материалы составляют около 11%, до 48% потерь от общего числа приходится на верхнюю часть электролизера с обожженными анодами [2]. Высота засыпки ограничивает потери тепла. При большом слое укрывного материала (более 180 мм) появляются локальные перегревы, в результате чего корка плавится и обваливается в электролит. Выбор рациональной высоты корки должен соответствовать тепловому балансу электролизера, а показателем качества является снижение выбросов с поверхности электролита.

До 60-х годов прошлого века укрывной материал исполнял роль кратковременного укрытия и источника сырья. В качестве материала засыпки использовался металлургический глинозем. Для питания электролизера пробивалась криолит-глиноземная корка, и находящийся на ней глинозем вместе с коркой погружался в электролит [3].

В период с 60-х до начала 90-х годов укрывной материал начинает исполнять больше роль изолирующего укрытия. Связано это с внедрением технологии балочного, а затем и точечного питания. В качестве компонентов корки начинают использовать не только обычный глинозем, но и пришедший после сухой газоочистки (фторированный). В некоторой степени это поспособствовало уплотнению корки, однако при этом увеличились потери за счет пыления мелких фракций глинозема и испарения влаги. Технологические операции по обслуживанию корки осуществлялись с помощью монорельсовой машины (МНР), представленной на рисунке 1, которая совмещает прорубку корки и подсыпку новой порции глинозема.

В период активного внедрения технологии мощного электролиза (сила тока более 250 кА), начиная с 1990, актуальной задачей становится максимальное сокращение величины выбросов фтористых веществ в рабочую зону, для этого используются системы точечного автоматического питания и более плотные и прочные укрывные материалы [4]. Прорубку укрытия осуществляет МПТ или МПК (рисунок 2).

Повышение эффективности улавливания фторидов в системе газоочистки и доли фторированного глинозема в сырье приводит к увеличению уровня электролита в ваннах. Многие предприятия используют оборотный измельченный электролит в качестве дополнительного компонента укрывного материала. Отработанный электролит имеет более высокое содержание фтористого алюминия, чем основная масса расплавленного электролита, и при застывании образует смесь криолита и хиолита. В результате глиноземные частицы связываются в более плотную монолитную корку с высокой прочностью за счет расплавляющихся фторидов. Однако ее применение связано с некоторыми технологическими проблемами:

- повышение износа пневмотрасс и аэрожелобов;
- чрезмерно высокая прочность;
- неравномерное формирование корки, в связи с отсутствием рациональной рецептуры укрытия (состав, крупность материала).



Рис. 1. Монорельсовая машина (МНР)



Рис. 2. Прорубка корки в торцах ванны

Недостатком использования оборотного электролита также является высокое содержание железа и кремния, которое обусловлено попаданием частиц от используемого инвентаря, что приводит к снижению чистоты получаемого алюминия [5].

На сегодняшний день вопрос оптимального состава укрывного материала и его использования в технологической системе современных производств остается открытым. Очевидно, что современные корки должны обладать повышенной прочностью и плотностью, что предотвратит их преждевременное разрушение и попадание вредных газов в атмосферу. Достигнув этого можно отказаться от использования металлических укрытий, формирующих газосборный колокол, что позволит сократить издержки за счет экономии материалов и рабочего времени на их удаление и установку. Однако при этом необходимо достичь приемлемых показателей скорости разрушения и растворения корки в период проведения технологической обработки электролизера, исключить загрязнение примесями катодного алюминия.

Литература:

1. V. Gusberti, D.S. Severo, B.J. Welch, M. Skyllas-Kazacos, «Modeling the mass and energy balance of different aluminium smelting cell technologies», Light Metals 2012, pp. 929–934.
2. X.L. Liu, M.P. Taylor, S.F. George, «Crust Formation and Deterioration in Industrial Cells», Light Metals 1992, P. 489–494.
3. H.Wijayaratne, M.Hyland, M.Taylor, A.Grama, T.Groutso, «Effects of composition and granulometry on thermal conductivity of anode cover materials», Light Metals 2011, P. 399–404.
4. L.N. Less, «The Crusting Behaviour of Smelter Aluminas», Met. Trans. B, 8 (1977), P. 219–225.
5. T. Apelt, «Thermal Conductivity of Granular Anode Cover Materials from Industrial Aluminium Reduction Cells», BE Undergraduate Thesis, Dept. of Chemical Engineering, University of Queensland, Oct. 1992.

7. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Выбор типа орбит космических систем оптико-электронного наблюдения

Давлетьяров Рустам Зуфарович, студент;
Шевченко Валентин Васильевич, студент;
Кучер Виктория Игоревна, студент магистратуры
Оренбургский государственный университет

Сравниваются возможности достижения высокой производительности космическими системами, построенными на орбитах двух типов: солнечно-синхронной и орбите без постоянной солнечной ориентации (БПСО).

Показано, что наиболее предпочтительными с точки зрения достижения максимальной производительности являются орбиты БПСО.

Выполнение требований к космическим системам оптико-электронного наблюдения (КСОЭН) по целевому назначению определяются орбитальным построением, в том числе выбором типа орбит. Важным этапом при этом является выбор показателей эффективности, которые отражают значение системы, возможность выполнения поставленных задач, зависят от варианта орбитального построения и чувствительны к его изменению [1, 2].

Наиболее важным показателем эффективности КСОЭН являются:

– производительность КА $\Theta_{КА}$ (объём достоверной информации, получаемый за определенный промежуток времени);

– периодичность наблюдения $T_{пер}$ (интервал времени между последовательными наблюдениями одного и того же объекта или количество наблюдений этого объекта за определенный промежуток времени);

– оперативность доставки информации $\tau_{оп}$ (интервал времени от момента начала наблюдения объекта до момента передачи полученной информации на наземный пункт);

– количество получаемой информации L (пространственное разрешение);

– стоимость $C_{КС}$, которую в первом приближении можно связать с числом аппаратов N в орбитальной группировке.

Поскольку эти показатели эффективности зависят от параметров орбитальной структуры, то они могут быть использованы при формировании критериев оптимальности для выбора рационального варианта орбитального построения КСОЭН [3].

Исходя из требований к рассматриваемой КСОЭН, максимальные значения таких показателей эффективности, как производительность $\Theta_{КА}$, периодичность наблюдений $T_{пер}$, и оперативность $\tau_{оп}$, которые в наибольшей степени зависят от орбитального построения, могут выступать в роли критериев оптимальности.

Для облегчения решения задачи и ухода от ее многокритериальной постановки следует воспользоваться наиболее важным в этом случае показателем эффективности. По нашему мнению таковыми показателями является производительность системы $\Theta_{КА}$ с ограничениями на остальные показатели $T_{пер}$, $\tau_{оп}$, L. Другими словами, поскольку для рассматриваемых КСОЭН основной целью функционирования является достижение максимальной производительности $\Theta_{КА}$, за критерий предпочтения принимается

$$\Theta_{КА}(X^*) = max\,\Theta_{КА}(X_i), \quad (1)$$

где X_i — множество возможных вариантов; X^* — оптимальный (предпочтительный) вариант орбитального построения.

На остальные показатели эффективности накладываются следующие ограничения:

$$T_{пер} \leq \bar{T}_{пер};\ \tau_{оп} \leq \bar{\tau}_{оп};\ L \leq \bar{L}. \quad (2)$$

Здесь $\bar{T}_{пер}$, $\bar{\tau}_{оп}$, $\bar{L}$ — допустимые требованиями ТТЗ значения показателей.

Матрица орбитальных параметров имеет вид

$$X_i = \begin{Bmatrix} a_1 & e_1 & i_1 & \Omega_{\gamma 1} & \omega_1 & \lambda_{э1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & e_n & i_n & \Omega_{\lambda n} & \omega_n & \lambda_{эn} \end{Bmatrix}$$

где a_n — большая полуось n-го КА; e_n — эксцентриситет орбиты n-го КА; i_n — наклонение орбиты n-го КА; $\Omega_{\lambda n}$ — долгота восходящего узла орбиты n-го КА в абсолютном пространстве; ω_n — аргумент перигея орбиты n-го КА; $\lambda_{эn}$ — географическая долгота восходящего узла n-го КА; $n = 1, \dots, N$ — число КА в орбитальной группировке.

Таким образом, задача ставится в следующей формулировке:

определить начальные значения орбитальных параметров $X_0^* = \{a^*, e^*, i^*, \Omega_j^*, \omega^*, \lambda^*\}$, обеспечивающие максимальное значение производительности Θ_{KA} при выполнении ограничений по общему составу группировки N, разрешению на местности L, периодичности наблюдения $T_{\text{пер}}$ и оперативности доставки информации $\tau_{\text{оп}}$ в течении определенного промежутка времени t. Или необходимо провести сравнение альтернативных вариантов и выбрать оптимальный для достижения требуемой эффективности КСОЭН, построенных на орбитах различного типа по критерию (1) при ограничениях (2).

Рассмотрим баллистическое построение КСОЭН на базе КА, находящихся на двух типах изомаршрутных эллиптических (или круговых) орбит с периодом повторения трассы, равным одним суткам, и примерной одинаковой высотой в апогее и перигее, отличающихся лишь величиной наклонения i. Высота орбиты находится в диапазоне 500...3000 км.

Наклонение определяет перемещение (процессию) узла орбиты вдоль экваторы с запада на восток при $i = 90...180^{oo}$ (тип 1) и в обратном направлении и в обратном направлении, если ii не превышают 90^{o} (тип 2).

Среди орбит первого типа, выбирая высоту орбиты и ее наклонение, можно обеспечить равенство угловой скорости прецессии узла орбиты и угловой скорости перемещения Солнца. В этом случае получаем орбиту с постоянной ориентацией ее плоскости относительно Солнца [4] — солнечно-синхронную орбиту (ССО).

Орбиту с наклонением менее 90^{o} и с переменной ориентацией ее плоскости относительно Солнца назовем по аналогии «без постоянной солнечной ориентации» (БПСО).

Принимаем, что КА, расположенные на различных типах орбит, имеют одни и те же характеристики (например, по массе, бортовым системам), оснащены оптико-электронной аппаратурой (телескопами) с одинаковыми характеристиками (по фокусному расстоянию, размеру элемента разрешения, углу поля зрения). Число КА в составе КСОЭН на каждом из типов орбит равно единице.

Для начала сравним (табл. 1) баллистическое построение отечественный и зарубежных КСОЭН [3, 5] с точки зрения типа орбит. Видим, что зарубежные системы построены в основном на солнечно-синхронных орбитах. В России же был успешный опыт наблюдения районов с орбит с наклонением $63{,}4...70^{o}$ (БПСО).

В литературе много говорится о преимуществах ССО. Однако следует отметить, что преимущества, обычно отмечаемые для ССО, такие, как возможность наблюдения Земли в одно и то же местное время, примерно постоянные углы возвышения Солнца в точке наблюдения (табл. 2), для отдельных потребителей являются недостатками. Это объясняется тем, что для некоторых объектов наблюдения требуется различная солнечная освещенность для выявления определенных признаков этих объектов.

Кроме того, недостатками ССО являются вращение линии апсид, невозможность наблюдения недоступных районов как при начальном построения орбитальной системы, так и в дальнейшем. Это объясняется тем, что угол между плоскостью орбиты и Солнцем на протяжении всего срока функционирования КА остается практически постоянным и, следовательно, освещены лишь те районы, находящиеся по трассе полета, которые выбраны для наблюдения вначале.

Напротив, орбиты БПСО дают возможность наблюдения практически всех районов, над которыми проходит трасса КА в течение срока активного существования, а местное время съемки может изменится в очень широких пределах. Как видно из таблицы 2, наиболее предпочтительными с точки зрения характеристик наблюдения районов для определенных потребителей являются орбиты БПСО.

Возвращаемся в общей постановке задачи. Для выбора предпочтительного варианта по критерию (1) с помощью имитационной модели функционирования КА был проведен расчет производительности КА Θ_{KA}. Определяющими параметрами, которые существенно влияют на результат решения задачи и являются исходными данными для построения модели и проведения вычислений, будут следующие:

- баллистическое построение $\{N, X\}$;
- характеристики КА $\{M_{\text{КА}}, t_{\text{сущ}}, \Phi\}$;
- параметры целевой аппаратуры $\{f, lrm, \gamma, v_{\text{с.б.и}}\}$;
- координаты пунктов приема информации (ППИ) $\{\varphi, \lambda, h\}$;
- характеристики СУОС $\{t_{\text{разг}}, T_{\text{пц}}, t_{\text{торм}}, t_{\text{усп}}\}$

и др.,

где N — число КА в орбитальной группировке; X — матрица орбитальных параметров КС; $M_{\text{КА}}$ — масса КА; $t_{\text{сущ}}$ — срок активного существования КА; Ф — ориентация оптической оси относительно местной вертикали; f — фокусное расстояние; γ — угол поля зрения; $v_{\text{с.б.и}}$ — скорость бега изображения; φ, λ, h — широта, долгота и высота над уровнем моря ППИ; $t_{\text{разг}}$, $t_{\text{торм}}$ — время разгона и торможения после перенацеливания; $T_{\text{пц}}$ — время перенацеливания; $t_{\text{усп}}$ — время успокоения.

Были проведены также оценки альтернативных вариантов возможности наблюдения поверхности Земли на протяжении всего года: по сезонам, по передаче информации на наземные пункты приема информации (ППИ), по длительности рабочих участков (РУ — интервал времени на каждом витке орбиты, где КА может проводить съемку потенциальных районов наблюдения) на витке и за сутки, по освещенности полосы обзора и др. (табл. 3).

Как видно из таблицы 3, орбиты БПСО имеют преимущества перед ССО по длительности РУ и суммарному времени видимости с ППИ, которое напрямую влияет на производительность Θ_{KA}, поскольку ограничивают возможности сброса всей накопленной информации с борта КА.

Таблица 1

Сравнение баллистического построения КСОЭН по типам орбит

Название КА (страна)	Баллистическое построение: высота, км	Тип орбиты
Ресурс-ДК (Россия)	350...607	БПСО
IKONOS (США)	680	ССО
QuickBerd-2 (США)	450	—»—
OrbView-3 (США)	470	—»—
LANDSAT-7 (США)	705	—»—
AQUA (США)	705	—»—
EO-1 (США)	705	—»—
ALOS (Япония)	692	—»—
Eros—A, B, C (Израиль)	480...600	—»—
SPOT-5 (Франция)	822	—»—
FORMOSAT (Тайвань)	891	—»—
KOMPSAT-2 (Корея)	685	—»—
IRS-1C/1D/P6/P5 (Индия)	817/ (373...823)/817/618	—»—
PLEIADES (Франция)	694	—»—
WorldView-1 (США)	450	—»—
WorldView-2 (США)	770	—»—
GeoEye-1 (США)	684	—»—
Аркон-1 (Россия)	1500...2800	БПСО

Таблица 2

Сравнение свойств двух типов орбит

Свойство орбиты	ССО		БПСО	
	Наличие	Оценка	Наличие	Оценка
Возможность наблюдения земли в одно и тоже местное время	Имеется	-	Нет	+
Практически неизменная величина угла возвышения Солнца в точке съемки (изменение солнечной освещенности районов наблюдения в течение года минимальное)	Имеется	-	Нет	+
Наличие освещенных районов, расположенных по трассе полета, в течение всего года	Имеется	+	Нет	-
Вращение линии апсид (переменная величина аргумента перигея)	Имеется	-	Нет	+
Доступность наблюдения любых районов на Земле в заданном широтном поясе	Нет	-	Имеется	+

Таблица 3

Сравнение двух типов орбит по длительности работы КА и времени связи с наземными ППИ

Характеристика	ССО		БПСО	
	Значение	% за сутки	Значение	% за сутки
Длительность РУ за сутки, мин:				
весна	219	15	345	24
лето	247	17	344	24
осень	209	14	335	23
зима	113	7,8	185	13
Время видимости КА с двух ППИ за сутки, мин	147		163	

Результаты расчета производительности КА Θ_{KA} для двух типов орбит представлены в виде гистограммы на рисунке 1. Видно, что для всех времен года величина производительности на орбите БПСО выше, чем ССО. Таким образом, для КСОЭН наиболее предпочтительными с точке зрения достижения максимальной производительности являются эллиптические (круговые) БПСО.

На рисунке 2 приводится полученные на основе имитационного моделирования процесса наблюдения данные по расчету производительности Θ_{KA}, показывающие изменения ее по сезонам для КА, находящихся по двух типах орбит. Эта величина в случае ССО испытывает в течение года лишь сезонные колебания (рис. 2, а), в то время как производительность КА на орбите БПСО (рис. 2, б) четыре раза в год падает до нуля на срок $\sim$ 7 суток (учитывалась работа КА по Северному полушарию Земли).

Таким образом, с точки зрения интегральной оценки производительности оценки КА за год наиболее предпочтительными являются ССО. Однако среднесуточная производительность КА для двух типов орбит примерно одинаковая: 165 (ССО) и 145 (БПСО) условных единиц.

Обобщенные результата расчета показателей эффективности Θ_{KA}, $T_{\text{пер}}$, $\tau_{\text{оп}}$ и их оценка согласно критерию (1) при ограничениях (2) для КСОЭН, построенных на орбитах различного типа, сведены в таблице 4. Видно, что эллиптическая орбита БПСО по сравнению с ССО имеет больше положительных оценок (пять из восьми оцениваемых параметров). Следует также учесть свойства орбит из таблицы 2 (четыре положительных оценки для БПСО из пяти возможных).

Орбита БПСО по критерию (1) имеет максимальное значение производительности Θ_{KA}, равное 300 усл.ед.,

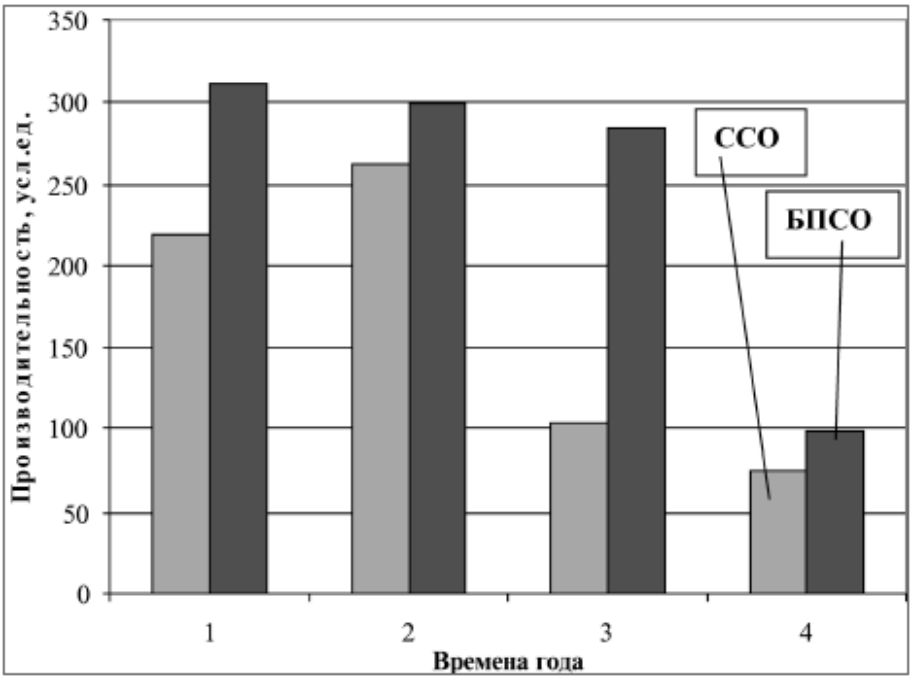


Рис. 1. Зависимость производительности КА на ССО и БПСО от времени года:
1 – весна; 2 – лето; 3 – осень; 4 – зима

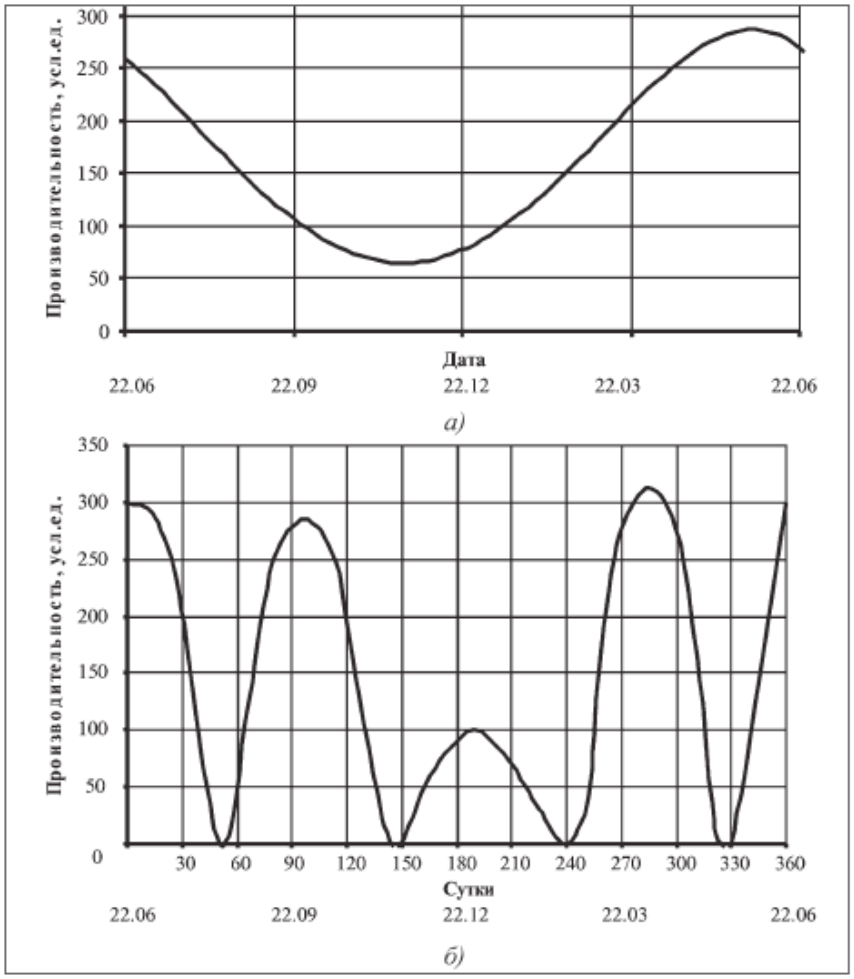


Рис. 2. Изменение производительности в течение года для КА на орбите: а — ССО; б — БПСО

Таблица 4

Сравнение КСОЭН, построенных на двух типах орбит, по производительности, периодичности и оперативности

Параметр	ССО		БПСО	
	Значение	Оценка	Значение	Оценка
Максимальная длительность РУ за сутки, мин	247	-	345	+
Максимальная суточная производительность Θ_{KA}, усл.ед.	260	-	300	+
Время видимости КА с двух ППИ за сутки, мин	147	-	162	+
Время видимости КА с одного ППИ за сутки, мин	70...85	-	85...86,5	+
Среднесуточная производительность Θ_{KA}, усл.ед.	165	+	145	-
Оперативность доставки $\tau_{оп}$, ч	5,5	+	8	-
Периодичность $T_{пер}$, на широте 30...60° в летний период, раз/сут	1...3	-	1...5	+
Периодичность $T_{пер}$ на широте 70...80° в летний период, раз/сут	4...7	+	0...2	-

при выполнении требований по ограничениям (2): периодичность $T_{пер}$ 1...5 раз/сут, оперативность $\tau_{оп}$ не ниже 8 часов, разрешение $L \leq \bar{L}$.

Таким образом для решения целевых задач в интересах определенных потребителей с большей эффективностью целесообразно использовать при баллистическом проектировании и разработке КСОЭН эллиптические (круговые) орбиты без постоянной ориентации плоскости орбит относительно Солнца.

При окончательном выборе орбитального построения космических систем оптико-электронного наблюдения необходимо проводить анализ влияния предлагаемых типов орбит на выходные характеристики системы в зависимости от конкретно поставленной задачи для получения более высоких показателей целевой эффективности.

Литература:

1. Лебедев А. А. Введение в анализ и синтез систем. М.: Изд-во МАИ, 2001.
2. Лебедев А. А. Системный анализ. М.: Изд-во МАИ, 2004.
3. Лощенков В. И., Семункина В. И. Принципы системного подхода при баллистическом проектировании и создании космических систем дистанционного зондирования Земли / Сб. науч. тр. НПО им. К. Э. Циолковского. Вып. 6. М., 2005.
4. Нариманова Г. С., Тихонравова М. К. Основы теории полета космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1972.
5. Михайлов В. И., Болсуновский М. А. Спутники ДЗЗ высокого разрешения / Сб.статей компании «Совзонд». М.: Изд. «Проспект», 2005.

Анализ способов восстановления подбоек ВПРМ

Кравникова Анжела Петровна, преподаватель высшей категории
Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта — филиал Ростовского государственного университета путей сообщения (Краснодарский край)

Важнейшей задачей железнодорожного транспорта в рамках реализации современных требований к транспортной системе, направленных на обеспечение безопасности движения поездов, увеличения скоростей движения, сохранности грузов, качества перевозок пассажиров, является повышение надежности и долговечности путевых машин, позволяющих полностью ликвидировать ручной труд, повысить производительность за счет уровня механизации и автоматизации выполнения путевых работ, сократить время выполняемых операций и потерь, связанных с необходимостью предоставления временных интервалов в графике движения поездов для производства ремонтных технологических операций.

Не маловажным является поддержание путевой техники в исправном, работоспособном состоянии, снижение уровней отказов до возможно минимального уровня.

Решение поставленных задач зависит от создания освоения и внедрения прогрессивных ресурсосберегающих технологических методов, направленных на улучшение качества и износостойкости деталей, снижения себестоимости их изготовления и восстановления, и, как следствие, повышения производительности машин, улучшений условий труда обслуживающего персонала.

Анализ деятельности ремонтного производства показывает, что эффективность использования машин и механизмов зависит от правильной организации их эксплуатации и возможности экономичного и эффективного восстановления изнашиваемых деталей, что в свою очередь приводит к сокращению технологических операций на изготовление или ремонт вышедших из строя деталей и сокращения расхода материала.

Характер взаимодействия основных рабочих органов путевых машин — подбоек, скребков, ковшей, ножей и т. д. обусловлен процессами активного абразивного изнашивания в результате взаимодействия с балластом (учет фракционного состава обязателен), земляным полотном и рядом прочих комплексных причин — интенсивные динамические нагрузки, вибрация и т. д.

По причине невозможности остановки выполнения работ в технологическое «окно», предоставляемое для выполнения комплекса путевых работ, кроме как при отказе рабочего органа, агрегата, узла или механизма, износ рабочего органа путевой машины может достигать значительной величины. Около 60 % деталей имеют износ более 20 % от исходной массы и могут быть успешно восстановлены. [2, с. 68]

Анализ износа показал, что износ рабочей поверхности лопатки подбойки ВПРМ (выправочно-подбивочно-рихтовочных машин) в процессе работы достигает по высоте 20 мм и более, что требует многослойной наплавки, для обеспечения оптимизированных геометрических размеров лопатки.

Количество наплавляемых слоев при этом достигает 8–10, что существенно снижает качество наплавляемого металла.

Затраты на материалы при устранении дефектов различными способами, по данным НИИАТа, колеблются от 0,3 до 36% от полной себестоимости ремонта. [2, с. 97]

К примеру, вибродуговая наплавка — 2,2%, наплавка под флюсом — 6,5%, металлизация электродуговая — 8,0:, наплавка в углекислом газе — 12.6%. При этом восстановление деталей путем замены части изношенной детали механической обработкой составляет 36% от себестоимости ремонта. [1, с. 93]

Следует также учитывать тот факт, что рабочие поверхности изнашиваются неодинаково, к примеру, торцевые и боковые поверхности изнашиваются менее интенсивно, чем нижняя кромка лопатки.

Характер износа обусловлен интенсивностью изнашивания рабочих поверхностей в процессе контакта лопатки и щебня, с учетом гранулометрического состава обрабатываемого щебня, удельных давлений по мере заглубления лопатки в щебень, а так же расположения подбойки в подбивочном блоке относительно шпалы.

Геометрия и характер износа лопатки — абразивный с микрорезанием поверхностных слоев ставят задачу поиска способа и отработки технологии восстановления, позволяющего получить высоко износостойкие восстановленные поверхности, при значительной степени износа основного тела лопатки.

Ремонтные предприятия применяют следующие способы восстановления подбоек выправочно-подбивочно-рихтовочных машин: электродуговая ручная и механизированная наплавка легированными проволоками; электродуговая наплавка проволоками сплошного сечения (под слоем флюса или в среде защитных газов); плазменное напыление; индукционная наплавка. [1 с. 94]

Недостатки существующих методов: недостаточная износостойкость нанесённого слоя металла, значительный разброс механических свойств, трудность последующей механической обработки, наличие технологических дефектов, таких как, неоднородность структуры наплавленного металла, образование различного рода включений, неравномерность поверхностной твердости наплавленного металла по площади детали, концентрация растягивающих напряжений, снижение усталостной прочности, коррозионной стойкости и т. д.

Достоинства: высокая производительность, возможность использовать остаточный ресурс долговечности детали по прочности, применение недорогой и несложной в изготовлении, монтаже и эксплуатации оснастки, а также увеличение экономической эффективности восстановления деталей путевых машин. [3, с. 20]

Целесообразность выбора способа восстановления деталей определяется, как очевидно, сокращением затрат на материалы и снижением стоимости работ, связанных с устранением дефектов, предшествующих механической обработке, технологичностью ремонтного процесса, выбором наплавочных материалов, конкретными условиями ремонтного производства и требованиями к восстанавливаемой детали.

В настоящее время для восстановления лопаток ВПРМ применяется большая группа наплавочных материалов, различных по структуре, химическому составу, характеристик наплавляемого металла.

Один из наиболее распространенных и доступных в массовом ремонтном производстве способов ремонта лопаток — наплавка электродами типа Т-590 в два слоя, а при повышенном износе, с наращиванием изношенной части лопатки, путем приварки пластин из рессорной стали с предварительным прогревом детали до температуры 200–250°С. Полученная твердость HRC 60–62. [2, с 126]

Однако данный способ не обеспечивает требуемого ресурса подбоек по сравнению с оригинальными деталями.

Плазменное напыление и индукционная наплавка, несмотря на достижение однородности металла обрабатываемой поверхности и наплавленной поверхности, не дают ожидаемых результатов, т. к. оптимальная толщина наплавляемого металла находится в пределах 2–5 мм, а износ лопатки превышает указанные размеры и имеет не линейные формы.

Наиболее универсальными, по сравнению с электродами, порошковыми лентами и проволоками сплошного сечения являются порошковые проволоки на основе хрома и никеля, которые дают высокую твердость наплавленного слоя, высокую износостойкость материала в условиях абразивного изнашивания, а содержание марганца значительно повышает ударную вязкость наплавленного металла

Заслуживает внимания способ восстановления подбоек посредством наплавки порошковой проволокой ПП-1–506 или ПП-Пм-41 (условное обозначение ПП-Нп-80 Х20Р3Т-н-с ГОСТ26101–84). [4]

Предварительно выполняют длительную прокалку проволоки до температуры 150–200°С, чтобы избежать насыщения жидкого металла водородом вследствие взаимодействия с окружающим воздухом или влагой на поверхности детали, во флюсе или в покрытии электрода.

Иначе, это может послужить причиной образования газовых раковин и пор и последующего хрупкого разрушения жидкого металла в холодном состоянии [1, с. 102]

Напыление с сопутствующим оплавлением самофлюсующего порошка ПГ-12Н-03 по ТУ48–4706–156–87 позволило получить твердость наплавленного слоя HRC 62–65. [4]

Применение флюса позволяет достигать высокой производительности наплавочного процесса, сформировать наплавленный слой металла с заданным химическим составом и физико-механическими свойствами.

Данный способ требует значительного времени на восстановление. Однако анализ результатов восстановления и технико-экономических показателей показывает, что данный способ дает лучшие результаты упрочнения рабочих поверхностей лопаток.

Достаточно распространённый способ восстановления лопаток — электродуговая наплавка электродами марки ЦНИИ-4 НР-70, несмотря на невысокие антифрикционные свойства наплавленного металла, обеспечивается необходимый ресурс работы подбоек.

Способ позволяет восстанавливать рабочие поверхности подбоек в необходимом диапазоне размеров, наплавлять легированные конструкционные стали, придавая, таким образом, заданные свойства наплавляемому металлу.

Низкая себестоимость процесса восстановления позволяет применять данный способ на малых ремонтных предприятиях, в условиях создания определенных прочностных и износостойких характеристик наплавленного металла при отсутствии высокотехнологичного оборудования и оснастки.

Все перечисленные способы восстановления изношенных поверхностей лопаток дают в результате величину относительной износостойкости, способствующую продлению ресурса работы подбойки, однако, не достаточную для обеспечения безотказной работы с заданной производительностью и качеством выполняемых работ подбивочного блока ВПРМ.

К вопросу о качестве выбранных способов восстановления лопатки следует отнести и результаты изменения формы подбойки, приведение её от прямоугольной формы к оптимизированной.

Отмечено, что интенсивность изнашивания подбоек с оптимизированным профилем за время приработки в три раза меньше, чем у подбоек стандартной прямоугольной формы, а за период эксплуатации в 1,5 раза меньше.

Задача получения рабочей поверхности с высокой износостойкостью при изменяющихся значениях удельных давлений и абразивного износа при заглублении лопатки в балласт, при относительно невысокой себестоимости ремонта, позволяет применить решение по внедрению легирующих элементов в тело нового слоя и получения приблизительной однородности с основным телом лопатки.

Также требуется отработка режимов наплавки, подготовительных работ, формирования наплавочного шва в горизонтальном положении лопатки с учетом оптимизированных геометрических параметров подбойки.

Опыт отечественных и зарубежных предприятий, исследования многих авторов свидетельствуют о целесообразности восстановления изношенных деталей.

Анализ способов повышения долговечности восстановленных лопаток показал, что выбор метода восстановления изношенных поверхностей подбойки ВПРМ зависит от:

- от площади и геометрии изношенных поверхностей;
- состояния изношенной поверхности;
- требуемых качеств восстановленной детали — твердость, износостойкость, ударная прочность, ресурс работы;
- технологических возможностей конкретного ремонтного производства (малое или специализированное ремонтное предприятие);
- себестоимости ремонта и экономической целесообразности восстановления детали.

Скорость абразивного изнашивания лопаток может быть снижена правильным подбором способа восстановления её физико-механических свойств в зависимости от исходного состояния дефектной детали и оптимизацией её геометрических параметров, т. к. это существенно влияет на характер износа рабочих поверхностей лопатки при подбивке балласта.

Литература:

1. Бабич А. В., Манаков А. Л., Щелоков С. В. Ремонт машин: Учебное пособие.-Новосибирск.: СГУПС,2012.-237 с.
2. Бойко Н. И. Повышение качества поверхности деталей машин ресурсосберегающими технологиями: Учебник для вузов. — Ростов н/Д: РГУПС, 1995.-254 с.
3. Бушмин А. П. Прогрессивные способы восстановления и ремонта деталей сельхозмашин: Справочник. — Краснодар: Кн.изд-во, 1985. — 159 с., ил.
4. http://www.remplazma.kz/patent4.htm

Опыт применения энергетического подхода к оценке показателей технологических систем

Мочулаев Валерий Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент
Институт повышения квалификации «Конверсия» — Высшая школа бизнеса (г. Ярославль)

В статье «Энергетический подход к формированию показателей технологических систем [1], опубликованной в журнале «Вестник машиностроения» № 10 2011, изложены методологические основы применения энергетического подхода к формированию и расчету основных показателей технологических систем. Такие технологические

системы используются в технологических процессах механической обработки. К числу механических процессов всегда относят обработочные, переработки, формообразующие и сборочные процессы, а также их различные совмещения.

Для подтверждения возможности, правомерности и целесообразности применения энергетического подхода на практике, в настоящей статье проиллюстрировано его применение на примере оценки технических и социально-экономических показателей технологических систем для сборки покрышек. Эти технологические системы широко применяются в сборочно-заготовительном производстве шинных предприятий страны.

Проиллюстрированная методология энергетического подхода может служить в качестве практической методики оценки показателей технологических систем для сборки покрышек, как создаваемых для сборочных цехов шинных предприятий, так и для действующих технологических систем.

В качестве исходных данных использованы фактические параметры конкретной технологической системы для сборки покрышек и параметры технологического процесса, который в ней совершается. Технологические процессы сборки покрышек являются механическими процессами, совмещающие формообразующие и сборочные процессы и в этом есть специфические особенности этих процессов и реализующих их систем.

В ходе иллюстрации практического применения энергетического подхода автор расширил некоторые положения энергетического подхода, которые изложены в статье [1].

1. ПОНЯТИЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА»

Согласно ГОСТ 27.004–85 «технологическая система есть совокупность средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций» [2].

В данном стандарте приведены понятия трех составляющих технологической системы: предметов производства, регламентированных условий производства и исполнителей.

К предметам производства относятся: материал, заготовка, полуфабрикат и изделие, находящиеся в соответствии с выполняемым технологическим процессом в стадии хранения, транспортировки, формообразования, обработки, сборки, ремонта, контроля и испытаний. К регламентированным условиям производства относятся: регулярность поступления предметов производства, параметры энергоснабжения, параметры окружающей среды и др. Исполнитель в технологической системе — человек, осуществляющий трудовую деятельность по непосредственному изменению и (или) определению состояния предметов производства, техническому обслуживанию или ремонту средств технологического оснащения.

Что касается понятия «средства технологического оснащения», то согласно ГОСТ 3.1109–82 «Средства технологического оснащения — совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса» [3].

В стандарте отсутствует понятие «орудие производства», а в качестве синонима ему используется термин «технологическое оборудование».

По ГОСТ 3.1109–82 «Технологическое оборудование — средства технологического оснащения, в которых размещают материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. Технологическая оснастка — средства технологического оснащения, дополняющее технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса». Элементами технологической оснастки являются инструмент и приспособление.

Понятия «технологическая система» связано с понятием «технологический процесс». Однако из содержания понятия (ГОСТ 3.1109–82) «технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда» такой связи не обнаруживается.

По нашему мнению, связь технологической системы с технологическим процессом заключается в том, что технологическая система — это технологический процесс в статике, а технологический процесс — это технологическая система в динамике [1].

В ГОСТ 27.004–85 выделяются четыре иерархических уровня технологических систем: технологические системы операций, технологические системы процессов, технологические системы производственных подразделений, технологические системы предприятий.

Процессы сборки связаны с применением физических воздействий сборщика и станка на детали собираемой покрышки и в этой связи такие технологические процессы относятся к процессам механическим. Так как процессы совершаются на одном рабочем месте, то они являются технологическими операциями. Поэтому рассматриваемая ТС, по терминологии ГОСТ 27.004–85, будет иметь уточненное название — ТС операций сборки покрышек.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью настоящей работы является иллюстрация практического применения энергетического подхода к оценке показателей ТС операций сборки покрышек.

Практическая оценка показателей ТС может осуществляться как на стадии проведении приемочных испытаний средств технологического оснащения ТС, так и на стадии их эксплуатации в условиях действующего производства.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Описать выбор ТС операций сборки покрышек.

2. Осуществить выбор исходных данных для оценки показателей ТС операций сборки покрышек.

3. Установить задачи и порядок оценки показателей ТС операций сборки покрышек.

4. Описать процедуры оценки энергетических и социально-экономических показателей ТС операций сборки покрышек.

5. Обобщить результаты настоящей работы.

2.1. Выбор ТС операций сборки покрышек

В качестве объекта применения энергетического подхода выбрана технологическая система, предназначенная для выполнения технологических операций сборки грузовых покрышек типоразмера 260–508 браслетным методом.

Такие системы широко используются в сборочных цехах предприятий шинной промышленности.

В состав ТС операций сборки покрышек входят следующие основные компоненты:

1. Исполнитель — сборщик покрышек 6 разряда.

2. Средства технологического оснащения:

– технологическое оборудование — универсальный станок для сборки покрышек типа СПД2–660–900Б;

– технологическая оснастка — барабан к станкам для сборки покрышек типоразмера 206–508.

3. Предметы производства — комплект резинокордных материалов и деталей (кордные браслеты, бортовые крылья, чеферные ленты, брекеры и протекторы).

4. Регламентированные условия производства:

– регулярность поступления предметов производства — в соответствии с условиями массового производства покрышек (с цепного конвейера);

– параметры электроснабжения — силовая электрическая сеть предприятия для снабжения электрической энергией приводов рабочих органов станков;

– условия труда — допустимые (класс 2) по Р.2.2.2006–05 [4].

2.3. Выбор исходных данных для оценки показателей ТС операций сборки покрышек

Содержание технологических операций, выполняемых ТС операций сборки покрышек, служит первичной информационной базой для оценки ее показателей.

В шинном производстве содержание технологических операций сборки покрышек, как правило, приводится в нормировочных картах, в которых указываются состав технологических переходов и затраты времени на их выполнение.

В табл.1 представлена нормировочная карта сборки покрышки типоразмера 260–508 на станке СПД2–660–900Б, составленная для условий массового производства покрышек.

3. ЗАДАЧИ И ПОРЯДОК ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТС

Основными задачами оценки показателей исследуемой ТС операций сборки покрышек являются:

– изучение технологической операции сборки покрышек 260–508 и разделение составляющих ее технологических переходов (приемов) по степени механизации на ручные, машинно-ручные и машинные переходы;

– установление и формирование главных энергетических функций и показателей сборщика и станка;

– оценка категории тяжести работ и потребляемой полезной мощности по переходам, выполняемым сборщиком (ручным и машинно-ручным);

– оценка затрат времени сборщиком на выполнение энергетических функций при сборке одной покрышки;

– оценка полезных и полных энергозатрат сборщика на сборку одной покрышки;

– оценка затрат времени станка на выполнение энергетических функций при сборке одной покрышки;

– оценка полезной мощности станка при выполнении машинных и машинно-ручных переходов;

– оценка полезных и полных энергозатрат станка на сборку одной покрышки;

– оценка общего КПД станка;

– оценка производительности ТС операций сборки покрышек при исчислении её по энергетическому и временному режимам функционирования сборщика;

– оценка и анализ энергозатрат сборщика при установлении производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму ее функционирования;

– оценка временного и энергетического уровня механизации живого труда в ТС операций сборки покрышек;

– оценка временного и энергетического уровня средств технологического оснащения;

– оценка экономической производительности станка;

– оценка трудоемкости работ, замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта;

– оценка стоимости рабочей силы, замещаемой применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта;

– оценка предельной стоимости (цены) станка.

Рассмотрим процедуры решения каждой из поставленных выше задач.

4. ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТС

4.1. Изучение технологической операции сборки покрышки и установление ручных, машинно-ручных и машинных переходов

Рассматривая процесс сборки покрышек, можно выделить в нем активные и пассивные компоненты. Активными компонентами являются сборщик покрышек и станок СПД2–660–900Б с источниками энергии. Пассивными компонентами процесса сборки являются резинокордные заготовки, детали и полуфабрикаты собираемой покрышки, составляющие объект обработки (предмет труда).

В результате воздействия активной части сборочной системы на объект обработки происходит постепенное преобразование его в продукт труда — не вулканизованную покрышку.

Таблица 1

Нормировочная карта сборки покрышек типоразмера 260–508 браслетным методом на станке СПД2–660–900Б

Наименование перехода (приема)	Затраты времени, с
1. Взять два крыла, протащить через барабан, причем одно крыло положить в магазин, другое — одеть на кулачки	17
2. Развернуть барабан, смазать его глицерином	3
3. Взять первый браслет, одеть на сложенный барабан	32
4. Автоматическая обработка бортовой части 1-го браслета	38
5. Промазать поверхность покрышки стеоратом цинка	16
6. Взять из магазина крылья и одеть на кулачки	16
7. Взять второй браслет, надеть на развернутый барабан при помощи механической скалки и выровнять браслет по метке светового указателя	35
8. Автоматическая обработка бортовой части 2-го браслета	33
9. Прокатать борт бортовыми прикатчиками	17
10. Взять третий браслет, надеть на развернутый барабан при помощи скалки и выровнять браслет по метке светового указателя. Осветить кромки браслета по внутренней поверхности бензином	42
11. Прокатать 3-й браслет нижними прикатчиками	16
12. Автоматическая обработка 3-го браслета	29
13. Взять и наложить чеферные бортовые ленты	41
14. Автоматическая обработка бортовой ленты	25
15. Подвернуть бортовую ленту на подошвы бортов при помощи бортовых прикатчиков	32
16. Произвести посадку крыльев для следующей покрышки	17
17. Взять и надеть брекер на край развернутого барабана и на наконечник механической скалки	24
18. Передвинуть механической скалкой брекер и выровнять по метке светового указателя	10
19. Прикатать брекер нижними прикатчиками, освежить поверхность брекера и каркаса бензином	17
20. Поднести протектор с конвейера	20
21. Взять протектор наложить и состыковать	81
22. Прикатать нижними прикатчиками	25
23. Прикатать бортовыми прикатчиками	37
24. Проколоть пузыри на поверхности покрышки	19
25. Наклеить рабочий номер	6
26. Подвести каретку для съема собранной покрышки, сложить барабан и снять покрышку с барабана, откатить покрышку в сторону	34
Оперативное время	682

На основе проведения мониторинга функционирования ТС операций сборки покрышек типоразмера 260–508, например, в условиях действующего производства в нормировочной карте устанавливается разделение технологических переходов на ручные, машинно-ручные и машинные переходы.

В табл. 2 представлена нормировочная карта сборки покрышки типоразмера 260–508 браслетным методом с условным обозначением степени механизации переходов операции сборки покрышки. Ручные переходы обозначаются символом «Р», машинно-ручные — символом «МР», а машинные — «М».

4.2. Установление энергетических функций и показателей сборщика и станка для сборки покрышек

Главные энергетические функции сборщика и станка устанавливаются и формулируются исходя из их энергетического участия в выполнении технологических переходов. Например, главную энергетическую функцию сборщика при выполнении ручного перехода можно сформулировать так: «Обеспечивает энергией выполнение данного технологического перехода» и т. п. Аналогичным образом формулируется главная энергетическая функция станка при выполнении машинного технологического перехода. При выполнении машинно-ручного технологического перехода главная энергетическая функция формулируется

Таблица 2

Нормировочная карта сборки покрышек типоразмера 260–50 с указанием степени механизации переходов

Наименование перехода (приема)	Степень механизации	Затраты времени, с.
1. Взять два крыла, протащить через барабан, причем одно крыло положить в магазин, другое — одеть на кулачки	Р	17
2. Развернуть барабан, смазать его глицерином	Р	3
3. Взять первый браслет, одеть на сложенный барабан	Р	32
4. Автоматическая обработка бортовой части 1-го браслета	М	38
5. Промазать поверхность покрышки стеоратом цинка	Р	16
6. Взять из магазина крылья и одеть на кулачки	Р	16
7. Взять второй браслет, надеть на развернутый барабан при помощи механической скалки и выровнять браслет по метке светового указателя	МР	35
8. Автоматическая обработка бортовой части 2-го браслета	М	33
9. Прокатать борт бортовыми прикатчиками	М	17
10. Взять третий браслет, надеть на развернутый барабан при помощи скалки и выровнять браслет по метке светового указателя. Осветить кромки браслета по внутренней поверхности бензином	МР	42
11. Прокатать 3-й браслет нижними прикатчиками	М	16
12. Автоматическая обработка 3-го браслета	М	29
13. Взять и наложить чеферные бортовые ленты	МР	41
14. Автоматическая обработка бортовой ленты	М	25
15. Подвернуть бортовую ленту на подошвы бортов при помощи бортовых прикатчиков	М	32
16. Произвести посадку крыльев для следующей покрышки	Р	17
17. Взять и надеть брекер на край развернутого барабана и на наконечник механической скалки	МР	24
18. Передвинуть механической скалкой брекер и выровнять по метке светового указателя	МР	10
19. Прикатать брекер нижними прикатчиками, освежить поверхность брекера и каркаса бензином	МР	17
20. Поднести протектор с конвейера	Р	20
21. Взять протектор наложить и состыковать	МР	81
22. Прикатать нижними прикатчиками	М	25
23. Прикатать бортовыми прикатчиками	М	37
24. Проколоть пузыри на поверхности покрышки	Р	19
25. Наклеить рабочий номер	Р	6
26. Подвести каретку для съема собранной покрышки, сложить барабан и снять покрышку с барабана, откатить покрышку в сторону	Р	34
Оперативное время	-	682

так: «Обеспечивают энергией выполнение данного технологического перехода».

По каждому технологическому переходу операции сборки покрышки установим и сформулируем главные энергетические функции сборщика и станка.

Качество исполнения главных энергетических функций определяется системой энергетических параметров (показателей).

Для описания качества исполнения энергетических функций сборщика выберем следующие показатели: категория работ (функций), мощность, время, полезные энергозатраты, а для описания качества исполнения энергетических функций станка — мощность, время, полезные и полные энергозатраты, коэффициент полезного действия (КПД).

Для наглядности и удобства хранения информации об энергетических свойствах ТС операций сборки покрышек составляется сводная таблица, в которой приводятся энергетические функции и энергетические показатели её активных компонентов — сборщика и станка СПД2–660–900Б по технологическим переходам сборки покрышки.

После формулирования энергетических функций функции сборщика и станка в последовательности выполнения

переходов, указанных в нормировочной карте, необходимо переходить к оценке энергетических показателей сначала сборщика, а потом — станка для сборки покрышек.

Оценка энергетических показателей сборщика покрышек осуществляется на основе установления категории тяжести работ и соответствующей этой категории потребляемой полезной мощности сборщика покрышек при выполнении ручных и машинно-ручных технологических переходов сборки покрышки типоразмера 260–508.

4.3. Оценка категории тяжести работ и полезной мощности по переходам, выполняемым с участием сборщика покрышек

Трудовая деятельность сборщика покрышек должна быть организована с учетом энергетических возможностей человека.

По данным работы [5] средние энергетические затраты человека не должны превышать 4–5 ккал (17–21 кДж) в минуту, 250 ккал (1047 кДж) в час, 2000 ккал (8370 кДж) в смену при постоянной нагрузке, 2500 ккал (10470 кДж) в смену при максимальной нагрузке.

Учёт энергетических возможностей человека означает установление эргономических требований к конструкции станков для сборки покрышек.

Согласно ГОСТ 12.2.049–80 «конструкция производственного оборудования должна обеспечивать такие физические нагрузки на работающего, при которых энергозатраты организма в течение рабочей смены не превышали бы 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч)» [6].

Энергозатраты в определенной степени характеризуют интенсивность и тяжесть труда человека.

Интенсивность труда определяется количеством затраченной жизненной энергии в единицу времени (мощностью), а тяжесть труда — величиной затраченной человеком энергии на выполнение данной работы.

ГОСТ 12.1.005–88 в зависимости от общих энергозатрат организма устанавливает четыре категории тяжести работ [7]:

– легкие физические работы (категория 1) — Виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал/ч (174 Вт) Легкие физические работы разделяются на категории 1а — энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт) и категории 1б — энергозатраты 121–150 ккал/ч (140–174 Вт).

– средней тяжести физические работы (категория 2) — Виды деятельности с расходом энергии в пределах 150–250 ккал/ч (175–290 Вт). Средней тяжести физические работы разделяются на категорию 11а — энергозатраты от 151 до 200 ккал (175–232 Вт) и категорию 11б — энергозатраты от 201 до 250 ккал/ч (233–290 Вт).

– тяжелые физические работы (категория 3) — Виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт). К категории 111 относятся работы, связанные с постоянным перемещениями и переноской (свыше 10 кг) тяжестей и требующих больших физических усилий

Для установления категории тяжести работ сборщика использованы данные о массе резинокордных материалов и деталей собираемой покрышки, видах работ, выполняемых сборщиком при выполнении ручных и машинно-ручных переходов и категорий оценки тяжести работ, приведенных выше.

Для удобства проведения в дальнейшем расчетов, энергозатраты человека при выполнении физической работы будут выражаться в Дж/с, которые количественно равны значениям в ваттах: 1 Вт = 1 Дж/с.

Выполняемые сборщиком переходы 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 13, 16, 18, 19, 24, и 25 отнесены к категории 1б, переходы 17, 20 и 21 — к категории 2а, а переход 26 — к категории 2б. Этим категориям работ соответствуют интервалы значений затрат энергии человека в единицу времени, т.е. интервалы значений мощности человека.

Примем потребные мощности сборщика по максимальным значениям указанных выше интервалов. Тогда потребная мощность сборщика при выполнении работ категории 1б будет составлять 174 Дж/с (150 ккал/ч), при выполнении работ категории 2а — 232 Дж/с (200 ккал/ч), а при выполнении работ категории 2б — 290 Дж/с (250 ккал/ч).

4.4. Оценка затрат времени сборщика на выполнение энергетических функций при сборке покрышки

Время выполнения сборщиком энергетических функций при выполнении ручных и машинно-ручных переходов можно приближенно принять равным времени выполнения самих переходов.

Полное ручное время сборки покрышки в целом определяется по формуле:

$$T_{ч}^{шт} = \sum_{i=1}^{n} t_{чi} \qquad (1)$$

где

$T_{ч}^{шт}$ — полное ручное время (сумма ручного, кооперированно-ручного и машинно-ручного времени) сборки покрышек, с/шт;

i — номер перехода, выполняемого с участием сборщика;

n — количество переходов, выполняемых с участием сборщика;

$t_{чi}$ — время, затрачиваемое сборщиком на выполнение i-го перехода.

4.5. Оценка полезных энергозатрат сборщика на сборку одной покрышки

Полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки определяются по формуле:

$$\Delta E_{ч}^{шт} = \sum_{i=1}^{n} P_{чi} \cdot t_{чi} / 1000 = \sum_{i=1}^{n} \Delta E_{чi} \qquad (2)$$

где

$\Delta E_{ч}^{шт}$ — потребные полезные энергозатраты сборщика на сборку покрышки, кДж;

$P_{чi}$ — потребная полезная мощность сборщика при выполнении i-го перехода, Дж/с.;

$\Delta E_{чi}$ — полезные энергозатраты с-борщика на выполнение i-го перехода.

Результаты оценки энергетических показателей сборщика по ручным и машинно-ручным переходам и в целом на одну покрышку приведены в табл. 3.

После отражения энергетических показателей сборщика покрышек в табл. 3 осуществляется оценка временных и энергетических показателей станка для сборки покрышек.

4.6. Оценка затрат времени станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов сборки одной покрышки

Затраты времени станка на выполнение энергетических функций можно приближенно принять равным времени выполнения машинных и машинно-ручных переходов.

Полное машинное время сборки покрышки определяется по формуле:

$$T_{пм}^{шт} = \sum_{j=1}^{m} t_{мj} \qquad (3)$$

где

$T_{пм}^{шт}$ — полное машинное время (сумма машинного и машинно-ручного времени) сборки покрышки, с/шт;

j — номер перехода, выполняемого с участием станка;

m — количество переходов, выполняемых с участием станка;

$t_{мj}$ — время, затраченное станком на выполнение j-ого перехода, с/переход.

$T_{пм}^{шт}$ = 38+35+33+17+42+16+29+41+25+32+24 +10+17+81+25+37 = 81 с.

4.7. Оценка полезной мощности станка при выполнении машинных и машинно-ручных переходов

Так как при выполнении машинных и машинно-ручных переходов участвуют несколько приводов рабочих органов, то необходимо установить состав рабочих органов станка, участвующих в их выполнении.

Основными рабочими органами станка для сборки покрышки являются:

1. Барабан, на котором осуществляется сборка покрышки.

2. Механизмы обработки (формирования) борта покрышки (МФБ), состоящие из шаблонов и захватов рычажно-пружинного типа. Шаблоны предназначены для установки и передачи бортовых колец (крыльев) к бортовой части собираемой покрышки, а захваты — для обработки бортовой части надетых на барабан резинокордных браслетов.

3. Универсальные прикатчики (УП), состоящие из нижних и бортовых прикатчиков. Нижние ролики универсальных прикатчиков (УП), предназначены для силового соединения между собой, накладываемых на барабан, резинокордных браслетов, брекера и протектора по цилиндрической части покрышки, а бортовые ролики — по ее бортовой части.

Известно, что функцию передачи механической энергии рассматриваемому рабочему органу рабочей машины осуществляет его привод, состоящий, как правило, из двигателя и передаточного механизма. Двигатель выполняет функцию приема и преобразования энергии, пе-

Таблица 3

Энергетические функции и показатели сборщика при сборке покрышки

Энергетические функции сборщика при выполнении перехода	Энергетические показатели сборщика			
	Кт	$P_{цi}$, Дж/с	$t_{цi}$, с.	$\Delta E_{цi}$, кДж
Обеспечивает энергией выполнение 1-го перехода	1б	174	17	2,96
Обеспечивает энергией выполнение 2-го перехода	1б	174	3	0,52
Обеспечивает энергией выполнение 3-го перехода	1б	174	32	5,57
Обеспечивает энергией выполнение 5-го перехода	1б	174	16	2,78
Обеспечивает энергией выполнение 6-го перехода	1б	174	16	2,78
Обеспечивает энергией выполнение 7-го перехода	1б	174	35	6.09
Обеспечивает энергией выполнение 8-го перехода	1б	174	42	7,31
Обеспечивает энергией выполнение 13-го перехода	1б	174	41	7,13
Обеспечивает энергией выполнение 16-го перехода	1б	174	17	2,96
Обеспечивает энергией выполнение 17-го перехода	2а	232	24	5,57
Обеспечивает энергией выполнение 18-го перехода	1б	174	10	1,74
Обеспечивает энергией выполнение 19-го перехода	1б	174	17	2,96
Обеспечивает энергией выполнение 20-го перехода	2а	232	20	4,64
Обеспечивает энергией выполнение 21-го перехода	2а	232	81	18,79
Обеспечивает энергией выполнение 24-го перехода	1б	174	19	3,31
Обеспечивает энергией выполнение 25-го перехода	1б	174	6	1,04
Обеспечивает энергией выполнение 26-го перехода	2б	290	34	9,89
Итого	–	–	430	86,00

Примечание. Кт — категория тяжести работ по ГОСТ 12.1.005–88 [7].

редаточный механизм — функцию передачи энергии рабочему органу машины, а рабочий орган — функцию отдачи энергии объекту обработки. Эти функции являются основными энергетическими функциями рабочей машины.

Аналогичные основные энергетические функции выполняют рабочие органы и приводы станка. Так, барабан приводится во вращение электромеханическим приводом, рабочие органы механизма формирования борта покрышки — электрогидравлическим приводом, а нижние ролики и бортовые ролики УП — электромеханическим приводом. Во всех этих приводах первичными преобразователями электрической энергии в другие виды энергии являются электродвигатели переменного тока. Таким образом, они являются объектами измерения потребляемой мощности, т.е. мощности, потребляемой на входе станка при его работе под нагрузкой и на холостом ходу.

Для определения полезной мощности станка, при выполнении машинных и машинно-ручных переходов, могут быть использованы данные по режимам сборки покрышки или экспериментальные данные, полученные на экспериментальных образцах создаваемых станков, путем изменения мощности на холостом ходу и под нагрузкой (при сборке покрышки).

В шинной промышленности нормативы режимов сборки покрышек в практике не применяются, поэтому при определении полезной мощности станка следует использовать экспериментальные данные, которые для машинного компонента ТС операций сборки покрышек приведены в табл. 4.

Результаты измерения потребляемых мощностей (в режиме нагрузки и холостого хода) станка служат основой для определения полезной мощности, затрачиваемой на выполнение машинного (машинно-ручного) перехода, рассчитываются по формуле:

$$P_j = \sum_{j=1}^{k} P_{cj}^{н} - \sum_{j=1}^{k} P_{cj}^{x} \qquad (4)$$

где

P_j — полезная мощность станка при выполнении j-го перехода, кДж/переход;

c — тип привода, участвующего в выполнении j-го перехода;

k — количество приводов, участвующих в выполнении j-го перехода;

$P_{cj}^{н}$ — потребляемая мощность с-го привода при выполнении j-го перехода (в режиме нагрузки), кДж/с (кВт);

P_{cj}^{x} — потребляемая мощность с-го привода в режиме холостого хода, кДж/с.

Для определения полезной энергии на основе данных табл. 2 и 4 можно установить состав приводов станка, которые участвуют в выполнении машинно-ручных и машинных переходов (табл. 5).

Из данных табл. 5 следует, что два привода (привод барабана и привод универсальных прикатчиков) участвуют одновременно в реализации энергетических функций при выполнении 9, 11, 15, 19, 22 и 23 технологических переходов. При выполнении остальных технологических переходов осуществляется реализация энергетических функций только одного привода.

Таблица 4

Результаты измерения потребляемой мощности станка СПД2–660–900Б (по данным ОАО НИИШИНМАШ)

Наименование привода станка, участвующего в выполнении перехода	**Потребляемая мощность, кДж/с (кВт)**		**Установленная мощность привода, кДж/с (квт)**
	под нагрузкой	**на холостом ходу**	
1.Электромеханический привод вращения сборочного барабана при:			
наложении слоев корда;	1,05	0,84	
прикатке слоев корда по цилиндрической части;	1,26	0,84	3.5
прикатке слоев корда по бортовой части;	1,30	0,84	
прикатке брекера;	1,28	0,84	
прикатке протектора.	1,35	0,84	
2.Электромеханический привод перемещения прикатчиков при:			
прикатке слоёв корда по цилиндрической части;	0,54	0,36	1.1
прикатке слоев корда по бортовой части;	0,55	0,36	
прикатке брекера;	0,54	0,36	
прикатке протектора.	0,65	0,36	
3. Электрогидравлический привод продольного перемещения механизмов формирования борта покрышки при обжатии по плечикам барабана и завороте на крыло.	2,25	1,02	3.0

Исходные данные и результаты расчета полезной мощности приводов станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов приведены в табл. 6.

На основе данных табл. 2 и табл. 6 можно определить полезные мощности привода барабана и привода захватов МФБ при выполнении машинно-ручных и машинных переходов (табл. 7).

На основе данных табл. 2, 6 и 7 рассчитываются затраты полезной и полной мощности станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов (табл. 8).

Значения полезной мощности привода барабана и привода роликов универсальных прикатчиков при выполнении переходов 9, 11, 15, 19, 22., 23 в табл. 8 не проставлены, так как имеются их общие значения, приведенные в табл.6.

4.8. Оценка полезных и полных энергозатрат станка на сборку одной покрышки

Используя данные по мощности, указанные в табл. 8, производится расчёт полезной энергии, затрачиваемой станком на выполнение j-го перехода и сборку покрышки в целом.

Полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки определяются по формуле:

$$\Delta E^{шт} = \sum_{j=1}^{m} P_j \cdot t_{мj} = \sum_{j=1}^{m} \Delta E_j \qquad (5)$$

где

$\Delta E^{шт}$ — полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт;

Таблица 5

Состав приводов рабочих органов станка, участвующих в выполнения машинно-ручных и машинных переходов

Энергетические функции станка при выполнении перехода	Привод рабочего органа станка:		
	барабана	захватов МФБ	роликов УП
Обеспечивает энергией выполнение 4-го технологического перехода	–	+	–
Обеспечивает энергией выполнение 7-го технологического перехода	+	–	–
Обеспечивает энергией выполнение 8-го технологического перехода	–	+	–
Обеспечивает энергией выполнение 9-го технологического перехода	+	–	+
Обеспечивает энергией выполнение 10-го технологического перехода	+	–	–
Обеспечивает энергией выполнение 11-го технологического перехода	+	–	+
Обеспечивает энергией выполнение 12-го технологического перехода	–	+	–
Обеспечивает энергией выполнение 13-го технологического перехода	+	–	–
Обеспечивает энергией выполнение 14-го технологического перехода	–	+	–
Обеспечивает энергией выполнение 15-го технологического перехода	+	–	+
Обеспечивает энергией выполнение 17-го технологического перехода	+	–	–
Обеспечивает энергией выполнение 18-го технологического перехода	+	–	–
Обеспечивает энергией выполнение 19-го технологического перехода	+	–	+
Обеспечивает энергией выполнение 21-го технологического перехода	+	–	–
Обеспечивает энергией выполнение 22-го технологического перехода	+	–	+
Обеспечивает энергией выполнение 23-го технологического перехода	+	–	+

Таблица 6

Оценка общей полезной мощности двух приводов станка при выполнении машинно-ручных и машинных переходов, кДж/с.

Номер перехода	Мощность привода:		Общая мощность приводов станка под нагрузкой	Мощность привода:		Общая мощность приводов станка на холостом ходу	Общая полезная мощность приводов станка
	барабана под нагрузкой	роликов УП под нагрузкой		барабана на холостом ходу	роликов УП на холостом ходу		
9-й	1.30	0.55	1.85	0.84	0.36	1.20	0.65
11-й	1.26	0.54	1.80	0.84	0.36	1.20	0.60
15-й	1.30	0.55	1.85	0.84	0.36	1.20	0.65
19-й	1.28	0.54	1.82	0.84	0.36	1.20	0.62
22-й	1.35	0.65	2.00	0.84	0.36	1.20	0.80
23-й	1.35	0.65	2.00	0.84	0.36	1.20	0.80

m — количество переходов, выполняемых с участием станка (машинных и машинно-ручных переходов);

ΔE_j — полезные энергозатраты станка на выполнение j-го перехода, кДж/переход.

Полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки (удельный расход электрической энергии станка) определяется по формуле:

$$\Delta E_n^{шт} = \sum_{j-1}^{m} \sum_{c=1}^{k} P_{cj}^{н} = \sum_{l=1}^{m} \Delta E_{nj} \quad (6)$$

где

$\Delta E_n^{шт}$ — полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт;

ΔE_{nj} — полные энергозатраты станка на выполнение j-го перехода, кДж/переход.

Таблица 7

Оценка полезной мощности приводов станка по выполнении машинно-ручных и машинных переходов, кДж/с

Номер перехода	Мощность привода барабана		Полезная мощность привода барабана	Мощность привода МФБ		Полезная мощность привода МФБ
	под нагрузкой	на холостом ходу		под нагрузкой	на холостом ходу	
4-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
7-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
8-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
10-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
12-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
13-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
14-й	-	-	-	2.25	1.02	1.23
17-й	1.05	0.84	0.21	—	-	-
18-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-
21-й	1.05	0.84	0.21	-	-	-

Таблица 8

Оценка затрат полезной и полной мощности станка на выполнение машинно-ручных и машинных переходов, кДж/с

Номер перехода	Полезная мощность привода			Полезная мощность станка	Полная мощность привода			Полная мощность станка
	Бар	УП	МФБ		Бар	УП	МФБ	
4-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
7-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
8-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
9-й	-	-	-	0.65	1.30	0.55	-	1.85
10-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
11-й	-	-	-	0.60	1.26	0.54	-	1.80
12-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
13-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
14-й	-	-	1.23	1.23	-	-	2.25	2.25
15-й	-	-	-	0.65	1.30	0.55	-	1.85
17-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
18-й	0.21	-	-	0.21	0.21	-	-	1.05
19-й	-	-	-	0.62	1.28	0.54	-	1.82
21-й	0.21	-	-	0.21	1.05	-	-	1.05
22-й	-	-	-	0.80	1.35	0.65	-	2.00
23-й	-	-	-	0.80	1.35	0.65	-	2.00

Примечания:

Условные обозначения:

— Бар — барабан;

— УП — ролики универсальных прикатчиков;

— МФБ — механизмы формирования борта покрышки.

4.9. Оценка КПД станка

Общий КПД приводов станка при выполнении j-ого перехода определяется по формуле:

$$КПД_j = \Delta E_j / \Delta E_{nj} \quad (7)$$

Общий КПД станка при сборке покрышки определяется по формуле:

$$КПД_м = 100 \cdot \Delta E^{шт} / \Delta E_n^{шт} \quad (8)$$

где

$КПД_м$ среднее значение КПД станка при сборке одной покрышки, %

После проведения оценки энергетических показателей станка для сборки покрышек они заносятся в сводную таблицу энергетических функций и показателей этого станка (табл. 9).

Сводные значения энергетических показателей сборщика (табл. 3) и энергетических показателей станка для сборки покрышек (табл. 9) по технологическим переходам сборки покрышки типоразмера 260–508 и на покрышку в целом приведены в табл. 10.

На основе приведенных в табл. 10 данных, следует отметить:

– полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки составили 86 кДж;

– полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки составили 304.27 кДж;

– полные энергозатраты станка на сборку одной по-

Таблица 9

Энергетические функции и энергетические показатели станка для сборки покрышек

Энергетические функции станка при выполнении *j*-го перехода	**Энергетические показатели станка**					$КПД_j$, %
	$t_{мj}$, с.	P_j, кДж/с.	$P^н_{cj}$, кДж/с.	ΔE_j, кДж	ΔE_{nj}, кДж	
Обеспечивает энергией выполнение 4-го перехода	38	1.23	2.25	46.74	85.50	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 7-го перехода	35	0.21	1.05	7.35	36.75	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 8-го перехода	33	1.23	2.25	40.59	74.25	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 9-го перехода	17	0.65	1.85	11.05	31.45	35.14
Обеспечивает энергией выполнение 10-го перехода	42	0.21	1.05	8.82	44.10	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 11-го перехода	16	0.60	1.80	9.60	28.80	33.33
Обеспечивает энергией выполнение 12-го перехода	29	1.23	2.25	35.67	65.25	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 13-го перехода	41	0.21	1.05	8.61	43.05	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 14-го перехода	25	1.23	2.25	30.75	56.25	54.67
Обеспечивает энергией выполнение 15-го перехода	32	0.65	1.85	20.80	59.20	35.14
Обеспечивает энергией выполнение 17-го перехода	24	0.21	1.05	5.04	25.20	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 18-го перехода	10	0.21	1.05	2.10	10.50	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 19-го перехода	17	0.62	1.82	10.54	30.94	34.07
Обеспечивает энергией выполнение 21-го перехода	81	0.21	1.05	17.01	85.05	20.00
Обеспечивает энергией выполнение 22-го перехода	25	0.80	2.00	20.00	50.00	40.00
Обеспечивает энергией выполнение 23-го перехода	37	0.80	2.00	29.60	74.00	40.0
Итого:	502	-	-	304.27	800.29	38.02

крышки составили 800.29 кДж;

– средний КПД станка составил 38.02 %. Диапазон изменения значений КПД станка по машинно-ручным и машинным переходам сборки покрышки составил от 20 до 55 %.

4.11. Оценка полезных и полных энергозатрат ТС операций на сборки одной покрышки

Полезные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки можно определить по формуле:

$$\Delta E^{шт} = \Delta E^{шт}_{ч} + \Delta E^{шт}_{м} \quad (9)$$

где

$\Delta E^{шт}$ — полезные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки, кДж/шт.

Подставим значения полезных и полных энергозатрат компонентов ТС операций сборки покрышек в формулу (9) и получим:

$\Delta E^{шт}$ = 86.0+304.27=390.27 кДж/шт.

Полные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки можно определить по формуле:

$$\Delta E^{щт}_{п} = \Delta E^{шт}_{пч} + \Delta E^{шт}_{пм} \quad (10)$$

где

$\Delta E^{щт}_{п}$ — полные энергозатраты ТС операций на сборку одной покрышки, кДж/шт.;

$\Delta E^{шт}_{пч}$ — полные энергозатраты сборщика на одной сборку покрышки, кДж/шт.;

$\Delta E^{шт}_{пм}$ — полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт.

Полные энергозатраты сборщика можно определить по формуле:

$$\Delta E^{шт}_{пч} = \Delta E^{шт}_{ч} / КПД_{ч} \quad (11)$$

где

$КПД_{ч}$ — коэффициент полезного действия человека. При физическом труде человека коэффициент полезного действия колеблется от 16 до 25 % и составляет в среднем 20 % [8]. Примем коэффициент полезного действия сборщика при сборке покрышек в размере 20 %.

Подставим значения показателей в формулу (11) и получим:

Таблица 10

Энергетические показатели ТС операций сборки покрышек по технологическим переходам и на покрышку в целом

Номер перехода	Энергетические показатели сборщика				Энергетические показатели станка					
	Кт	$t_ч$, с.	$Рч_i$, Дж/с	$\Delta E_{чi}$, кДж	$t_{мj}$, с.	P_j, кДж/с.	$P^{и}_{cj}$, кДж/с.	ΔE_j, кДж	$\Delta E_{пj}$, кДж	$КПД_j$, %
1-й	1б	17	174	2.96	-	-	-	-	-	-
2-й	1б	3	174	0.52	-	-	-	-	-	-
3-й	1б	32	174	5.57	-	-	-	-	-	-
4-й	-	-	-	-	38	1.23	2.25	46.74	85.50	54.67
5-й	1б	16	174	2.78	-	-	-	-	-	-
6-й	1б	16	174	2.78	-	-	-	-	-	-
7-й	1б	35	174	6.09	35	0.21	1.05	7.35	36.75	20.00
8-й	-	-	-	-	33	1.23	2.25	40.59	74.25	54.67
9-й	-	-	-	-	17	0.65	1.85	11.05	31.45	35.14
10-й	1б	42	174	7.31	42	0.21	1.05	8.82	44.10	20.00
11-й	-	-	-	-	16	0.60	1.80	9.60	28.80	33.33
12-й	-	-	-	-	29	1.23	2.25	35.67	65.25	54.67
13-й	1б	41	174	7.13	41	0.21	1.05	8.61	43.05	20.00
14-й	-	-	-	-	25	1.23	2.25	30.75	56.25	54.67
15-й	-	-	-	-	32	0.65	1.85	20.80	59.20	35.14
16-й	1б	17	174	2.96	-	-	-	-	-	-
17-й	2а	24	232	5.57	24	0.21	1.05	5.04	25.20	20.00
18-й	1б	10	174	1.74	10	0.21	1.05	2.10	10.50	20.00
19-й	1б	17	174	2.96	17	0.62	1.82	10.54	30.94	34.07
20-й	2а	20	232	4.64	-	-	-	-	-	-
21-й	2а	81	232	18.79	81	0.21	1.05	17.01	85.05	20.00
22-й	-	-	-	-	25	0.80	2.00	20.00	50.00	40.00
23-й	-	-	-	-	37	0.80	2.00	29.60	74.00	40.00
24-й	1б	19	174	3.31	-	-	-	-	-	-
25-й	1б	6	174	1.04	-	-	-	-	-	-
26-й	2б	34	291	9.89	-	-	-	-	-	-
Итого	-	430	-	86.00	502	-	-	304.27	800.29	38.02

$\Delta E_{пч}^{шт} = 86/0.20 = 430.0$ кДж/шт.

Подставим значения полных энергозатрат компонентов ТС операций в формулу (10) и получим:

$\Delta E_{п}^{шт} = 430.0+800.29=1230.29$ кДж/шт.

Средний коэффициент полезного действия ТС операций сборки покрышек определяется по формуле:

$$КПД_{тс} = \Delta E^{шт} / \Delta E_{п}^{шт} \qquad (12)$$

Подставим в формулу (12) значения полезных и полных энергозатрат ТС и получим:

$КПД_{тс} = 390.27 / 1230.39 = 0.317$ (31.7 %)

Установленные выше энергетические показатели ТС операций сборки покрышек необходимы для оценки ее основных социально-экономических показателей. К числу таких показателей можно отнести: временной и энергетический уровень механизации живого труда; временной и энергетический уровень механизации средств технологического оснащения; производительность ТС операций сборки покрышек; экономическую производительность станка (станка с барабаном для сборки покрышек);трудоемкость работ, замещаемых применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта; стоимость рабочей силы, замещаемой применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта и предельную цену средства технологического оснащения ТС операций сборки покрышек (станка с барабаном).

4.12. Оценка уровня механизации ТС операций сборки покрышек

В соответствии с ГОСТ 23004–78 [9] технологические операции и состоящие из них системы, в первую очередь, технологические процессы, могут быть выполнены за счет энергии только людей или при совместном использовании энергии людей и энергии неживой природы, получаемой в результате действия сил тяжести, электрических магнитных и ядерных сил и т. д. либо при использовании только энергии неживой природы. Степень использования энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях характеризуется понятиями «механизация» или «автоматизация» технологического процесса.

По ГОСТ 23004–78 «Механизация технологических процессов» означает применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях, полностью управляемых людьми, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции». «Автоматизация технологических процессов» означает применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для выполнения и управления ими без непосредственного участия людей, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции».

При механизации (автоматизации) технологического процесса происходит:

– изменение или замена средств технологического оснащения с выполнением требований безопасности труда;

– изменение, обычно сокращение объемов труда людей.

Поэтому при анализе в оценке механизации или автоматизации технологического процесса рассматривают каждый компонент:

– механизацию (автоматизацию) средств технологического оснащения;

– механизацию (автоматизацию) живого труда.

Так как при сборке покрышки типоразмера 260–508 используется энергия сборщиков и энергия станка для сборки покрышек, представляющая собой электрическую энергию (энергию неживой природы), то следует произвести анализ и оценку состояния механизации технологической операции сборки покрышки.

Согласно ГОСТ 23004–78 для оценки состояния механизации технологических процессов применяются следующие основные показатели:

– временной уровень механизации живого труда и энергетический уровень механизации живого труда;

– временной и энергетический уровень механизации средств технологического оснащения.

Временной уровень механизации живого труда ТС операций сборки покрышек определяется отношением неперекрытого машинного времени к штучному времени. Количественно этот показатель определяется по формуле:

$$d_t = t_м^н / T^{шт} \qquad (13)$$

где

d_t – временный уровень механизации живого труда;

$t_м^н$ неперекрытое машинное время, с.

Неперекрытое машинное время — это машинное время выполнения машинных переходов (4, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 22, 23) технологической операции. При сборке покрышки оно составляет:

$t_м^н = 38+33+17+16+29+25+32+25+37=252$ с.

Штучное время сборки покрышки определяется как величина обратная производительности ТС операций сборки покрышек по формуле:

$$T^{шт} = 3600 / П_t^ч \qquad (14)$$

где

3600 — время одного часа, выраженное в секундах, с/ч.

Подставим полученные данные в формулу (14) и получим:

$T^{шт} = 3600 / 5.18 = 695$ с.

Временной уровень механизации живого труда составит:

$d_м^н = 252/695=0.363$ (36.3 %)

Энергетический уровень живого труда определяется отношением полезных затрат энергии неживой природы в течение неперекрытого машинного времени к сумме полезных затрат энергии неживой природы и людей в течение штучного времени по формуле:

$$\Omega_м^н = \Delta E_м^н / (\Delta E_м^{шт} + \Delta E_ч^{шт}) \quad (15)$$

Полезные энергозатраты станка по машинным переходам (4,8,9,11,12,14,15,22,23) в течение неперекрытого машинного времени (см. табл. 13) составляют

$$\Delta E = 46.74 + 40.59 + 11.05 + 9.60 + 35.67 + 30.75 + 20.80 + 20.00 + 29.60 = 244.8 \text{ кДж/шт.}$$

Суммарные полезные энергозатраты станка и сборщика (по данным табл. 13) составляют:

$$\Delta E_м^{шт} + \Delta E_ч^{шт} = 304.27 + 86.00 = 390.27 \text{ кДж/шт.}$$

Подставим полученные значения показателей в формулу (15) и получим значение энергетического уровня механизации живого труда:

$$\Omega_м^н = 244.80 / 390.27 = 0.627 \ (62.7\ \%)$$

4.13. Оценка уровня механизации средств технологического оснащения (станка с барабаном)

Временной уровень механизации средств технологического оснащения представляет собой отношение полезных затрат энергии неживой природы в течение полного машинного времени к сумме полезных затрат энергии неживой природы и людей в течение штучного времени и определяется по формуле:

$$d_м^n = t_м^n / T^{шт} \quad (16)$$

где

$d_м^n$ – временной уровень механизации средств технологического оснащения;

$t_м^n$ – полное машинное время, с.

Полное машинное время — это время выполнения машинных и машинно-ручных переходов (4, 7, 8, 9,10,11,12,13,14,15,17,18,19, 21, 22, 23) сборки покрышки (по данным табл. 3) составляет:

$$t_м^n = 38+35+33+17+42+16+29+41+25+32+24+10+17+81+25+37 = 502 \text{ с.}$$

Подставим полученные значения показателей в формулу (16) и получим значение временного уровня средств технологического оснащения ТС операций сборки покрышек:

$$d_м^n = 502/695 = 0.722\ (72.2\ \%)$$

Энергетический уровень механизации средств технологического оснащения представляет собой отношение полезных затрат энергии неживой природы в течение полного машинного времени к сумме полезных затрат энергии неживой природы и людей в течение штучного времени. Этот показатель определяется по формуле:

$$\Omega_м^n = \Delta E_м^n / (\Delta E_м^{шт} + \Delta E_ч^{шт}) \quad (17)$$

где

$\Omega_м^n$ – энергетический уровень механизации средств технологического оснащения;

$\Delta E_м^n$ – полезные затраты энергии средств технологического оснащения в течение полного машинного времени, кДж/шт.

Полезные затраты энергии средств технологического оснащения по машинным и машинно-ручным переходам (4, 7, 8, 9,10,11,12,13,14,15,17,18,19, 21, 22, 23) в течение полного машинного времени (по данным табл. 13) составляют:

$$\Omega_м^n = 46.74+7.35+40.59+11.05+35.67+8.61+30.75+20.80+ +5.04+2.10 +10.54+20.00+29.60 = 268.84 \text{ кДж/шт.}$$

Подставим полученные значения показателей в формулу (17) и получим значение энергетического уровня механизации средств технологического оснащения ТС операций сборки покрышек:

$$\Omega_м^n = 268.84 / 390.27 = 0.689 \ (68.9\ \%)$$

Показатели временной и энергетический уровень механизации живого труда характеризуют степень замещения человека средствами технологического оснащения (машиной) в технологическом процессе и являются социально значимыми показателями.

В технологической операции сборки покрышки временной уровень механизации живого труда составляет 33.6 %, а энергетический уровень механизации живого труда — 62.7 %. Превышение значения энергетического уровня над временным уровнем механизации живого труда составляет 1.87 раза.

Энергетический уровень в сравнении с временным уровнем механизации живого труда полнее отражает состояние механизации технологической операции, так как содержит больше составляющих при ее оценке.

Показатели временной и энергетический уровень механизации средств технологического оснащения (станка с барабаном) характеризуют степень их механизации. Временной уровень механизации средств технологического оснащения ТС операций сборки покрышек (72.2 %) выше энергетического уровня (68.9 %) на 4.7 % и несколько завышает оценку механизации средств технологического оснащения.

В целом можно отметить, что применение энергетических показателей в оценке уровня механизации живого труда и средств технологического оснащения дает более достоверные результаты, чем при применении временных показателей.

4.14. Оценка производительности ТС операций сборки покрышек при исчислении её по энергетическому режиму функционирования сборщика

Рассматривая в табл. 10 функциональную нагрузку сборщика покрышек, можно заметить, что из 26 переходов сборки покрышки 17 переходов выполняются с участием сборщика и связаны с растратой физической энергии. Отсюда можно заключить, что производительность сборочной системы ограничивается энергетическими возможностями сборщика покрышек.

Исходя из установленного уровня энергозатрат сборщика и потребных энергозатрат его на сборку одной покрышки, можно рассчитать ожидаемый уровень штучной производительности ТС операций сборки покрышек.

Если нормативный уровень часовых энергозатрат сборщика будет установлен на уровне предельно допустимых часовых энергозатрат человека, то часовая про-

изводительность сборочной системы может быть рассчитана по формуле:

$$П^{ч} = \Delta E_{ч}^{ч} / \Delta E_{ч}^{шт} \quad (18)$$

где

$П^{ч}$ – предельная (максимальная) часовая производительность ТС операций сборки покрышек, исчисленная по максимальному энергетическому режиму функционирования сборщика, шт/ч;

$\Delta E_{ч}^{ч}$ - уровень предельно допустимых часовых затрат человека, обслуживающего производственное оборудование, кДж/ч. Принимается равным 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч) [6].

В формуле (18) используются только полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки, а не полные его энергозатраты, так как учитывались энергозатраты организма человека на выполнение им работы соответствующей категории тяжести.

Для оценки максимальной часовой производительности ТС операций сборки покрышек подставим значения предельного уровня допустимых энергозатрат сборщика и затраты его на сборку покрышки (табл. 13) в формулу (18) и получим:

В = 1046,7 / 86 = 12,17 шт/ ч.

Однако такой уровень производительности ТС может быть достигнут на сборочных станках, обслуживаемых сборщиками, владеющими передовыми приёмами и методами труда. Основная же масса сборочных систем будет функционировать в сфере эксплуатации с производительностью ниже максимальной. Её уровень будет зависеть от среднего уровня энергозатрат сборщиков, который сложился в действующем сборочном производстве. Представление об этом уровне могут дать результаты исследования физиологами труда сборочных процессов и их практические рекомендации к конкретному шиносборочному производству. При наличии таких данных средняя производительность сборочной системы может быть рассчитана по формуле:

$$П_{ср}^{ч} = \Delta E_{ср}^{ч} / \Delta E_{ч}^{шт} \quad (19)$$

где

$П_{ср}^{ч}$ - средняя часовая производительность ТС операций сборки покрышек, исчисленная по среднему энергетическому режиму функционирования сборщика, шт/ч;

$\Delta E_{ср}^{ч}$ — средний уровень часовых энергозатрат сборщика, установленный по рекомендациям физиологов труда, кДж/ч (ккал/ч).

Из-за отсутствия конкретных рекомендаций физиологов труда по сборочному производству покрышек можно принять средний уровень часовых энергозатрат человека равным 628 кДж/ч (150 ккал/ч). Этот уровень выбран на основе общих рекомендаций физиологов труда, согласно которым человеку необходимо затрачивать на мышечную деятельность не менее 1200–1300 ккал/сутки. Для сборщиков покрышек такие затраты могут быть установлены при их работе за смену.

Для определения среднего уровня часовой производительности ТС подставим в формулу (19) значения среднего уровня часовых энергозатрат сборщика и уровня затрат сборщика на сборку покрышки и получим:

$$П_{ср}^{ч} = 628 / 86 = 7.3 \text{ шт/ч.}$$

Однако в теории и практике машиностроительного и шинного производства используется система нормирования труда, на основе которой устанавливается норма времени на единицу продукции и норма выработки продукции за определенный промежуток рабочего времени.

Эти показатели устанавливаются на основе фиксации, изучения и анализа затрат рабочего времени на изготовление единицы продукции и временного ресурса труда рабочего, т. е. устанавливаются по временному режиму труда работника.

Система нормирования труда сборщиков покрышек применяется в полимерном машиностроении при производстве станков для сборки покрышек и установлении в их нормативно-технической документации показателя «Производительность станка».

Однако такой показатель не относится непосредственно к станку для сборки покрышек, а относится к системе (ТС операций сборки покрышек), так как без сборщика, предметов производства и электрической энергии (для функционирования станка) невозможно осуществления процесса сборки покрышек. В этой связи рассчитаем производительность ТС операций сборки покрышек по временному режиму труда сборщика.

4.15. Оценка производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму труда сборщика

Для условий массового производства производительность ТС операций сборки покрышек в смену определяется по формуле:

$$П_{t}^{см} = (3600 \cdot T_{см} - C) / T_{оп} \quad (20)$$

где

$П_{t}^{см}$ — производительность ТС операций сборки покрышек в смену, установленная по временному режиму труда сборщика, шт/смену;

$T_{см}$ — продолжительность смены, ч. Для сборочных цехов шинных предприятий $T_{см} = 8$ ч.

$T_{оп}$ – оперативное время сборки одной покрышки, с. По данным табл. 1, $T_{оп} = 682$ с.

C - суммарное время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности.

Для условий массового производства покрышек в сборочных цехах шинных предприятий C = 530 с./смену.

$$П_{t}^{см} = (3600 \cdot 8 - 530) / 682 = 41.45 \text{ шт./смену}$$

Часовая производительность ТС операций сборки покрышек может быть рассчитана по формуле:

$$П_{t}^{ч} = П_{t}^{см} / T_{см} \quad (21)$$

где

$П_{t}^{ч}$ – часовая производительность ТС операций сборки покрышек, установленная по временному режиму труда сборщика покрышек, шт./ч.

Подставим значения $П_t^{см}$ и $Т^{см}$ в формулу (21) и получим:

$$П_t^ч = 41.45/8 = 5.18 \text{ шт./ч.}$$

Полученное значение производительности ТС операций сборки покрышек, исчисленное по временному режиму труда сборщика, ниже, чем по энергетическому режиму его труда.

Для оценки уровня энергозатрат сборщика при установлении часовой производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму труда сборщика можно оценить его энергозатраты и сравнить их с уровнем предельных и средних энергозатрат.

4.16. Оценка энергозатрат сборщика при установлении производительности ТС операций сборки покрышек по временному режиму его труда

Часовые энергозатраты сборщика покрышек при установлении производительности ТС операции сборки покрышек по временному режиму его труда определяются по формуле:

$$\Delta E_ч^ч = П_t^ч \cdot \Delta E_ч^{шт} \quad (22)$$

Подставим полученные значения $П_t^ч$ и $\Delta E_ч^{шт}$ в формулу (13) и получим:

$$\Delta E_ч^ч = 5.18 \cdot 86 = 445.48 \text{ кДж/ч.}$$

После определения часовых энергозатрат сборщика покрышек необходимо произвести их сравнение с предельно допустимыми энергозатратами (1046,7 кДж/ч) и средними энергозатратами (628 кДж/ч) и тем самым оценить уровень тяжести труда сборщика покрышек.

Результаты расчёта показывают, что часовые энергозатраты сборщика покрышек

(445.48 кДж/ч) ниже средних (628 кДж/ч) и предельно допустимых (1046.7 кДж/ч).

Следует отметить, что на период освоения работы на созданном станке для сборки покрышек целесообразно установить производительность сборочной системы по временному режиму функционирования, а в дальнейшем стремиться к установлению производительности сборочной системы по среднему уровню энергозатрат сборщика покрышек.

Предельный уровень энергозатрат передовиков сборочного производства не должен превышать 1046,7 кДж/ч и соответствующая этому уровню энергозатрат производи-тельность ТС операций сборки покрышек не должна быть выше установленной по формуле (9), т. е. 12,17 шт/ч. Превышение передовыми сборщиками предельно допустимого уровня энергозатрат ведет к преждевременному изнашиванию организма и, как следствие, к возможной утрате трудоспособности сборщика.

Нормировщики сборочных цехов шинных предприятий совместно с физиологами труда должны осуществлять постоянный контроль энергозатрат сборщиков с целью недопущения перегрузок и установления равнонапряженных норм выработки продукции (производительности ТС), т. е. равных по уровню энергозатрат.

Показатель «производительность» в техническом смысле широко применяется в технической и экономической литературе (цикловая, техническая, штучная, энергетическая производительность и т. п.), а также в нормативно-технической документации ряда рабочих машин и оборудования. Часто эти показатели используются при оценке технического уровня и качества рабочих машин и оборудования и оценке уровня их предельных цен.

Однако использования показателя производительность рабочих машин в техническом смысле при оценке удельных показателей (удельная трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость, себестоимость и т. п.) при повышении степени механизации технологических процессов или операций приводит к искажению результатов оценки технического уровня и качества рабочих машин и оборудования.

Тот факт, что применение машин приводит к вытеснению из производства рабочей силы, является неоспоримым и не требует доказательств. Еще К. Маркс в качестве иллюстрации производительности машин отмечал, что «паровая машина при паровом плуге совершает в 1 час за 3 пенса, или за 1/4 шилл., столько работы, сколько 66 человек за 15 шилл. в час» [10, с. 403].

Таким образом, в экономическом смысле под производительностью машин следует понимать количество работников, замещаемых их применением.

Для отличия содержания этого показателя от содержания технической производительности его можно назвать экономической производительностью машины [11] и, в данном случае — «экономической производительностью станка». Под словом «станок» понимается средства технологического оснащения ТС операций сборки покрышек, состоящий из станка и барабана.

4.17. Оценка экономической производительности станка

В широком понимании под производительностью станка для сборки покрышек в экономическом смысле (экономической производительностью станка) следует понимать абсолютное количество работников, высвобождаемых из процесса сборки покрышек вследствие замещения их станком.

При использовании энергетического подхода численность высвобожденных из процесса сборки покрышек работников (сборщиков) следует оценивать по энергетическому замещению станком трудовых энергетических функций сборщика при одинаковых временных режимах их работы.

Численное значение экономической производительности станка следует определять по соотношению полезных энергозатрат станка и нормативных энергозатрат сборщика, высвобождаемого применением станка.

Экономическая производительность станка за часовой промежуток времени рассчитывается по формуле:

$$ЭП_м^ч = П^ч \cdot \Delta E_м^{шт} / \Delta E_{ср}^ч \quad (23)$$

где

$ЭП_м^ч$ – экономическая производительность станка для сборки покрышек.

На основе полученных выше значений показателей рассчитаем экономическую производительность станка:

$ЭП_м^ч = 5.12шт/ч \cdot 390.27кДж/$

$шт \cdot маш/628кДж/чел \cdot ч = 3.1818$ чел-ч/маш-ч.

Замещение сборщика станком в технологическом процессе сборки покрышек осуществляется до наступления предельного состояния станка, т. е. до выработки ресурса до капитального ремонта. С экономической точки зрения такое замещение представляет собой трудоёмкость сборочных работ, замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта.

Трудоёмкость сборочных работ (функций), замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта, рассчитывается по формуле:

$$T_{чм}^{рк} = ЭП_м^ч \cdot T_{рк} \quad (24)$$

где

$T_{рк}$ — средний ресурс до капитального ремонта станка. $T_{рк}$ = 30000 ч (по данным нормативно-технической документации на станок для сборки покрышек).

Поставим значения показателей $ЭП_м^ч$ и $T_{рк}$ в формулу (20) и получим:

$T_ч^{рк} = 3.1818 \cdot 30000 = 95454.57$ чел-ч/ресурс (95455 чел/ресурс)

Следует отметить, что показатели $ЭП_м^ч$ и $T_ч^{рк}$ являются своеобразными социально–экономическими константами, характеризующими функциональную полезность станка. Они позволяют сравнить по степени полезности любые виды станков для сборщика покрышек, а также и других рабочих машин и оборудования независимо от их вида, назначения и продукции, производимой с их помощью.

Кроме того, показатель «экономическая производительность машины» является коэффициентом перевода машиноемкости (станкоемкости) в трудоемкость.

Показатели экономическая производительность машины и трудоемкость работ, замещаемых машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта, могут быть использованы для оценки экономической целесообразности применения машины в общественном производстве.

Анализируя роль машин в общественном производстве, К. Маркс писал: «Если рассматривать машины исключительно как средство удешевления продукта, то граница их применения определяется тем, что труд, который стоит их производство, должен быть меньше труда, который замещается их применением» [11, с. 404]. Исходя из этого положения, можно устанавливать границу стоимости производства машины или, иначе, предельную стоимость (цену) машины.

Труд, замещаемый машиной в сфере ее применения, определяется путем осуществления стоимостной оценки показателя «трудоемкость работ, замещаемых машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта». Иначе говоря, это стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта. Такая оценка и может служить в качестве критерия предельной цены для потребителя машин, хотя и не в полной мере.

Стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта, может быть рассчитана по формуле:

$$C_{рс}^{рк} = ЗП_ч \cdot K_д \cdot K_{от} \cdot T_ч^{рк\cdot} \quad (24)$$

где

$C_{рс}^{рк}$ – стоимость рабочей силы, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта;

$ЗП_ч$ – часовая основная заработная плата работника, замещаемая применением машины;

$K_д$ – коэффициент, учитывающий, дополнительную заработную плату;

$K_{от}$ – коэффициент, учитывающий отчисления в социальные фонды.

Так как в сфере применения машины возникают затраты на ее содержание и эксплуатацию, то при определении предельной стоимости машины эти затраты необходимо вычесть из стоимости рабочей силы, замещаемой машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта. Кроме того, необходимо вычесть также транспортные расходы и расходы на монтаж станка.

Тогда предельная стоимость машины может быть определена по формуле:

$$Ц_м^{пр} = C_{рс}^{рк} - P_{тз} - З_{сэ} \quad (25)$$

где

$Ц_м^{пр}$ – предельная стоимость (цена машины) для потребителя;

$T_{тз}$ – транспортно-заготовительные и монтажные расходы;

$З_{сэ}$ – затраты на содержание и эксплуатацию машины за средний ресурс до ее капитального ремонта.

4.18. Оценка предельной цены станка для сборки покрышек

Формирование и оценка предельной цены создаваемого станка для сборки покрышек имеет важное социально — экономическое значение, как для машиностроителей, так и для шинных предприятий, так как основывается на законе целесообразности применения машин в производстве.

Потребности шинных предприятий в станках для сборки покрышек чаще всего удовлетворяются поставками опытных образцов или установочных партий, что свидетельствует о единичном и мелкосерийном характере их производства.

При иллюстрации определения предельной стоимости станка для сборки покрышек введены следующие допущения:1) транспортно-заготовительные и монтажные расходы не учитываются; 2) затраты на содержание и эксплуатацию станка представлены только затратами за электроэнергию за средний ресурс до его капитального ремонта.

Тогда предельная цена опытного образца станка (станка в установочной партии) может быть рассчитана по формуле:

$$Ц_{м}^{рк} = C_{рс}^{рк} - Э_{м}^{рк} \quad (26)$$

где

$Ц_{м}^{пр}$ – предельная цена изготовления опытного образца станка (станка в установочной партии);

$Э_{м}^{рк}$ – затраты на электроэнергию за средний ресурс до капитального ремонта станка.

Определим по формуле (21) стоимость рабочей силы, замещаемой применением станка за средний ресурс до его капитального ремонта:

$C_{рс}^{рк}$ = (25000/176)·1.18·1.302·95454.57 = 20828187 руб. (20828 тыс. руб.)

где

25000 руб./мес. — среднемесячная основная заработная сборщика покрышек (по данным ряда шинных предприятий в 2013 г.);

176 ч/мес. — месячный фонд времени работы сборщика покрышек, ч.;

1.18 — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату сборщика покрышек;

1.302 — коэффициент, учитывающий отчисления в социальные фонды (30.2 % — общий норматив отчислений в социальные фонды в 2013 г.)

Определим расходы на оплату электрической энергии за средний ресурс до капитального ремонта станка по формуле:

$$Э_{м}^{рк} = C_{э}^{ч} \cdot \Delta E_{м}^{шт} \cdot П^{ч} \cdot T_{рк} / 3600 \quad (27)$$

где

$C_{э}^{ч}$ – средняя тарифная ставка на электрическую энергию, руб./МВт-ч. Принимается (по данным энергосбытовых организаций, поставляемых электрическую энергию для промышленных предприятий России на 2013 г.) в среднем в размере 1950 руб./МВт-ч. (1.95 руб./кВт-ч.);

3600 — коэффициент перевода кДж в кВт-ч.

Подставим полученные значения показателей в формулу (24) и получим:

$$Э_{м}^{рк} = 1.95 \cdot 800.29 \cdot 5.123 \cdot 30000 / 3600 = 66584$$

руб./ресурс

Теперь определим предельную стоимость станка для сборки покрышек:

$$Ц_{м}^{пр} = 20828187 - 66584 = 20761.6 \text{ тыс. руб.}$$

(20762 тыс. руб.).

В указанную выше стоимость станка входит и стоимость барабана, который поставляется отдельно от станка, как средство технологического оснащения станка.

Если отпускная (договорная) цена станка с барабаном будет ниже предельной цены, то потребитель этого оборудования получит экономический эффект от применения этого оборудования за средний ресурс до его капитального ремонта. Если договорная цена будет установлена на уровне предельной цены, то всю прибыль (экономический эффект) от продажи оборудования получит его изготовитель.

По данным разработчика станков (ОАО НИИШИНМАШ) стоимость станков СПД 2–660–9009 в комплекте с барабаном составляет 10 млн. руб. (без НДС). Экономический эффект у шинного завода (потребителя), у которого заработная плата сборщиков покрышек составляет 25 тыс. руб./месяц, составит 10762 тыс. руб. за средний ресурс до капитального ремонта станка.

Следует отметить, что зарплата сборщиков покрышек существенно различается по регионам (от принятой выше в расчете), как в большую, так и меньшую сторону. В этой связи экономический эффект от применения исследуемой ТС операций сборки покрышек будет существенно различаться от приведенного выше значения.

Для обеспечения наглядности сведем результаты оценки основных показателей ТС операций сборки покрышек и ее компонентов в табл. 12.

Таблица 12

Результаты оценки энергетических и социально-экономических показателей ТС операций сборки покрышек

Наименование показателя	Численное значение
Энергетические показатели	
Полезные энергозатраты сборщика на сборку одной покрышки, кДж/шт.	86.0
Полные энерготраты сборщика на сборку одной покрышки, кДж/шт.	430.0
Коэффициент полезного действия сборщика, %	20.0
Полезные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт.	304.27
Полезные энергозатраты ТС на сборку одной покрышки, кДж/шт.	800.29
Полные энергозатраты станка на сборку одной покрышки, кДж/шт.	1230.39
Коэффициент полезного действия станка, %	38.02
Коэффициент полезного действия ТС	31.7
Социально-экономические показатели	
Временной уровень механизации живого труда, %	36.3
Энергетический уровень механизации живого труда, %	62.7
Временной уровень механизации средств технологического оснащения, %	72.2

Энергетический уровень механизации средств технологического оснащения, %	68.9
Предельный уровень энергозатрат сборщика, кДж/ч.	1046.7
Средний (нормативный) уровень энергозатрат сборщика, кДж/ч.	628.0
Производительность ТС, исчисленная по предельному уровню энергозатрат сборщика, шт./ч.	12.17
Производительность ТС, исчисленная по среднему уровню энергозатрат сборщика, шт./ч.	7.30
Производительность ТС, исчисленная временному режиму функционирования сборщика, шт./ч.	5.18
Экономическая производительность станка, чел-ч/маш-ч.	3.1818
Трудоемкость работ, замещаемых станком за средний ресурс до его капитального ремонта, чел-ч/ресурс	95455.0
Стоимость рабочей силы, замещаемой станком за средний ресурс до его капитального ремонта, тыс. руб./ресурс	20828.0
Предельная стоимость станка, тыс. руб.	20716.0

Обобщая результаты оценки показателей ТС операций сборки покрышек на основе применения энергетического подхода, следует отметить:

1. Применение энергетического подхода к оценке показателей технологических систем для сборки покрышек практически возможно и целесообразно при оценке основных технико-экономических показателей этих систем. Возможно его применение и при оценке показателей других технологических систем, в которых значительна доля ручного труда.

2. Оценку показателей технологических систем для сборки покрышек следует проводить как на стадии проектирования (особенно на этапе проведения приемочных испытаний), так и на стадии их применения (эксплуатации) в сборочном производстве.

3. Производительность технологических систем для сборки покрышек следует устанавливать на основе научно-обоснованного нормативного уровня энергозатрат сборщика покрышек в течение рабочего времени (час, смену).

4. Показатели «экономическая производительность машины» и трудоемкость работ, замещаемых машиной за средний ресурс до ее капитального ремонта» являются универсальными социально-экономическими константами. Они позволяет сравнивать машины различного класса, вида и назначения, так как не зависят от вида продукции производимой с их помощью.

5. Показатель «экономическая производительность машины» выражает коэффициент перевода машиноемкости (станкоемкости) в трудоемкость, а показатель «трудоемкость работ, замещаемых применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта» — экономию живого труда в сфере применения машин.

6. Показатель «стоимость рабочей сила, замещаемой применением машины за средний ресурс до ее капитального ремонта» является границей экономической целесообразности применения машин в общественном производстве. Этот показатель может служить в качестве предельной цены для потребителя рабочих машин и оборудования.

7. Предлагаемые в статье показатели должны найти свое применение в нормативно-технической и экономической документации на создание и освоение технологических систем для сборки покрышек, а также и других аналогичного вида технологических систем механического класса.

Литература:

1. Мочулаев В. Е. Энергетический подход к формированию показателей технологических систем // Вестник машиностроения. — 2011. — № 10. с. 81–86.
2. ГОСТ 27.004–85. Системы технологические. Термины и определения. — Взамен ГОСТ 22954–78; Введен 01.07.86. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 13 с.
3. ГОСТ 3.1109–82. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. — Взамен ГОСТ 3.1109–73; Введен 01.01.83. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 11 с.
4. Р.2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / Утверждено главным государственным врачом РФ 29.07.2005 г. Введено в действие с 1 ноября 2005 г.
5. Физиология человека / Под ред. А. Н. Крестникова. — М.: Медгиз, 1954. — 319 с.
6. ГОСТ 12.2.049–80. Оборудование производственное. Общие эргономические требования; Введен 01.01.1982. — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 20 с.
7. ГОСТ 12.1.005–88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. Взамен ГОСТ 12.1.005–76; Введен 01.01.1989. — М.: Изд-во стандартов, 1989.
8. Физиология человека / Под ред.В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. — М.: Изд-во Медицина, 2007. — 656 с.
9. ГОСТ 23004–78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении; Введен 01.01.1979. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 25 с.

10. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. — М.: Политиздат, 1973. — 907 с.
11. Мочулаев В.Е. Методология и практика применения энергетического подхода в машиностроении. — Ярославль: Ярославский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов химической и нефтехимической промышленности, 2003. — 133 с.

Рабочие органы площадкоделателей

Поздняков Евгений Владиславович, аспирант
Воронежская государственная лесотехническая академия

Во многих странах мира для борьбы с эрозией почв и выращивания различных культур на горных и овражно-балочных склонах применяют частичную обработку почвы: полосами, бороздами для посадки или посева культур в дно борозды или в пласт, террасами и площадками. При крутизне склонов до 8^0 допускается сплошная обработка почвы, в пределах крутизны $8...12^0$ проводится полосная подготовка.

Средне- и сильноэродированные склоны крутизной более 8^0 обрабатывают методом террасирования. Наиболее распространенный тип террас — террасы ступенчатого профиля шириной полотна от 0,8 до 4 м. Устройство полотна террас может производиться напашным и нарезным способами. Напашное террасирование на участках склонов крутизной до 20^0 выполняют крутосклонными тракторами. Нарезное террасирование применяют на склонах крутизной от 12 до 40^0.

Для полосной вспашки и напашного террасирования используют навесные плуги общего назначения, а также специальные — двухотвальные, плантажные, оборотные, челночные и плуги для каменистых почв.

Напашные террасы подготавливают за несколько проходов агрегата по горизонталям с отваливанием почвы вниз по склону. Для нарезного террасирования наряду с различными орудиями общего назначения (грейдерами, бульдозерами) применяют специальные — террасеры. Подготовка почвы террасерами осуществляется при движении агрегата поперек склона по горизонталям.

Основное достоинство нарезного террасирования — возможность осваивать склоны крутизной до 40^0, используя лесокультурные агрегаты для равнинных условий. В процессе работы они перемещаются по подготовленной горизонтальной террасе без поперечного наклона.

Однако мелкоконтурные участки склонов имеют длину гонов по горизонталям менее 50 м, что обуславливает низкую производительность агрегатов по горизонталям, поэтому в таких условиях нецелесообразно применение террасирования и вспашки. В связи с этим, для регулирования стока талых и ливневых вод, а также для накопления влаги в местах посадки противоэрозионных защитных лесонасаждений на мелкоконтурных участках горных и овражно-балочных склонов наиболее эффективна подготовка почвы площадкоделателями [1, 2].

Площадкоделатели предназначаются для частичной подготовки почвы на склоне с одновременным формированием посадочного места и площадки (минерализованной зоны) вокруг него.

Площадки классифицируют по поперечному сечению вдоль склона — траншейная, ступенчатая с прямолинейным или круглым полотном, криволинейная. По наклону полотна относительно склона — вдоль склона, против склона, горизонтальные. По поверхности полотна — покрытая мелкоземистым слоем с рыхлением и без рыхления выемки, покрытая камнями. По откосам — с земляными (выемочными и насыпными) откосами, выполненными по ломаным или плавным линиям, укрепленными камнями, плетнями, столбами, сеткой. По различным приспособлениям — с водоподводящими, водособирающими или водоотводящими устройствами и без них; с посадочными лунками или без них. По числу посадочных мест — на одно или несколько растений. По размещению — линейное, шахматное или произвольное.

Траншейные площадки строят вручную на склонах до 45^0. Поэтому этот тип подготовки почвы в настоящее время используют редко. Площадки с прямолинейным или круглым полотном позволяют сравнительно легко механизировать процесс их строительства и копки посадочной ямки. Однако сложный поперечный профиль затрудняет их устройство при непрерывном движении агрегата и исключает механизацию работ по посадке и уходу за культурами.

Площадки с криволинейным профилем в выемочной и насыпной частях позволяют механизировать их строительство, а также посадку и уход за культурами при непрерывном движении агрегата. Поэтому такой профиль более перспективен для полной механизации работ по выполнению основных технологических операций.

В настоящее время в стране применяют более 30 типоразмеров площадок, что в значительной мере затрудняет разработку средств механизации и требует большого количества различных конструкций рабочих органов [3].

К рабочим органам площадкоделателей предъявляются следующие основные требования. Они должны подготавливать полотно площадки на склоне горизонтальным, независимо от продольного и поперечного наклона агрегата; разрыхлять и перемещать почву вниз по склону без ее разбрасывания; равномерно рыхлить по-

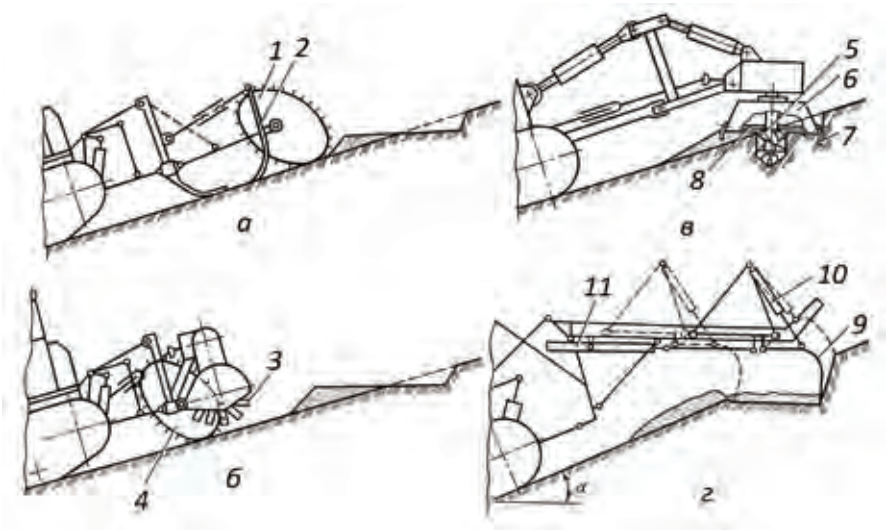


Рис. 1. Кинематические схемы привода рабочих органов площадкоделателей: *а* — с пассивным приводом; *б*, *в* — с активным механическим приводом; *г* — с активным гидравлическим приводом; 1, 4 — опорно-копирующие колеса; 2 — отвал; 3 — фрезерный барабан; 5 — лункообразующее устройство; 6 — кожух; 7 — боковые вертикальные ножи; 8 — радиальные ножи; 9 — рыхлительные зубья; 10 — гидроцилиндр поворота зубьев; 11 — гидроцилиндр перемещения зубьев

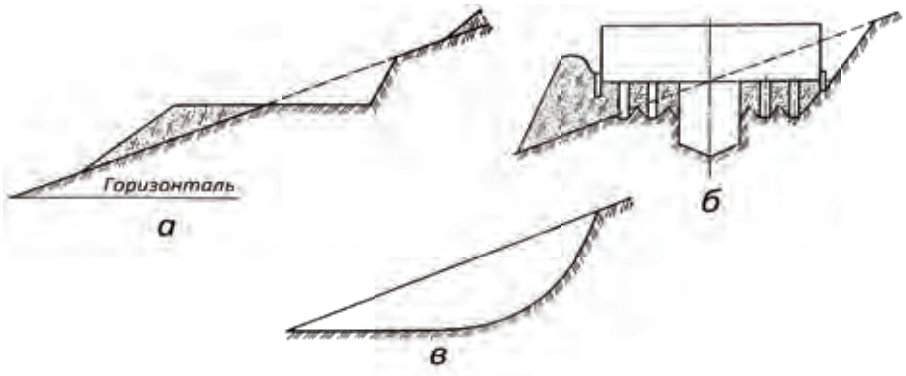


Рис. 2. Технологические схемы подготовки площадок различными площадкоделателями: *а* — с горизонтальной осью вращения рабочего органа; *б* — с вертикальной осью вращения рабочего органа; *в* — с приводом рабочих органов от гидроцилиндров

лотно площадки на глубину до 20 см; одновременно со строительством площадки производить подготовку посадочного места для лесных культур.

По принципу действия рабочие органы площадкоделателей подразделяются на пассивные, активные и комбинированного действия. Активные, в свою очередь, делятся на рабочие органы с вертикальной и горизонтальной осью вращения и с приводом от гидроцилиндра. По способу строительства площадок — с остановкой агрегата и без его остановки. По форме площадок — для подготовки площадок круглой и прямоугольной формы. По назначению подразделяются на рабочие органы для подготовки посадочных мест и площадок.

В зависимости от назначения и условий применения рабочие органы площадкоделателей имеют различные кинематические схемы привода. Наибольшее распространение на тракторных площадкоделателях получили кинематические схемы привода рабочих органов, представленные на рисунке 1. На рисунке 2 показаны технологические схемы площадок, подготавливаемых различными рабочими органами площадкоделателей [3].

Рабочие органы площадкоделателя (рис. 1, *а*) имеют пассивный привод и представляют собой отвал бульдозерного типа. Заглубление отвала в почву и выглубление производится с помощью опорно-копирующих колес специальной формы. Рабочие органы (рис. 1, *б*, *в*) имеют пассивный привод от ВОМ трактора, а рабочие органы (рис. 1, *г*) — от выносных гидроцилиндров.

При работе на задернелых тяжелых почвах рабочие органы (рис. 1, *а*) не обеспечивают формирование качест-

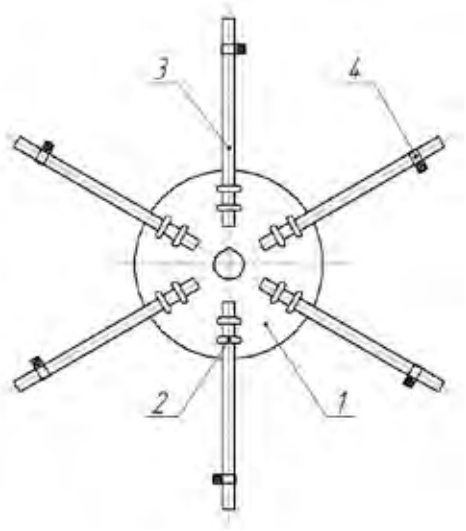


Рис. 3. Рабочий орган площадкоделателя вокруг пней

венного профиля: вырезаемая почва недостаточно хорошо крошится и сгруживается перед отвалом. Этот недостаток устранен в рабочих органах (рис. 1, *б*), выполненных по типу фрезерного барабана с горизонтальной осью вращения. Фрезерный барабан состоит из нескольких отдельных секций с радиально установленными ножами. Каждая секция снабжена индивидуальным предохранительным устройством. Ножи могут иметь различную форму: Г-образную, долотообразную, тарельчатую и др. Сверху над фрезерным барабаном устанавливается кожух, а впереди — заградительный щит.

Рабочий орган (рис. 1, *в*) с вертикальной осью вращения включает устройства для образования лунок и формирования площадки. Лункообразующее устройство обычно выполнено из однозаходного шнекового бура с перкой. Устройство для формирования площадки состоит из кожуха с боковыми вертикальными ножами, радиальных ножей, рыхлительных зубьев и защитного экрана. Однозаходный шнековый бур с перкой, внедряясь в грунт, подготавливает посадочное место (лунку). Рыхлительные зубья предварительно рыхлят почву, облегчая работу радиальных ножей, которые режут почву и перемещают ее вовнутрь кожуха и насыпную часть площадки. Кожух и защитный экран предназначены для формирования профиля площадки. Для уменьшения трения кожуха о почву по его периметру симметрично устанавливают боковые режущие ножи.

Для работы на вырубках в горных условиях, а также на тяжелых почвах с наличием каменистых включений, применяют рабочие органы (рис. 1, *г*) с приводом от гидроцилиндров. В качестве рабочих органов приняты рыхлительные зубья, которые установлены на общей каретке, с изогнутой по форме стойкой и с перемычками между ними. Между рыхлительными зубьями в их нижней части на определенной высоте устанавливают поперечные подрезающие ножи. В начальный момент под действием одного гидроцилиндра зубья, поворачиваясь по криволинейной траектории, заглубляются в почву и формируют выемочный откос площадки. Затем другим гидроцилиндром производится перемещение зубьев по направлению к трактору. При этом движении формируются выемка и насыпь площадки [3].

Анализ конструкций рабочих органов современных площадкоделателей показал, что они не приспособлены для подготовки площадок вокруг пней, формирование которых необходимо для снижения абразивного износа режущих элементов машин для измельчения пней, возникающего в результате их взаимодействия с частицами почвы.

Для удаления почвы вокруг пней и их очистки в зоне пиления с целью понижения пней ниже уровня поверхности почвы предлагается рабочий орган (рис. 3) с гибкими элементами. Он состоит из четырех секций, в каждой из которых имеется диск 1. К диску при помощи хомутов 2 крепятся гибкие рыхлящее-сдирающие элементы 3 в виде кусков троса длиной 275 мм и диаметром 16 мм. Для предотвращения быстрого изнашивания и размочаливания тросов их нижние концы подвергаются спайке и упрочнению на высоту 3...5 мм и охватываются хомутами 4. Частота вращения рабочих органов — 300...400 об/мин [4].

Очищенные пни впоследствии подвергаются измельчению машинами для понижения пней.

Литература:

1. Пельтек В. В. Механизация и автоматизация лесомелиоративных работ на мелкоконтурных горных и овражно-балочных склонах [Текст]: обзор. информ. / В. В. Пельтек // Организация лесохозяйственного производства, механизация, охрана и защита леса. — М.,1990. — Вып. 3. — С. 1–17.

2. Ханбеков И. И. Лесовосстановление и рубки в горных лесах [Текст] / И. И. Ханбеков. — М.: Агропромиздат, 1987. — 159 с.
3. Механизация обработки почвы под лесные культуры [Текст] / П. П. Корниенко, Ю. М. Сериков, В. Ф. Зинин и др. — М.: Агропромиздат, 1987. — 247 с.
4. А.с. 2496294, МКИ A01 G 23/00. Площадкоделатель [Текст] / И. М. Бартенев, Е. В. Поздняков (РФ). — № 2012144913/13; заявл. 22.10.12; опубл. 27.10.13, Бюл. № 30 — 5 с.

9. ТРАНСПОРТ

Технология разведочного бурения на нефть и газ с бурового научно-исследовательского судна

Гамсахурдия Георгий Ражденович, доктор технических наук, директор
ООО «Фугро Инжиниринг» (г. Москва)

Вайнерман Михаил Ильич, генеральный директор
ОАО «ЦКБ «Лазурит» (г. Нижний Новгород)

Басович Дмитрий Владимирович, главный инженер
ООО «Акватик-БТ» (г. Москва)

Бачурин Алексей Андреевич, заместитель главного конструктора
ОАО «ЦКБ «Лазурит» (г. Нижний Новгород)

Введение

Наша страна во второй половине XX века имела существенный мировой приоритет в области изучения строения коры Земли научным сверхглубоким бурением, что позволило получить новые научные данные по закономерностям образования и расположения месторождений рудных ископаемых, оценить перспективы нефтегазоносности глубинных слоев земной коры.

Программа изучения недр Земли бурением глубоких и сверхглубоких скважин, принятая в бывшем СССР в конце шестидесятых годов прошлого столетия, кроме научных задач по изучению земной коры, имела и практическое направление, связанное с поиском полезных ископаемых на больших глубинах. Почти все глубокие и сверхглубокие скважины, пробуренные по этой программе (Кольская, Уральская, Криворожская, Саатлинская, Тюменская и др.), были заложены в основных нефтегазоносных и рудоностных районах Советского Союза и дали конкретные направления поиска полезных ископаемых. Кольская СГ-3 имеет глубину 12 262 м и до настоящего времени остается самой сверх глубокой скважиной в мире.

Наша страна, опережая другие страны в области исследования глубинного строения континентальной земной коры, значительно отстаёт от них в исследовании строения дна океана. Мировой океан занимает 71,6 % поверхности Земли и представляет собой кладовую нефти и газа, хранящихся под его дном. Более 16 млн. квадратных километров морской акватории, оцениваются геологами как перспективные для поисков месторождений углеводородов. Особенно перспективным в этом направлении является шельф арктических морей. Для России, занимающей огромную территорию арктического шельфа, его изучение и освоение собственными силами, является не только научной и практической задачей, но и носит международный геополитический характер.

Поэтому, создание буровых научно-исследовательских судов отечественного производства, несмотря на затратный характер, является важнейшей задачей, требующей реализации в кратчайшие сроки.

1 Основные технические характеристики нового бурового научно-исследовательского судна

В настоящее время ОАО «ЦКБ «Лазурит» по контракту с Министерством промышленности и торговли РФ выполняет опытно-конструкторскую работу по «Разработке концептуального проекта большого морского бурового научно-исследовательского судна для Арктики».

Буровое научно-исследовательское судно (НИС) согласно техническому заданию предназначено для бурения глубоководных научно — исследовательских скважин (ГНИС) в Мировом океане, включая арктические и антарктические моря, с целью изучения строения Земли, разведки полезных ископаемых, а также выполнения разведочного бурения на нефть и газ.

На буровом НИС, в соответствии с назначением, предусмотрено две технологии бурения:

– бурение ГНИС бурильной колонной без использования водоотделяющей колонны (райзера);

– разведочное бурение на нефть и газ с применением райзера и установкой блока подводно-устьевого оборудования на дне.

В настоящей статье рассмотрена технология разведочного бурения на нефть и газ с применением райзера и установкой блока подводно-устьевого оборудования на дне. Сведения по технологии бурения без использования райзера приводятся как поясняющие или в контексте с описанием технологии с применением райзера.

Буровое НИС представляет собой однокорпусное судно со стальным корпусом, с двойными бортами и двойным дном, с ледокольной носовой оконечностью, с носовым расположением надстройки жилого блока и рулевой рубки, со средним расположением буровой вышки, бурового и технологических комплексов и научно-исследовательских лабораторий, с кормовым расположением машинного отделения, с дизель-электрической энергетической установкой, с двумя маршевыми винто — рулевыми колонками с винтами в насадках, с тремя носовыми и двумя кормовыми подруливающими устройствами по типу «винт в трубе» и вертолетной площадкой в кормовой части судна.

Общее расположение бурового НИС представлено на рисунке 1.

Основные технические характеристики бурового НИС:

- длина наибольшая, м 140,0;
- длина по КВЛ, м 131,7;
- ширина наибольшая, м 27,0;
- высота борта до главной палубы, м 12,0;
- осадка по КВЛ, м 8,0;
- водоизмещение полное, т около 20400;
- дедвейт, т около 9000;
- мощность ЭУ, МВт 4 х 5,0;
- мощность ВРК, МВт 2 х 7,5;
- скорость хода, уз 16,0;
- мощность ПУ, кВт 5 х 2 х 1250;
- ледопроходимость, м 1,0;
- автономность, сутки 60;
- экипаж, чел 52;
- научно-технический персонал, чел 58;
- площадь научно-исследовательских лабораторий, м^2 1100;
- класс РМРС — КМ★Arc5 PC6 [2] AUT2 DYNPOS-3 POSIMOOR-TA EPP ANTI-ICE ECO-S HELIDESK-F WINTERIZATION (-40) Drilling ship.

Схема размещения бурового оборудования и запасов расходных материалов приведена на рисунке 2.

В средней части судна расположена буровая вышка, в которой установлены: кронблок, талевый блок с верхним силовым приводом, перемещаемым по вертикальным рельсам. В подвышечном пространстве на буровой палубе размещен пост бурильщика, буровые лебедки, ротор, автоматизированные ключи для свинчивания бурильных труб, а также лебедки керноприемников и каротажного оборудования. В нос от буровой вышки на 2-й палубе размещается трюм для секций райзера, в корму запасы обсадных и бурильных труб. В носовой части на главной палубе расположены научно-исследовательские лаборатории, под ними в трюме — кернохранилища. В кормовой части за буровой вышкой в трюме размещены технологические комплексы приготовления цементных и буровых растворов. Между буровой и главной палубами под вышкой организовано помещение для размещения крупногабаритного оборудования: воронки повторного ввода, подводного устьевого оборудования, блоков направляющего раструба. В центре судна в трюме врезана буровая шахта.

Особенностями бурового комплекса и конструкции бурового НИС являются:

- выполнение буровой вышки закрытого типа (со съемными закрытиями от непогоды);
- выполнение буровой шахты увеличенного размера для размещения вспомогательного крупногабаритного оборудования (выдвижных частей направляющего раструба и устройств их выдвижения);
- применение якорной системы позиционирования со скручивающимися якорными линиями для удержания судна носом против направления внешних воздействий (льда, течения, ветра);
- выполнение рецесса на главной палубе под размещение блока противовыбросового оборудования — блока преверторов.

2. Основные требования к технологии бурения глубоководных скважин

В качестве основных для технологии бурения с применением райзера и установкой блока подводно-устьевого оборудования на дне приняты следующие требования:

- технология бурения с применением райзера должна обеспечивать исследования и разведку нефтяных и газовых месторождений с выполнением всех требований технической и экологической безопасности бурения на нефть и газ;
- комплектация блока противовыбросового оборудования должна быть выполнена из превенторов с минимальным количеством секций, обеспечивающих проход обсадных труб для дальнейшего углубления скважины после ее монтажа;
- технология бурения с применением райзера должна предусматривать использование наиболее современных образцов бурового оборудования для перспективных буровых судов, разрабатываемых за рубежом:
- применение верхних силовых приводов;
- применение роторов со съемными вкладышами, обеспечивающими большой диаметр проходного отверстия;
- применение автоматических буровых лебедок с режимом активной компенсации вертикальных перемещений судна при качке;
- применение наиболее надежного и испытанного оборудования для блока противовыбросового оборудования, системы натяжения и телескопического компенсатора райзера.

3. Последовательность технологических операций при бурении глубоководных скважин с бурового НИС с применением райзера

Последовательность выполнения с бурового НИС главных технологических операций применительно

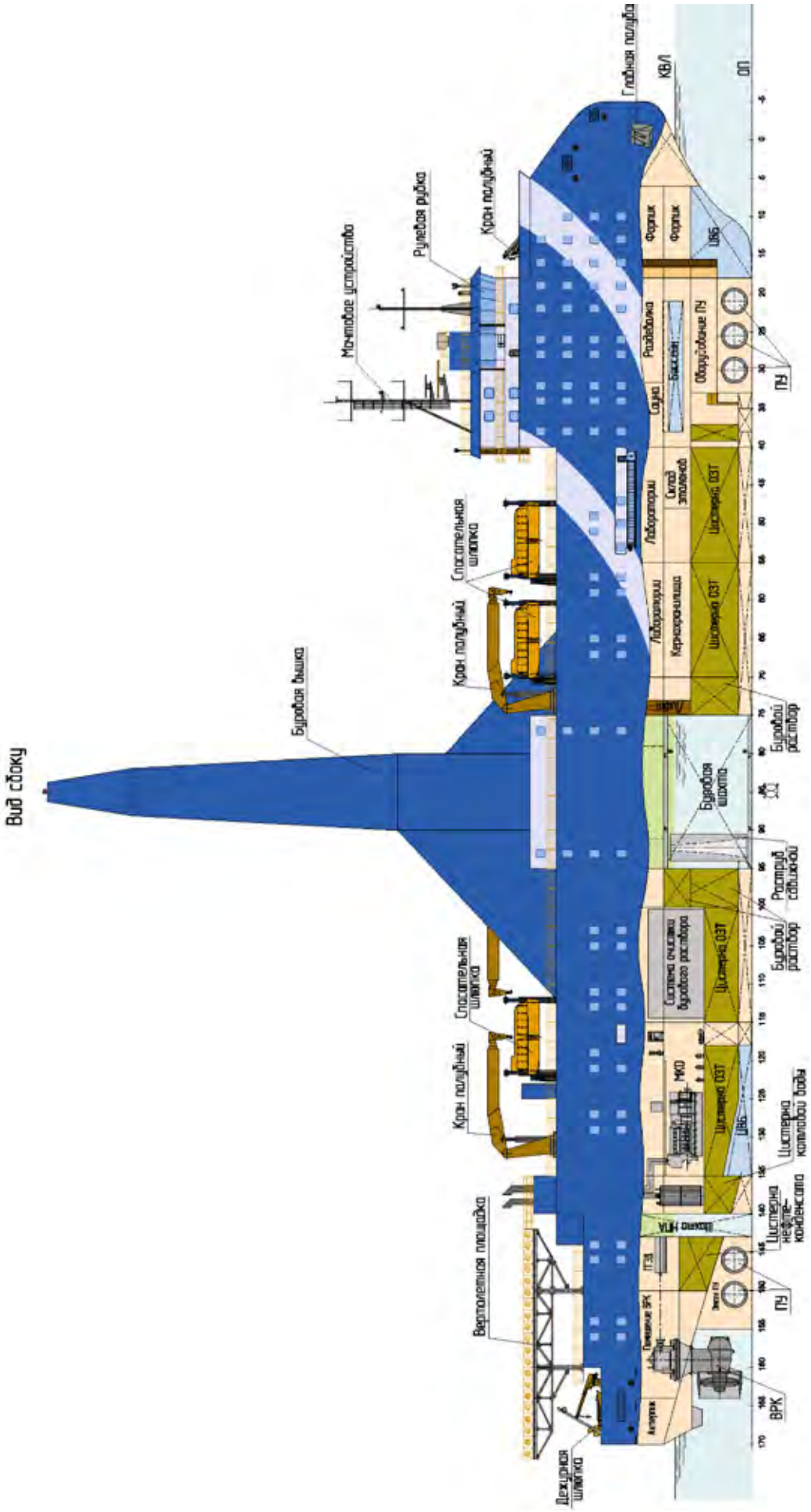


Рис. 1. Общее расположение бурового НИС

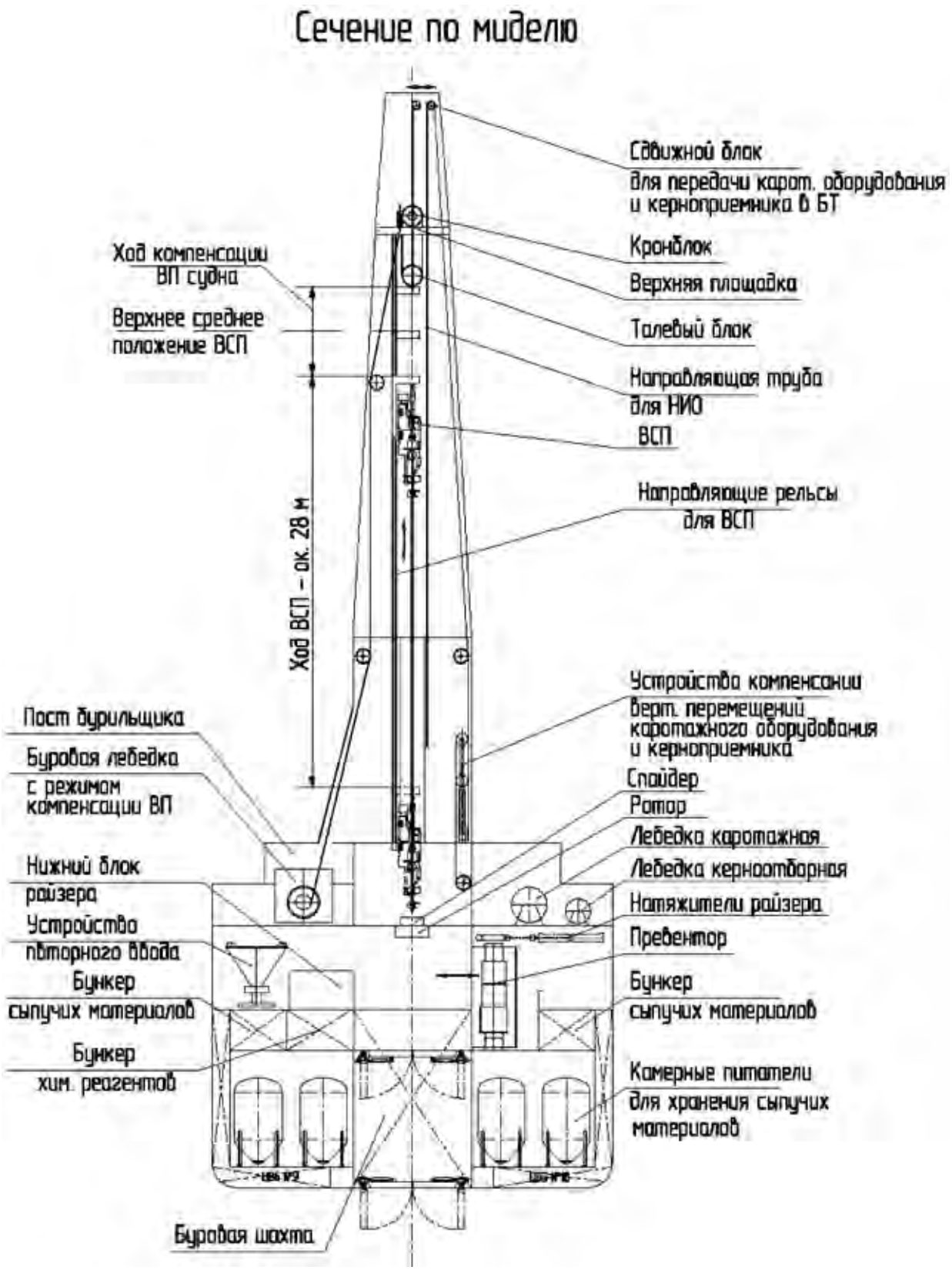


Рис. 2. Схема размещения бурового оборудования и запасов расходных материалов

к строительству скважин с применением райзера и установкой блока подводно-устьевого оборудования на дне:

– спуск направления в сборе с воронкой повторного ввода осуществляется на бурильных трубах;

– заглубления направления в грунт под действием собственного веса сборки. При встрече с более плотными или твёрдыми породами продолжение заглубления направления производится путём размыва породы с по-

мощью насадок не вращающегося бурового долота, установленного на бурильных трубах внутри направления;

– по достижении проектной отметки производится освобождение бурильных труб от направления;

– бурение под кондуктор осуществляется роторным способом, с выходом бурового раствора (как правило, забортной воды) и шлама на дно. Кондуктор спускается на проектную отметку в сборе с колонной головкой с помощью бурильных труб, после чего осуществляется процесс его цементирования;

– выполняется спуск и присоединение к кондуктору устройства управления превенторами. Операция контролируется и осуществляется с помощью двух телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА), оснащенных видеокамерами и манипуляторами;

– спуск на райзере и присоединение блока противовыбросового оборудования к устройству управления превенторами. Соединение выполняется с помощью двух ТНПА;

Приведенная последовательность операций соответствует наиболее эффективным процедурам, которые используются при строительстве глубоководных скважин с современных буровых судов.

После присоединения блока противовыбросового оборудования и райзера к устройству управления превенторами или непосредственно к колонной головке кондуктора, создание комплекса подводного устьевого оборудования может считаться законченным, и последующая технология бурения и крепления скважины в принципе не отличается от принятой в бурении на суше.

Технология заглубления направления под собственным весом или путём размыва эффективна в илистых или сложенных мягкими породами донных грунтах, имеющих достаточную мощность (50–100м) для закрепления направления. Реализация этой технологии требует предварительного исследования структуры дна путём бурения мелких опорных скважин (инженерная геология).

Для грунтов с твёрдыми или перемежающимися породами, описанная выше технология создания подводного устьевого оборудования неприемлема. В этом случае заглубление направления может производится по технологии, предложенной отечественными специалистами [2].

На рисунках 3–5 приведены принципиальные схемы установки направления морской скважины в перемежающихся по механическим свойствам донным породах.

Сначала спущенное на бурильных трубах направление погружается в рыхлый грунт дна моря под действием собственного веса сборки (см. рисунок 3). При этом установленный на бурильной трубе внутри колонны раздвижной расширитель — 5 находится в транспортном (сложенном) положении, а вынос шлама производится по кольцевому зазору между бурильной колонной и направлением. Таким образом, не происходит размыв слабого рыхлого грунта в зоне — 2.

При переходе в твердый грунт — 7, элементы раздвижного расширителя переводятся в рабочее положение (см. рисунок 4) и выполняется бурение с приводом от забойного двигателя — 6, формирующее ствол, диаметр которого больше, чем наружный диаметр направления. Это позволяет довести направление до проектной отметки, после чего расширитель переводится в транспортное положение (см. рисунок 5).

Затем бурильная колонна с забойным двигателем, долотом и расширителем отсоединяются от направления и извлекаются на поверхность, а спущенное направление, опирающееся своим башмаком — 8 на кольцевой уступ — 9, может быть, при необходимости, зацементировано в зоне твёрдого грунта.

В процессе цементирования вытесняемая промывочная жидкость и избыточный цементный раствор из кольцевого пространства за направлением возвращаются через специальные дренажные отверстия в направлении внутрь колонны, предотвращая тем самым размыв слабого грунта за направлением.

Дальнейшие операции по бурению, установке кондуктора, созданию подводного устьевого оборудования, присоединению райзера, спуску и креплению промежуточной, технической колонны и хвостовика производятся в вышеописанной последовательности.

4. Основные технические решения по технологии райзерного бурения

Подводно-устьевое оборудование является ключевым элементом буровых судов, которое обеспечивает связь устья морской скважины с буровым судном.

В состав современного комплекса подводно-устьевого оборудования входят:

водоотделяющая колонна (морской буровой райзер);

верхний комплект оборудования, соединенный с райзером и включающий: телескопический компенсатор, дивертор, гибкую муфту, систему натяжения райзера;

нижний комплект оборудования райзера, в который входит: адаптер, гибкий узел, гидравлический соединитель райзера с блоком подводного противовыбросового оборудования, в состав которого также входит гидравлический соединитель с колонной головкой;

системы контроля и управления превенторами блока противовыбросового оборудования, обеспечивающими защиту окружающей среды от выбросов нефти и газа, и гидравлическими соединителями для отсоединения райзера от блока противовыбросового оборудования при временном уходе судна с точки бурения или в аварийных ситуациях.

4.1 Морской буровой райзер

Морской буровой райзер — это водоотделяющая колонна, состоящая из соединенных между собой отдельных секций, служащая для связи подводного противовыбросового оборудования морской скважины с буровым судном на период проведения буровых работ.

Райзер изолирует скважину от окружающей среды, обеспечивает замкнутую циркуляцию бурового раствора,

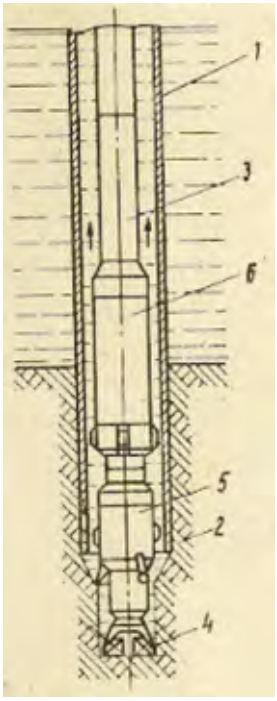


Рис. 3. Погружение направления в рыхлый грунт дна моря под действием собственного веса

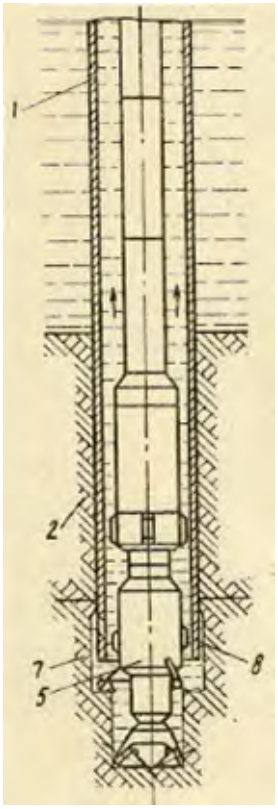


Рис. 4. Погружение направления при бурении ствола расширителем

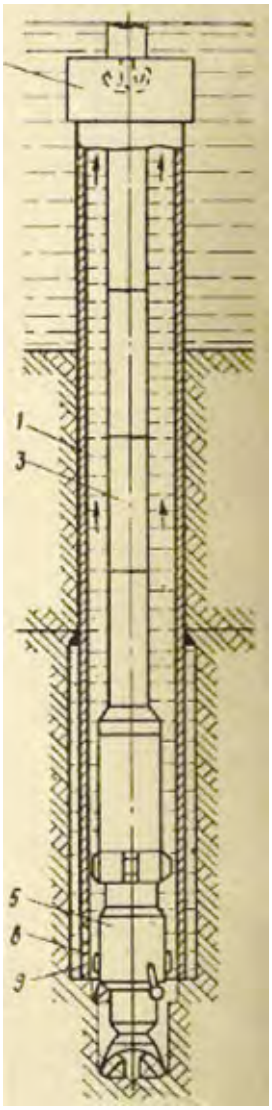


Рис. 5. Доведение направления до проектной отметки и перевод расширителя для подъема бурильной колонны

1 — Илоотделяющее направление; 2 — Рыхлый грунт; 3 — Утяжеленные бурильные трубы и бурильные трубы; 4 — Пилотное буровое долото; 5 — Раздвижной расширитель; 6 — Забойный двигатель; 7 — Твёрдый грунт; 8 — Башмак направления; 9 — Кольцевой уступ забоя.

служит каналом для спуска в скважину бурильных и обсадных труб, геофизической аппаратуры, а так же позволяет управлять элементами противовыбросового оборудования и соединителями через гидравлические и сервисные трубопроводные линии, проложенные по всей длине райзера

Нижняя части райзера соединяется с блоком противовыбросового оборудования, а верхняя часть — с буровым судном.

Секции райзера состоят из главных труб с приваренными к ним ниппельными и муфтовыми фланцами с уплотнительными элементами. На главной трубе и фланцах крепятся трубопроводы сервисных гидравлических линий глушения, дросселирования, а также бустерная линия. Отдельные секции райзера собираются в колонну с помощью фланцевых болтовых соединений или быстроразъемных соединений.

Для снижения веса райзера в морской воде на главной трубе его секций крепятся блоки плавучести, что позволяет снизить общую грузоподъемность системы натяжения водоотделяющей колонны и уменьшить напряжения в деталях райзера и блока противовыбросового оборудования от ударной нагрузки, возникающие при посадке райзера на блок превентора.

Основным материалом для изготовления главных труб и фланцев служит легированная сталь группы прочности L450Q (X-605) с минимальным пределом текучести $б_{0,2}$ = 450 МПа и L555 (X-800) с минимальным пределом текучести $б_{0,2}$ =555 МПа по ISO3183−2007 (ГОСТ Р ИСО 3183−20090). С увеличением глубин моря при бурения

разведочных скважин для снижении веса секций райзера были исследованы возможности использования титановых и алюминиевых сплавов, а также композитных материалов.

Буровой райзер из титанового сплава впервые был разработан компанией RTI и успешно прошел испытания на буровой платформе в Норвежском море. Однако дальнейшего развития это направление не получило из-за высокой стоимости титанового сплава.

Композитные материалы, главным образом, используются для изготовления сервисных линий, что также позволяет существенно снизить вес секции райзера.

Буровой райзер из специального алюминиевого сплава впервые был успешно применён компанией «Noble Leo Segerius» на шельфе Бразилии для бурения с бурового судна при глубинах моря до 1000м [1].

Анализ существующих конструкций райзеров показал, что на проектируемом буровом НИС целесообразно применить райзер из специального алюминиевого сплава разработки ООО «Акватик — БТ» [3, 4].

Конструктивная схема секции алюминиевого бурового райзера разработки ООО «Акватик — БТ» типа АБР показана на рисунке 6.

Технические параметры секций алюминиевого бурового райзера типа АБР представлены в таблице 1.

Применение алюминиевого райзера позволяет уменьшить грузоподъемность вышки до 500 т вместо 800 т, необходимой в случае применения стального райзера, что решающим образом влияет на остойчивость и водоизмещение судна в целом.

Монтаж и демонтаж райзера производится с применением специального оборудования, устанавливаемого на роторе и элеваторе талевой системы.

На роторе устанавливается спайдер с выдвигающимися упорами, на которых устанавливается фланец

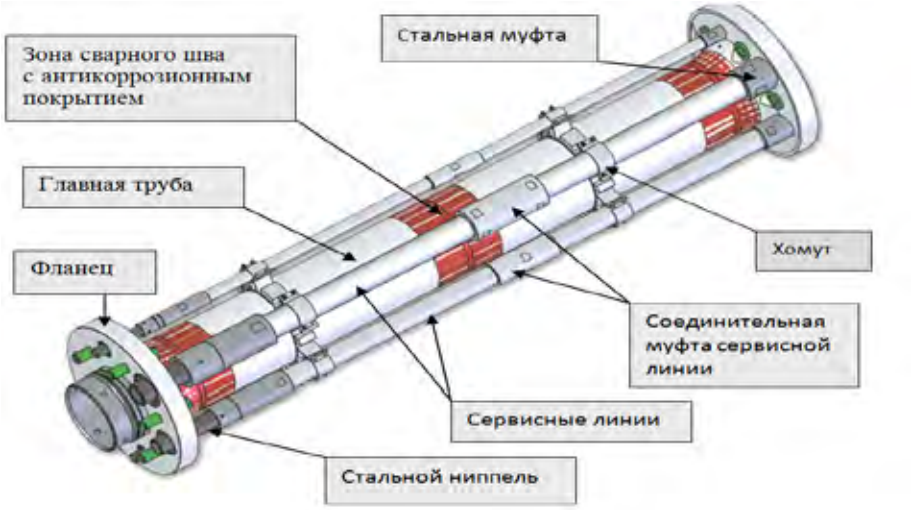


Рис. 6. Конструктивная схема секции алюминиевого бурового райзера типа АБР

Таблица 1

Технические параметры секций алюминиевого бурового райзера типа АБР

Параметры	Единицы измерения	Величина
Главная труба и фланцы		
Наружный диаметр центральной трубы	мм/дюймы	564 мм/22, 2
Толщина стенки центральной трубы	мм	32,5 мм
Внутренний диаметр центральной трубы	мм	499 мм
Наружный диаметр фланцев	мм/футы	1040/41
Длина секции	м/футы	21,35/70
Сервисные линии		
Внутренний диаметр линии:		
— глушения	мм/дюймы	114,3/4,5
— дросселирования	мм/дюймы	114,3/4,5
— бустерной	мм/дюймы	101,6/4
— гидравлической	мм/дюймы	50,8/2
Масса секции	тонны	7,3
Вес секции в морской воде	тонны	около 5,0

Таблица 2

Компоновка бурильной колонны из стальных бурильных труб

Наименование секции	Длина бурильной колонны, м		
	3500	5500	7000
Компоновка низа бурильной колонны, длина, м	160 (∅ 444,5 мм)	160 (∅ 295,3 мм)	160 (∅ 215,9 мм)
DP-5½»x24,70# (139,7x10,54), длина, м	3340	5340	6840
Масса бурильной колонны, т	173,4	256,2	300,9

Таблица 3

Компоновка бурильной колонны из алюминиевых бурильных труб

Наименование секции	Длина бурильной колонны, м		
	3500	5500	7000
Компоновка низа бурильной колонны, длина, м	160	160	160
DP-5½»x24,70# (139,7x10,54), длина, м	140	340	340
ЛБТПН-147x13П, 1980Т1, длина, м	-	-	1500
ЛБТПН-147x13П, 1953Т1, длина, м	3000	4500	4500
DP-5½»x24,70# (139,7x10,54), длина, м	200	500	500
Масса бурильной колонны, т	113,2	166,4	188,7

секции. Спайдер управляется из кабины бурильщика. Для снижения ударных нагрузок между спайдером и ротором размещается амортизационная плита, которая также выполняет роль шарнира.

Для спуско-подъемных операций на элеваторе подвешивается инструмент с ручными или гидравлическим приводом для операций как с отдельными секциями райзера, так и для спуско — подъема всей колонны.

4.2 Бурильные трубы

В основе разработки технологии бурения с бурового НИС с применением райзера лежит применение легкосплавных бурильных труб повышенной надежности (ЛБТПН) из прочных алюминиевых сплавов типа 1953Т1, 1980Т1 (ООО «Акватик-БТ»).

В таблицах 2 и 3 приведены массогабаритные характеристики бурильной колонны из стальных и алюминиевых бурильных труб.

Анализ таблиц 2 и 3 показывает, что бурильная колонна с алюминиевыми бурильными трубами значительно легче бурильной колонны со стальными бурильными трубами, а наибольший вес имеет бурильная колонна длиной 7000 м.

В таблице 4 приведено сравнение бурильных колонн из стальных и алюминиевых труб, а также необходимые характеристики бурового оборудования.

Сравнительный анализ расчетных параметров бурильной колонны из стальных труб и алюминиевых труб показывает, что при использовании комбинированной бурильной колонны с алюминиевыми бурильными трубами в сравнении со стальной за счет меньшего ее веса можно получить:

– снижение крутящего момента на приводе вращения бурильной колонны при бурении в 2,18 раза;

– уменьшение нагрузки на крюке при подъеме бурильной колонны — в 2,10 раза;

– увеличение запаса прочности бурильной колонны на 57 %;

– уменьшение потерь давления в циркуляционной системе скважины.

4.3 Блок противовыбросового оборудования

Противовыбросовое оборудование предназначено для герметизации устья морских нефтяных или газовых скважин в процессе их строительства и ремонта с целью безопасного ведения работ, предупреждения выбросов нефти и газа, охраны недр и окружающей среды.

При бурении глубоководных морских скважин противовыбросовое оборудование выполняется в виде отдельного блока, который присоединяется к колонной головке на кондукторе, зацементированного в устье скважины. С противоположной стороны блок противовыбросового оборудования соединяется с нижним комплексом оборудования райзера.

Основное функциональное оборудования блока противовыбросового оборудования это плашечные и универсальные превенторы. В свою очередь, основными техническими параметрами превенторов являются: габаритные размеры, условный проход, рабочее давление и наибольший диаметр проходящего через превентор оборудования или инструмента.

Проход в превенторах должен обеспечить пропуск долота диаметром 444,5 мм, которым ведется бурение скважины под спуск первой после кондуктора обсадной колонны 339,7 мм (муфта 365 мм), рабочее давление 69 МПа (10000 фут/кв. дюйм).

В соответствии с «Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности» ПБ 08–624–03 при бурении

Таблица 4

Сравнение бурильных колонн из стальных и алюминиевых труб

Расчетные параметры напряженно-деформированного состояния бурильной колонны и потери в циркуляционной системе скважины	Вариант компоновки бурильной колонны	
	Стальные трубы	Алюминиевые трубы
Вес бурильной колонны в буровом растворе плотностью 1400 кг/м^3, т	247,3	115,7
Бурение с частотой вращения бурильной колонны 40 об/мин. при нагрузке на долото 15,0 т		
Нагрузка на крюке, т	231,0	100,0
Крутящий момент на приводе вращения бурильной колонны, кНм	34,9	16,0
Минимальный запас прочности бурильной колонны	1,63	2,7
Подъем бурильной колонны без вращения с проектной отметки 7000 м		
Нагрузка на крюке, т	303,8	144,4
Минимальный запас прочности бурильной колонны	1,35	2,13
Спуск без вращения на проектную отметку 7000 м		
Нагрузка на крюке, т	203,9	94,2
Минимальный запас прочности бурильной колонны	2,01	3,25
Гидравлические потери в циркуляционной системе скважины при расходе насосов 30 л/с, МПа		
При роторном бурении	19,7	16,5
При турбинно-роторном бурении	24,9	21,7
Минимальная скорость в затрубном пространстве, м/с	0,17 — в райзере	

Таблица 5

Основные параметры превенторов

Обозначение	Рабочее давление, МПа (kpsi)	Условный проход, мм	Габаритные размеры: Длина/Ширина/Высота, мм	Масса, кг
Shaffer NXT-18 ¾ — Double	70 (10)	476,25	3486/1572/2242	21800
Shaffer NXT-18 ¾ — Single.	70 (10)	476,25	3486/1572/1484	16700
Hydril GL 18−3/4» — 5000 kpsi	35 (5)	476,25	Диаметр корпуса — ф1752 мм Высота — 1657мм	15890

морских скважин на нефть и газ блок противовыбросового оборудования должен иметь три или четыре превентора, в том числе один универсальный, один с перерезывающими глухими плашками и два с трубными плашками.

В связи с тем, что отечественная промышленность превенторы для подводных блоков противовыбросового оборудования с необходимыми параметрами и сами блоки противовыбросового оборудования с полной комплектацией оборудования, включая системы контроля и управления не выпускаются, предлагается оснастить блок противовыбросового оборудования для проектируемого бурового НИС следующими превенторами:

– универсальный превентор Hydril Annular BOP GL 18-¾» 5,000 psi 18 ¾» с уплотнителем (см. рисунке 6);

– одиночный плашечный превентор Shaffer® Ram Blowout Preventer NXT-18 ¾» — 10K Single;

– сдвоенный плашечный превентор Shaffer® Ram Blowout Preventer NXT-18 ¾»-10K Double с фланцевыми соединениями (см. рисунок 7).

Основные параметры превенторов приведены в таблице 5

Для уменьшения высоты межпалубного пространства и уменьшения высоты буровой вышки над КВЛ признано целесообразным блок противовыбросового оборудования разместить в рецессе на главной палубе на уровне первой платформы, на этом же уровне устанавливается верхнее закрытие буровой шахты.

Заключение

1. Предложенная технология райзерного бурения на нефть и газ с бурового НИС обеспечивает бурение скважин с длиной бурильной колонны до 7000 м при глубинах моря до 1000 м.

2. В основе технологии бурения с использованием лежит использование:

– алюминиевых бурильных труб типа ЛБТПН и райзера из алюминиевого споава типа АБР разработки ООО «Акватик-БТ»;

– блока ПВО с минимальным количеством секций превенторов в составе сдвоенного плашечного превентора типа Shaffer NXT-18¾» Double, одиночного плашеч-



Рис. 6. Универсальный превентор Hydril Annular BOP GL 18-¾» 5,000 psi 18 ¾»

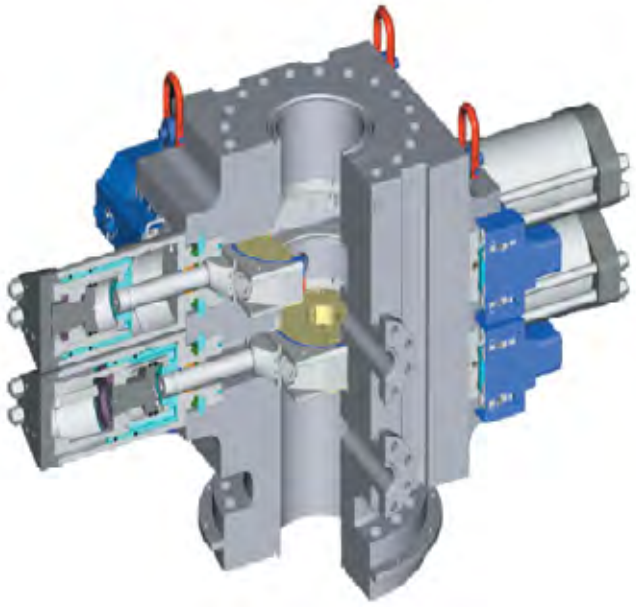


Рис. 7. Сдвоенный плашечный превентор Shaffer® Ram Blowout Preventer NXT-18 ¾»-10K Double

ного превентора типа Shaffer NXT-18¾» Single и универсального превентора Hydril GL-18¾»;

– применение основного бурового оборудования последних лет разработки для перспективных буровых судов.

Литература:

1. Deul H., Prosser T., Rhone B. «Aluminum-alloy riser extends driller's reach into deeper water». Oil & Gas Journal — July 7, 2003 — стр. 53–56.
2. Авторское свидетельство № 876946 на «Способ установки направления морской скважины в перемежающихся по механическим свойствам грунтах и устройство для его осуществления»
3. Гамсахурдия Г. Р. Геофизические и петрографические исследования земной коры океанического типа при глубоководном научном бурении. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Тверь, 1999 г.
4. Отчет по СЧОКР Буровое и вспомогательное оборудование. — ООО «Акватик — БТ», 2013 г. — 169 с.

К вопросу о составе отработавших газов дизелей

Сексенбаева Рысты Базаралиевна, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой;
Данияров Нурлан Асылханович, доктор технических наук, доцент, старший преподаватель;
Жалгасбеков Абзал Зарубаевич, кандидат технических наук, доцент, старший преподаватель;
Минбаев Жигер Сансызбаевич, магистрант
Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (г. Астана)

XVII век явился переломным пунктом развития промышленности. Наряду с металлообрабатывающей и горнодобывающей промышленностью в 1765 году Н. Н. Ползуновым создан первый тепловой двигатель, а уже в 1860 году Ленуар создал промышленный двухтактный двигатель внутреннего сгорания. В 1827 году Отто построил четырехтактный газовый двигатель с расходом топлива вдвое меньше, чем в двигателе Ленуара. Началось промышленное производство двигателей. В 1898 году завод Нобеля в Петербурге купил патент у Дизеля и создал совершенно новый тип двигателя с воспламенением от сжатия.

Дальнейшее совершенствование двигателя, за сравнительно короткий промежуток времени, позволило создать их большое разнообразие. Созданы двигатели, работающие на различном топливе, с разными способами смесеобразования и многообразием конструктивных исполнений как цилиндро-поршневой группы, так и всего двигателя. В настоящее время миллионы двигателей внутреннего сгорания работают на передвижных машинах и стационарных установках.

Однако человечество, получив столь мощный и универсальный преобразователь энергии, получило и источник загрязнения среды своего обитания. При сгорании в двигателе одной тонны дизельного топлива в атмосферу выбрасываются с отработавшими газами (ОГ) 60кг NO_x, 8кг CO, 3кг C_xH_y, 2–6кг SO_2 и другие токсичные компоненты. Суммарный выброс токсичных веществ транспортными средствами настолько велик, что он представляет собой угрозу для окружающей среды и здоровья человечества. Здоровье человека находится в прямой зависимости от состояния окружающей среды, поэтому мировое сообщество вынуждено было принять законодательные меры, ограничивающие выброс в атмосферу токсичных компонентов с ОГ двигателей.

Первые юридические документы, ограничивающие содержание вредных компонентов в ОГ, выбрасываемых в атмосферу двигателями, были разработаны в 1959 году в США [1, с. 32]. Такие документы с 1969 года начал принимать и ряд развитых европейских государств, а в настоящее время практически все государства имеют законодательную базу по ограничению токсичности ОГ. Принятые меры позволили значительно снизить выброс двигателями токсичных компонентов в атмосферу. Однако проблема до конца не решена, и двигатели внутреннего сгорания продолжают засорять атмосферу ОГ, которые содержат токсичные компоненты в количестве, во много раз превышающем санитарные нормы.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха ОГ особо остра при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в местах с ограниченным воздухообменом: шахтах, тоннелях, пакгаузах, цехах и т. д.

Стремление преодолеть трудности, связанные с загрязнением рудничной атмосферы токсичными компонентами, привело к проведению широких исследований по изысканию способов обезвреживания ОГ двигателей внутреннего сгорания. Многочисленными научно-исследовательскими организациями, производственными предприятиями и санитарно-гигиеническими учреждениями проведены и проводятся целые комплексы исследований в этой области.

ОГ являются неотъемлемой частью процесса превращения химической энергии топлива в механическую работу двигателя внутреннего сгорания. Воздух из атмосферы в такте всасывания поступает в цилиндры двигателя, а в такте выпуска — выбрасывается из него в виде ОГ. При этом в состав ОГ входят не только токсичные продукты неполного сгорания топлива, но и токсичные компоненты, образовавшиеся в результате рабочего цикла двигателя.

Концентрация токсичных компонентов в ОГ в значительной степени зависит от конструктивных особенностей дизеля, его регулировок и технического состояния, а также условий эксплуатации. Меньшее количество токсичных компонентов в ОГ содержится у четырехтактных дизелей с разделенной и полураздельной камерами сгорания. Среднее содержание основных токсичных компонентов в ОГ дизелей и их допустимые концентрации в рабочей атмосфере приведены в таблице 1.

Всего в составе дизельных твердых частиц идентифицировано около 1000 соединений [7, с. 95], многие из которых являются агрессивными или токсичными веществами, что в сочетании с высокой дисперсностью частиц и значительными их выбросами делает эмиссии твердых частиц чрезвычайно опасными для здоровья человека и животных, состояния растений, почвы, атмосферы и различных сооружений.

Наибольшее внимание в настоящее время приковано к органической фракции дизельных твердых частиц, так как в ней содержатся вещества, оказывающие наиболее глубокое воздействие на живые организмы, что выражается в возникновении мутаций и канцерогенезе. К таким веществам относятся полициклические ароматические углеводороды, их окси- и нитропроизводные, а также гетероциклические соединения., содержание которых в ОГ

Таблица 1

Основной состав отработавших газов дизелей и допустимые нормы содержания их в атмосфере

Наименование компонента и химическая формула	Молекулярная масса, г	Содержание в ОГ дизелей, % об.	ПДК по ГОСТ 12.1.005–76, мг/м³	Коэффициент пересчета в % об., 0,00243:М	ПДК, % об.
Кислород, O_2	32	2–18	-	-	-
Азот, N_2	28	76–78	-	-	-
Пары воды, H_2O	18	0,5–4,0	-	-	-
Диоксид, CO_2	44	1–10	-	-	-
Оксид углерода, CO	28	0,01–0,9	20	$8,7 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Оксиды азота в пересчете на NO_2	46	0,001–0,5	5	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
Акролеин, CH_2=CH-CHO	56	0,0002–0,0015	0,2	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-6}$
Акролеин, CH_2=CH-CHO	56	0,0002–0,0015	0,2	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$9 \cdot 10^{-6}$
Сернистый ангидрид, SO_2	64	до 0,003	10	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$
Формальдегид, CH_2O	30	0,0001–0,0025	0,5	$8,1 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Углеводороды, C_xH_y	-	0,009–0,5	-	-	-
Сажа, C	12	0,01–1,1г/м³	-	-	-
3,4-бензпирен	-	до 0,01мг/м³	0,00015	-	-

и твердых частицах может достигать значительных величин. Так, например, выбросы бенз (а)пирена могут составлять 0,05–6,2мг/кг сжигаемого топлива или 5,4–8,6мг/м³ ОГ [8, с. 54].

Адсорбированные на поверхности твердых частиц продукты неполного окисления топлива являются оксидантами. Их длительное воздействие на животных и человека также приводит к очень тяжелым последствиям, в частности, к нарушениям деятельности кровеносной, нервной, дыхательной и иммунной систем.

Неорганические соединения, входящие в состав дизельных твердых частиц, являются, в основном, токсичными веществами. Сульфаты, например, гидролизуясь, образуют серную кислоту, даже микроколичества которой способны вызвать патологические изменения в органах и тканях, такие как, например, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей [9, с. 115].

Общее воздействие дизельных твердых частиц на человека и животных выражается в ухудшении состояния организма, снижении его резистентности, возникновении различных патологий, особенно органов, непосредственно соприкасающихся с материалом твердых частиц, таких как органы дыхания, кожа, зрительный анализатор.

Многообразное неблагоприятное воздействие оказывают твердые частицы дизельных ОГ и на флору планеты. Именно ей за последние 100 лет нанесен наибольший экономический ущерб в связи с загрязнением окружающей среды [10, с. 41]. Твердые частицы нарушают протекание многих жизненноважных процессов в растениях, что приводит, в конечном итоге, к снижению их биомассы, уменьшению выделения кислорода, а также накоплению токсичных веществ в различных органах растительных механизмов.

Последствия воздействия мутагенных веществ и, в частности, ряда соединений, обнаруживаемых в твердых частицах, на микроорганизмы трудно прогнозировать, хотя несомненно, что они могут представлять серьезную опасность для существования многих биологических видов.

Твердые частицы наносят вред множеству абиогенных объектов. Например, отложения сажи на поверхности архитектурных сооружений, памятников и т.д. ухудшают внешний вид городов, способствуют разрушению строительных материалов, вызывают коррозию металлических конструкций. Снижение выбросов твердых частиц всего лишь на 1мкг/м³ дает экономический эффект за счет уменьшения ущерба от загрязнений строительных конструкций в размере от 37 до 102 млн.дол., а за счет уменьшения расходов, связанных с коррозией и разрушением различных материалов, — 102 млн.дол. [11, с. 64].

Высокое содержание сажевых частиц в атмосфере снижает прозрачность воздуха непосредственно на транспортных магистралях, влияет на состояние нервной системы и зрительного анализатора водителя, что в совокупности с высокой насыщенностью движения является фактором повышения риска возникновения аварийных ситуаций на дорогах.

ОГ от двигателя, попадая в атмосферу, быстро перемешивается с воздухом и за короткое время достигает зоны дыхания человека. Основная часть ОГ (98–99,5%) безвредна и состоит из азота, кислорода, водяных паров и т.д. Остальная, казалось бы, незначительная часть (2–0,5%) содержит ряд химических соединений (табл.1), которые и оказывают столь пагубное действие на окружающую среду и здоровье человека. Например, содержание оксида углерода в ОГ дизелей составляет 0,01–0,9%, а содержание данного компонента в зоне дыхания человека по санитарным нормам не должно превышать 0,0017% объема. Если же в зоне дыхания человека содержится 0,01% объема оксида углерода, то происходит хроническое от-

равление человека, а при содержании в воздухе 0,05% объема слабое отравление наступает через один час.

Содержание в ОГ других токсичных компонентов также превышает санитарную норму в десятки и сотни раз. Поэтому при работающем дизеле всегда существует опасность загрязнения окружающей среды токсичными компонентами. Особенно это опасно при эксплуатации дизеля в местах с ограниченным воздухообменом.

Для разбавления ОГ до санитарных норм необходимо подавать свежий воздух. Потребное количество свежего воздуха, необходимое для разбавления отработавших газов до безопасных концентраций, можно определить по выражению:

$$K_p = CO/[CO] + NO_2/[NO_2] + SO_2/[SO_2] + \cdots + n/[n] \quad (1)$$

где K_p — необходимая кратность разбавления;

CO, NO_2, SO_2,..., n — содержание данного компонента в ОГ, % об.;

$[CO]$, $[NO_2]$, $[SO_2]$,..., $[n]$ — санитарные нормы этого же компонента для атмосферы, % об.

Физический смысл K_p означает, во сколько раз необходимо разбавить ОГ свежим воздухом, чтобы он стал безвредным. Например, если в отработавших газах объемная доля оксида углерода равна 0,01–0,9%, то на каждый кубический метр выхлопа необходимо подать от 6 до 500м^3 свежего воздуха. Для оксидов азота кратность разбавления будет составлять до 2000 раз, т.к. санитарная норма их равна 0,00026% об., а содержание их в ОГ до 0,5% об.. Если учесть, что в ОГ дизелей содержатся несколько десятков токсичных компонентов, то суммарная кратность разбавления их свежим воздухом будет настолько велика, что осуществить ее по техническим и экономическим причинам в подземных условиях практически невозможно [12, с. 14], [13, с. 48]. Поэтому для уменьшения содержания токсичных компонентов в ОГ, после выброса их из двигателей, используется различная газоочистительная аппаратура [14, с. 77]. Разработаны каталитический, жидкостный, пламенный, термический и другие типы нейтрализаторов [15, с. 64], [16, с. 128], [17, с. 204]. Для очистки ОГ в некоторых случаях используют сорбенты, которые устанавливают на машинах в виде отдельных блоков. Наибольшее распространение в мировой практике получили каталитические и жидкостные нейтрализаторы различных модификаций. Нейтрализаторы выпускаются во многих странах мира для различных типов двигателей внутреннего сгорания.

Литература:

1. Якубовский Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды. — М.: Транспорт, 1979. — 198 с.
2. Holtz Jahn C. «Safe use of Diesel Eguipmeht in Underground metal mines». Can.Min.Jorn.Vol.79, N9, September, 1958, p.p.107–110.
3. Joural of the African Institute of Mining and Metallurgy, 61, 152–182, 1960.
4. Crook A.E. «Safety of Undergraund transport Frans of the Inst of min.End.Vol 112. Part II 1953, August, p.p.865–885.
5. Huttion Ray.Part I. Pollition — Industry takes the NO. «Auto car», 1971, 135, N3947, 20–23.
6. Ананьин Г.П., Голутвин В.А., Завьялов Л.Н., Арсланов Н.К. Автомобильный транспорт при подземной разработке полезных ископаемых. — М.: Недра, 1973.
7. Жуков Г.И., Шевченко П.Л., Бондаренко В.Г., Смайлис В.И., Вышнин А. Сравнительная оценка токсичности отработавших газов дизелей типов ЯМЗ-236/238 и Deutz F8L714. // Автотракторные двигатели: Сб., N5, вып.52, Омск, 1974.
8. Смайлис В.И. Малотоксичные дизели. — Л.: Машиностроение, 1972. — 127 с.
9. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. — М.: Машиностроение, 1973. — 190 с.
10. Доклады участников симпозиума «Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути ее снижения». Под ред. Варшавского И.Л. — М.: Наука, 1966.
11. Жуков Г.И., Шериев А.А., Иванов В.Н. Снижение загазованности рудничной атмосферы. // Безопасность труда в промышленности. — 1986. — N3.
12. Жуков Г.И., Теплых Б.А. Экономический эффект использования каталитических нейтрализаторов. // Безопасность труда в промышленности. — 1985. — N11.
13. Пред.патент Р.К. N2228. Устройство для предотвращения проникновения отработавших газов в салон транспортного средства / Жуков Г.И., Макашев Б.К., Жакенов Г.К. (РК). — N8206; Заявл. 31.05.94; Опубл. в Бюл. «Промышленная собственность», 1995, N3 (10).
14. Способы нейтрализации отработавших газов дизелей / Тез.докл. I-й научно-технической конференции по вопросам увеличения эксплуатационной работоспособности автомобилей. — Жезказган, 1976.
15. А.с. СССР N 273955. Нейтрализатор отработавших газов / Жуков Г.И., Башилов Ю.Б. (СССР). — N1240013; Заявл. 13.05.68; Опубл. в Б.И., 1970, N34.
16. А.с. СССР N 389276. Способ нейтрализации выхлопных газов / Жуков Г.И., Сагитов Ж.С., Башилов Ю.Б., Газизов Д.Х. (СССР). — N1619434; Заявл. 11.02.71; Опубл. в Б.И. 1973, N29.
17. Попова Н.М. Катализаторы очистки выхлопных газов автотранспорта. — Алма-Ата: Наука, 1987. — 224 с.

10. АРХИТЕКТУРА

Особенности деревянного храмового зодчества Кубани и Черноморья конца XVIII — начала XX вв.

Береговина Надежда Борисовна, аспирант
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Следы христианства на территории будущего Древнерусского государства и в сопредельных землях восходят к апостольскому времени. [1, с. 37] Канонически подчиненные Константинопольской Церкви, в Северном Причерноморье образовывались епархии, способствовавшие интенсивному распространению православной веры начиная с IVв.

Археологические памятники, частично сохранившиеся, Зеленчукские и Архызские храмы, возведенные в Хв. напоминают о раннем периоде существования христианства на Северном Кавказе. В 1910 г. известный историк Ф.А. Щербина в своих трудах упоминает об этих культовых сооружениях: «Лучшими свидетелями прошлого местной церковной истории служат многочисленные исторические памятники древнего христианства, разбросанные по Кубанской области. В ущельях р.р. Зеленчука и Теберды и близ Хумаринского укрепления сохранились до нашего времени древнехристианские храмы и развалины от них». [2, с. 580] Относительно причин, касающихся угасания христианской веры в пределах рассматриваемой территории, в итоге, замещенной исламом, существуют правдоподобные, но пока только предположения окончательно не проясншие этот вопрос.

«Таким образом, между древнем христианством, несомненно имевшим место в Кубанской области, и последующим его появлением, вместе с появлением здесь русского населения, не было ничего общего и какой-либо связи. Черноморские казаки, занявшие край, принесли с собой христианскую религию и обычаи и должны были заново строить храмы, обители и обзаводиться духовенством» — подчеркивает Ф.А. Щербина. [2,582]

Запорожье, организованное по принципу независимой автономной области, признававшей только внутреннее казачье самоуправление, деструктивно влияло на идею абсолютизма самодержавной власти императрицы Екатерины II, результатом чего становится полное разрушение Запорожской Сечи в 1775 г. Через несколько лет сложная военно-политическая обстановка в Российской Империи способствует возрождению казачества. Будущее Черноморское войско было основано на базе войска верных казаков, сложившегося из части бывших запорожцев и вольнонаемных лиц, атаманом которых особым указом назначается Сидор Белый в 1788 г.

Православное казачество начинает осваивать Кубанские земли в конце XVIII в. Параллельно с черноморцами в 1794 г. донские казаки, мелкими общинами, начинают заселять так называемую Старую Линию Кубанской области, при основании станиц предпочитая децентрализованный способ поселения. Кубанский казачий полк, организованный из трех тысяч донских и волжских казаков, по среднему течению реки Кубань основывает шесть станиц. Выходцы с Дона, расселяясь на территориях Волги, Терека, Урала привносили на новое место уже сформировавшийся уклад казачьей жизни и свои характерные строительные приемы.

А. Лазарев в своих исследованиях на тему деревянных храмов в Подонье ставит вопрос о существовании «донского стиля» основываясь на выведенных им закономерностях. Этот автор утверждает, что в основе формирования архитектурного образа самобытного типа южного деревянного храма, окончательно сложившегося к концу XVII в. лежит политическая независимость региона, заселенного донскими казаками, внешние дипломатические вопросы которых решались через Посольский приказ, когда внутренние, в том числе касающиеся строительства православных храмов, ограничивались местным самоуправлением.

«Очевидно, вначале шел подбор новых конструктивных материалов. В этом качестве выступает древесина, запасы которой в предгорьях Кавказа, на Кубани, в южной части Приазовья и в Подонье были велики» — пишет А. Лазарев. [3, с. 70]

В книге кубанского историка Ф.А. Щербины встречается следующее описание: «Иным характером отличались отношения властей и населения к тем угодьям, которые имелись у войска в ограниченном количестве. К числу таких угодий принадлежали леса. Черномория была чисто степным краем; лесов в ней почти не было и, очевидно, и население, и начальство должно было дорожить этим видом угодий. Второго марта 1794 г. войсковой атаман З.А. Чепига, после объезда края по Кубани, нашел леса опустошенными, требующими охраны и строгого контроля вырубки». [2, с. 563]

Относительно характеристик «донского стиля» А. Лазарев в своей статье опирается на следующие выводы:

Основным строительным материалом при возведении деревянных храмов в станицах, расположенных вдоль Дона и его притоков, становится древесина дуба в виде пластин (расщепленный надвое круглый лес).

В отличие от срубленных церквей северной и северо-восточной территорий России, деревянные церкви в Подонье имели каменный фундамент, для которого нередко использовались известковые каменные блоки, обтесанные до формы правильной прямоугольной призмы.

В объемно-планировочном решении, помещения храма последовательно размещались вдоль вытянутой продольной оси, расположенные друг за другом в строго соответствующем христианским канонам порядке. По характеру организации внутреннего пространства, срубленные церкви, устроенные по принципу крестово-купольной схемы, являлись бесстолпными, так как деревянные конструкции перекрытий не требовали дополнительных опор.

В архитектурном облике храмов Подонья встречаются отступления от классического построения здания по продольной и поперечной осям, в виде ассиметричного решения алтарной части сооружения.

Тот же автор отмечает нетипичный подход донских зодчих в композиционных приемах, использованных при формировании объемно-пространственного облика здания. Подчиняясь иерархии объемов по габаритным параметрам и назначению помещений, центральной доминантой становится молитвенный зал, представленный башней, сложенной из трех, четырех и пяти «восьмериков», поставленных друг на друга ступенчатой формой пирамидальной конструкции с уменьшающимися вверх массами, эффектно организуя силуэтную линию храма вдоль ее вертикальной оси. Общая площадь восьмерика в сравнении со стандартной квадратной конструкцией, имевшей в среднем площадь 36–40 м^2, давала преимущество в дополнительных 50–60м^2. Объемно-пространственная композиция, скомпонованная из нескольких восьмериков вдоль продольной оси восток-запад, предоставляла возможности в сторону увеличения общей площади застройки, когда как форма восьмигранника обеспечивала оптимальные аэродинамические качества необходимые в условиях сильных ветровых нагрузок степной зоны.

Переведенными на Кубань казаками Хоперского полка в 1799–1802гг., в «донском стиле» возводился войсковой кафедральный собор во имя Воскресения Господня крепости г. Екатеринодара. В краеведческих исследованиях, проведенных В.П. Бардадымом, определены некоторые факты, касающиеся строительства войскового деревянного храма: «Выстройка сей церкви говорилось в договоре, заключенном с подрядчиками, — должна быть крестообразно мерою с алтарем в длину, ширину и в вышину 50 аршин, с колокольней в длину и ширину по 18, а в вышину сколько по пропорции и архитектуре потребуется». Храм должен быть построен «самой искуснейшею топорною, пиляною и струганою прочною работаю» и окончен ровно через год. [4, с. 3]

В статье В.В. Бондаря отмечено: «Храм во имя Воскресения Господня был деревянным, сложенным из сосновых бревен и «ощелеванным», столпным, шестиглавым, составлявшим в плане латинский крест. Каждый из шести восьмигранных столпов выполнен трехъярусным, верхние ярусы которых отделялись от нижних сомкнутыми сводами, покрытыми железной кровлей. На сводах верхнего яруса помещались железные главки луковичной формы, увенчанные крестами. Между собой столпы были связаны на уровне первого яруса. Строительство храма велось под руководством сотников Войска Донского Степана Николаева и Федора Гусельщикова». [5, с. 271]

Для качественного освещения помещений церкви было предусмотрено прорубить 73 оконных проема. В средней стене молитвенного зала храма были устроены хоры. На первоначальном этапе строительства деревянного войскового собора во имя Воскресения Господня не был заложен каменный фундамент.

Архивный документ, помеченный февралем 1864 г. касается итогов освидетельствования состояния войскового собора во имя Воскресения Господня, простоявшего на тот момент в г. Екатеринодаре уже 62 года. В контексте акта упомянуто: «Екатеринодарской крепости Воскресенский деревянный сборный храм, имеет три придела и примыкающую к церкви колокольню. Длина и ширина храма 17 2/3 саж., а колокольни 6 1/6 саж., высота средней части от горизонта земли до маковки креста 19 саж. План храма представляет изображение греческого креста; постройка рублена из сосновых бревен толщиной в 4 вершка на дубовом основании, положенном под стенами и полами в два ряда, а под серединою крестообразно, на бревенчатых стульях. Среди многих обветшавших конструкций и деталей храма, требующих немедленной замены, комиссией выявлено: наружные стены значительно осели, как и деревянные стулья, на которых основано здание храма. В связи с чем, было сделано предложение, подвести под капитальные стены собора каменный или кирпичный фундамент». [6, с. 241] Окончательно обветшавшее храмовое здание во имя Воскресения Господня разобрали в 1879 г.

Историк В.В. Бондарь определяет стиль, в котором выстроен войсковой деревянный храм во имя Воскресения Господня, как распространенный в храмовом зодчестве Малороссии и Дона в XVII–XVIIIвв. яркий пример «украинского барокко», проведя параллели между екатеринодарским Воскресенским собором и храмом во имя Воскресения Господня старой столицы донских казаков — Черкасске (1719 г.), Свято-Троицким собором в городе Новомосковске Екатеринославской губернии (1781 г.), собором Медведовского монастыря в Поднепровье (вторая половина XVIIIв). [5, с. 270–271]

В основе стилистики украинского барокко, господствовавшей в архитектуре Южной и Западной Украины в конце XVII — первой половине XVIIIвв., использованы



Рис. 1. Войсковой собор во имя Воскресения Господня в крепости г. Екатеринодара

мотивы западноевропейского барочного зодчества и ренессанса совмещенные с традиционными приемами русского православного храмового строительства, выработанного веками.

Рождение украинского барокко принято связывать с обновлением киевских и черниговских храмов домонгольского времени при митрополите Петре Могиле и его приемниках. Обрушившиеся или обветшавшие своды храмов зачастую перекладывались куполам, придавалась характерная грушевидная или бутонообразная форма, на монументальные крестовокупольные сооружения накладывался дробный барочный декор. [8, с. 2]

Несмотря на то, что схема церковного здания, заимствованная с христианством, претерпела на русской земле значительные изменения, прототипом являлся византийский тип храма, историческая преемственность которого связана со стилистикой украинского барокко.

В.В. Бондарь обозначив стиль екатеринодарского войскового кафедрального собора во имя Воскресения Господня, построенного донцами, как «украинское барокко», предопределяет византийскую модель архитектурного влияния, делая ее неизменным ядром в формировании самобытного стиля деревянной архитектуры южного региона России в конце XVIII–XIX вв.

Проследить возникновение и развитие на Руси искусства весьма трудно: исторически слагалось дело так, что постоянно мешало то или иное политическое положение мирному процветанию искусств, то на нас влияли норманны, то византийцы, то татары, то поляки. [7, с. 269]

Исследователь А.Лазарев, введя термин «донской архитектуры» для храмов южной части российских территорий, итогом исторической подосновы зарождения стиля, определяет завоевание русских земель монголами, обосновав причину произошедшего обновления строительных решений, в том числе, для культового зодчества у местного христианского населения естественным для этого этапа ослаблением традиционных связей с южными славянами. В результате, византийский тип храма утратил свое господствующее положение на этой территории в период XIII–XVII вв. А.Лазарев выполнил сопоставительный анализ между возведенными одновременно храмовыми постройками в Приазовье и Подонье — с одной стороны, и в городах Московского государства — Киеве, Пскове, Новгороде, Твери, Суздале, Владимире, Рязани — с другой, позволивший ему как потвердеть самобытность зодчества в исследуемой территории, так и утверждать о существовании «донского стиля», зарождению и становлению которого, невольно способствовала Золотая Орда. [3, с. 74]

Первые временные церкви, построенные на землях Черноморского казачьего войска, возводились в большинстве деревянными зданиями, устроенными на каменном фундаменте. К 1831 г. было возведено 49 церквей и 9 молитвенных домов.

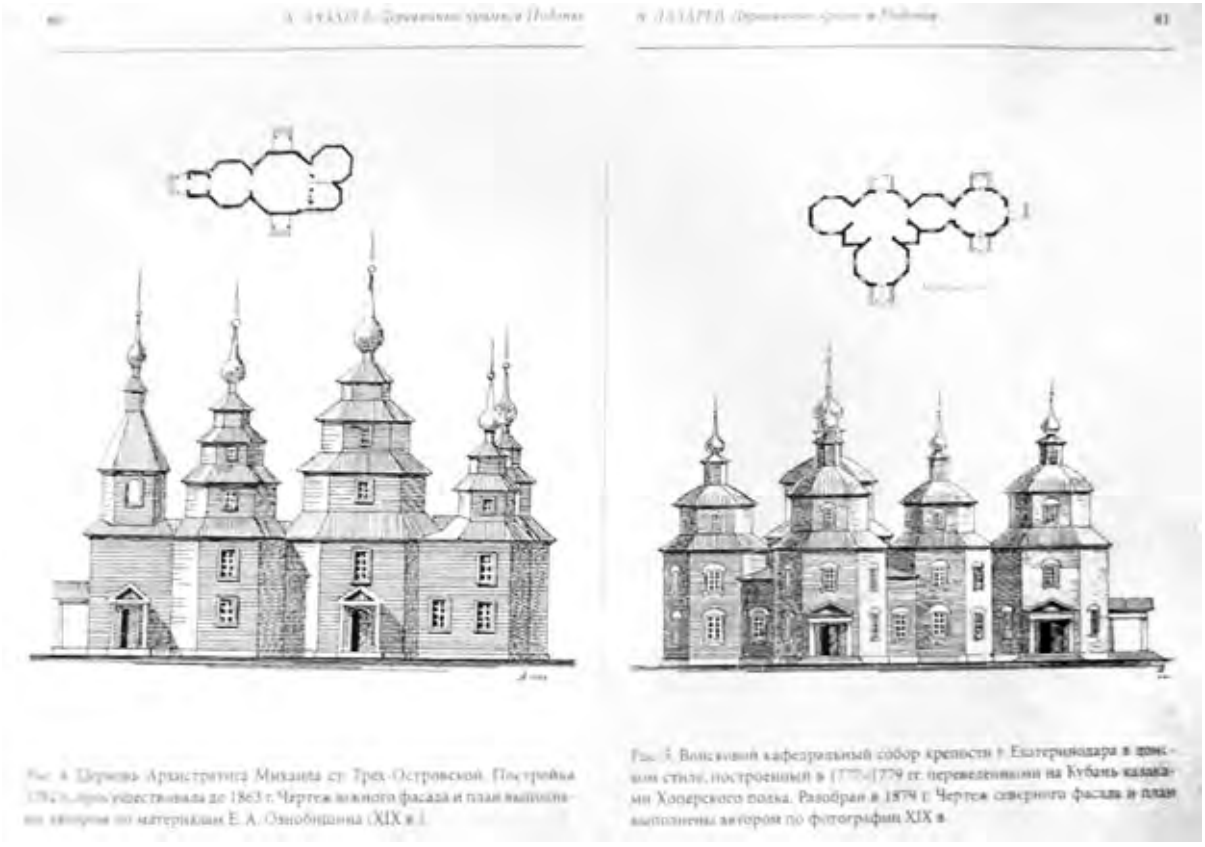


Рис. 2. Храмы в «донском стиле» из иллюстраций к статье А. Лазарева

В 1799 г. одной из первых была построена деревянная церковь во имя Трех Святителей в Уманском куренном поселении (станица Ленинградская Краснодарского края). Для строительства за неимением лучших строительных материалов, испытав дефицит строевого леса и камня, была использована древесина тополя, вербы и осокори — малопригодных пород деревьев для проведения подобных работ. С обветшанием прежней церкви в 1827 г. казаками подано прошение о строительстве второго храмового здания во имя Трех Святителей, которое было удовлетворено. В этот раз церковное здание с одной главкой было возведено на каменном фундаменте, стены срублены из соснового леса с обшивкой сосновыми досками. [9, с. 10] В 1845 г. к церкви пристраивают колокольню, которая сгорает вместе с храмом в 1898 г.

Кубанская область с центром в Екатеринодаре была образована указом императора Александра II от 8 февраля 1860 г. Только в период 1860–1862гг. было основано 38 новых станиц. В начале XX в. в Кубанской области насчитывалось уже 363 храма (каждый четвертый из них был построен каменным или кирпичным). [6, с. 152]

В архивных документах, относящихся к тому периоду, встречаются следующие факты:

В контракте, заключенном поздней осенью 1861 г., купцом первой гильдии Н. Н. Плотниковым с войсковым правлением Кубанского казачьего войска на постройку трех новых деревянных церквей на каменном фундаменте и цоколе в станицах Отрадной, Попутной и Бесскорбной, отмечено: «Окончить строительство храмов в 1864 г. Постройку упомянутых церквей произвести из годного леса местных пород дерева. По плану храмы должны быть следующих размеров: 9 арш. в квадрате, длина трапезной 15 арш., ширина 9 арш.; в алтаре длина 9 арш., ширина 6 арш.; в приделах длина 9 арш., ширина 4 ½ арш. и сени под колокольнею длина 9 арш., ширина 5 ½ арш. с лестницею: высота стен церкви от цоколя со щипцом 30 арш., работы должны быть производимы во всем согласно с сметою и планами». [6, с. 230]

Исключением среди церквей того периода, в основном, возводимых деревянными на каменном фундаменте, в границах территории современного Отрадненского благочиния, являлся храм в честь Архангела Михаила, построенный в станице Надежной в 1861 г. на деревянном фундаменте и церковное здание в станице Передовой, воздвигнутое на деревянных столбах, пространство между которыми было заложено камнем.

Весной 1868 г. жителями станицы Северской Абинского полка войска Кубанского подается прошение о строительстве здания церкви, в котором упомянуто, что на совместно оговоренных условиях, мещанин И. К. Попов обязуется построить академической работы церковь из местных пород леса соснового или дубового, на указанном месте, согласно проекту и утвержденной сметы. [6, с. 274]



Рис. 3. Проект реконструкции деревянной церкви в честь Рождества Пресвятой Богородицы ст. Пшехской

В отчете о состоянии церквей 13-го благочинного округа Кубанской области от 22 февраля 1908 г. станицы Лабинской сказано: «Кирпичных церквей три: Успенская в станице Лабинской, Покровская в станице Владимирской и Евдокиевская, приписанная к станице Каладжинской. Остальные церкви деревянные. Станичные церкви строились в период 1855–1886 гг. с пособием от Кубанского казачьего войска в 9000 руб., на каждую церковь почти по одинаковому плану». [6, с. 289] В подобном же отчете 12-го благочинного округа, представленного от станицы Курганной, помеченным февралем 1916 г., встречается упоминание о приходских храмах, построенных в 1865–1869 гг. местными обществам с дотацией деньгами в 9000 рублей от войска Кубанского. [6, с. 318]

«Близь станицы Белореченской случайно были открыты в 1869 г. развалины древнего христианского храма» — пишет Ф. А. Щербина [2, с. 580] Православное казачество также внесло свой вклад, построив на землях ныне МО Белореченского района, четыре деревянных храма в проектном отношении идентичных друг другу. Три церковных здания сохранились до наших дней. В 1860 г. была построена деревянная крестообразная по плану церковь в честь Покрова Пресвятой Богородицы в станице Гурийской. В настоящий момент, чтобы предотвратить полное разрушение деревянных стен храма, их обшили шифером. Деревянная церковь в честь Рождества Пресвятой Богородицы в станице Пшехской построена в 1871 г.[1] Выразительным объемно-планировочным приемом и декоративной особенностью восточного фасада скромного и небольшого здания является пятигранная апсида с арочными окнами, прорезанными на каждой грани. В плане имеет форму вписанного креста. В 1882 г. был построен храм в честь Покрова Пресвятой Богородицы в станице Бжедуховской. Деревянная церковь в честь Рождества Пресвятой Богородицы села Великовечного была сожжена после революции 1917 г.

Со времен переселенцев, деревянные храмы возводились по всей территории Черноморского казачьего войска, а позднее Кубанской области, от многих ничего не сохранилось, но чудом уцелевшие являют собой ценные архитектурно-исторические свидетельства и образцы деревянного зодчества южного региона середины XIX — начала XX вв. Деревянная церковь, посвященная христианскому празднику Богоявления Господня, станицы Калининской — один из таких сохранившихся храмов.

Из 38 запорожских куреней, пришедших на Кубань из Приднестровья в составе Черноморского казачьего войска в конце XVIII в., бывший Поповичевский курень определен исторической подоплекой зарождения станицы Калининской Калининского района Краснодарского края. В связи со складывающейся военной ситуацией, несколько раз территориально изменяя месторасположение Поповичевского куреня, в 1807 г. его окончательно размещают на р. Понуре, где спустя два года (в 1809 г.) возводится деревянная церковь во имя Богоявления Господня с колокольней. Положением о Черноморском казачьем войске в 1842 г. было закреплено три округа на территории войсковой земли, куренные поселения преобразовали в станицы. В этот период Поповичевский курень становится станицей Поповичевской, спустя много лет, осенью 1957 г. переименованную в Калининскую.

В южной части станицы, на месте прежнего храма, в 1855 г. возводится на каменном фундаменте новая деревянная церковь во имя Богоявления Господня.

Современный архитектурный облик деревянного храма во имя Богоявления Господня сформировался в три этапа. Периоды существования храма подробно изучались в момент историко-архитектурных исследований церкви во имя Богоявления Господня, проведенных под руководством архитектора-реставратора И.Г. Семеновой. Первоначально храм был квадратный в плане с пятигранным алтарем и трехъярусной колокольней. В 1878 г. к церкви

[1] Указывается еще одна дата строительства церкви в честь Рождества Пресвятой Богородицы ст. Пшехской Белореченского района — 1862г.



Рис. 4. Деревянный храм во имя Богоявления Господня ст. Калининская[1]

пристроили правый придел во имя апостола Матвея, а в 1900 г. — появился левый во имя Святого Великомученика Пантелеймона. Все здание было обшито тесом и под него подведен кирпичный цоколь. В интерьере пяты арок опирались на литые чугунные столбы, которые декорировались капителями композитного ордера. Колокольня, алтари, восьмигранные световые барабаны и приделы храма завершались шатрами, увенчанными маковками. Оконные проемы с трапециевидной конфигурацией в их верхней части обрамлялись деревянными наличниками с резным очельем. Отдельно от церкви была построена деревянная сторожка. В архивном документе, приложенном к авторским записям И.Г. Семеновой, упомянуто, что в июле 1910 г. специальной комиссией освидетельствована церковь во имя Богоявления Господня станицы Поповичевской: «Богоявленская церковь — деревянная, на кирпичном фундаменте, снаружи обшита тесом и покрашена масляной краской, такою же краской окрашена и внутри, покрыта железом, окрашенным зеленою масляною краской. Длина церкви, считая и колокольню, одиннадцать саженей и два аршина (около 25м), наибольшая ширина одиннадцать сажень и один аршин (около 23, 5 м.), высота до верха карниза две сажени и один аршин (около 5 м.). На церкви имеются три больших главы и одна малая (над алтарем). Окон больших двадцать семь, дверей: наружных — четверо, внутренних — пять. Колокольня в три яруса, общей высотой от верха карниза четыре сажени и два аршина (около 10 м.) (РГИА, ф.799, оп.33, д.1879, л.53)

Интересно отметить, что в имеющихся описаниях, связанных с церковью во имя св. апостола Иоанна Богослова села Вольного, построенной в 1911 г. в террито-

[1] В статье использованы иллюстрации из фотоальбома И.Платонова «Кубань Православная-Первозванная». (Деревянный войсковой собор в г. Екатеринодаре и церковь в ст. Калининской).

риально ином благочинии, сказано, что храм сооружен по типу большинства прочих церковных зданий этого округа, деревянным на каменном фундаменте с такой же колокольнею, снаружи обшит тесом и окрашен масляной краской.

В формирующемся комплексе храма во имя Богоявления Господня станицы Поповичевской, в 1884 г. была устроена сторожка, расположенная справа от входа в церковь, и представленная образцом деревянного сруба круглого дома не характерного для западной части Кубани в конце XIXв. Постройка, сложенная из пластин, соединенных по углам в замок, возвышающаяся на кирпичном цоколе, имела в длину 8,52 м., ширину 5 м. и высоту 3 м. Деревянное сооружение, в котором прорубили три двери и семь окон, опоясывала с трех сторон, кроме западной, традиционная для кубанской хаты галерея, крытая большими, опирающимися на деревянные столбцы свесами четырехскатной крыши с металлической кровлей.

В 1895 г. была построена церковно-приходская школа, сруб которой, устроенный на каменном фундаменте, выполнили из полуторавершковой еловой доски и обложили снаружи кирпичом. При здании школы, габаритные параметры которой составили в длину 15 м, ширину 8,52 м. и высоту 3,55 м., устроили сарай, стоявший на деревянных столбах, обшитый досками и покрытый камышом. По такому же принципу еще в 1859 г. была построена деревянная церковь в станице Передовой; храмовое сооружение, поставленное на деревянные столбы, покрыли камышом.

В настоящее время церковь во имя Богоявления Господня станицы Калининской имеет сложную композиционную структуру, сформированную непосредственно самим зданием храма, состоящего из нескольких одноэтажных объемов: кафоликона, двух приделов, алтарного помещения и примыкающей к ней четырехъярусной деревянной колокольней. Со стороны каждого из четырех фасадов храмового здания имеются входы. Фундаменты церкви и колокольни — ленточные, выполнены из глиняного полнотелого кирпича на известковом растворе, глубина заложения которого находится в пределах 1 м. от уровня планировки грунта подвала. В основании фундаментов храма и колокольни залегает лессовидная порода черного дерева. Наружные стены церкви бревенчатые, окантованные с внутренней и наружной стороны, имеют толщину 20–22 см. С наружной стороны здание храма обшито досками со скошенными гранями толщиной 3 см. Под всеми помещениями церкви имеется подполье, над которым выполнены деревянные полы по балкам — лагам из бревен, опирающемся на стены и промежуточные кирпичные столбики. Кровля церкви и колокольни выполнена из листовой оцинкованной стали по дощатой обрешетке.

Строительные приемы южных мастеров, использованные в поиске оптимального решения устройства здания храма, опирались как на особые природно-климатические условия, характерные для данного региона, так и на стремление к творческим идеалам, отвечающим исключительно казачьему укладу жизни.

Литература:

1. Православная энциклопедия: Русская православная церковь /Архим. Макарий (Веретенников), И.С. Чичуров// II. Христианство в Причерноморье и на Кавказе/. — Москва, 2000.
2. Щербина Ф.А. История Кубанского Казачьего войска. В 2-х т.-/Репринтное воспроизведение/. — Екатеринодар, 1910.
3. Христианство и христианская культура в степях Предкавказья и на Северном Кавказе / А.Лазарев // Деревянные храмы в Подонье/.
4. Бардадым В.П. Архитектура Екатеринодара. Краснодар, 2002.
5. Дело мира: очерки истории культуры и православия Кубани/ науч.ред. О.В. Матвеев/. — Краснодар, 2009.
6. Православная церковь на Кубани (конец XVIII — начало XX вв.) Сборник документов/Упр. по делам архивов Краснодарского края. Госархив Краснодарского края. Госархив Ставропольского края. Краснодар, 2001.
7. П.П. Гнедич. История искусства. Зодчество. Живопись. Ваяние // т.3 Искусство Западной Европы эпохи Возрождения. Русское искусство/. — Москва, 2004.
8. Украинское барокко — Википедия.
9. Павлоградская Л.Д. Храм Трех Святителей станицы Уманской (Ленинградской). Краснодар, 2008.
10. Авторские материалы исследований церкви во имя Богоявления Господня станицы Калининской ТМ под руководством И.Г. Семеновой. Москва, 2004.

11. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Реализация метрологического эксперимента в информационно-измерительной системе на политетрафторэтилене

Балашов Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Кацуба Дарья Сергеевна, аспирант
Тамбовский государственный технический университет

В статье представлены результаты метрологического эксперимента определения погрешностей измерения температуры структурного перехода в политетрафторэтилене при помощи информационно-измерительной системы.

Ключевые слова: *информационно-измерительная система, температура структурного перехода, характеристики погрешностей.*

Обеспечение высокой точности теплофизических измерений, которые проводятся информационно-измерительной системой (ИИС) [1], а также ее оценка являются важными задачами. Оценить погрешности и характеристики погрешностей результатов измерений можно с помощью метрологического эксперимента [2]. Для его осуществления проведены теплофизические измерения на материале из политетрафторэтилена (ПТФЭ). При проведении метрологического эксперимента определены погрешности конкретных результатов измерения температуры структурного перехода (30 °С) в ПТФЭ, соответствующего превращению гексагональной элементарной ячейки в псевдогексагональную и сопровождающегося эндотермическим эффектом, что может повлиять на технологический режим переработки ПТФЭ в изделия.

Основными характеристиками погрешностей являются: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, доверительный интервал и доверительная вероятность [3]. Математическое ожидание погрешности позволяет не только получить информацию о постоянной составляющей погрешности, но и создает предпосылки для ее корректировки. Для оценки статистических гипотез, связанных с законом распределения, проверяется выборка на нормальный закон распределения с помощью теста Жарка-Бера, который реализован при помощи пакета прикладных программ MATLAB.

Математическое ожидание абсолютной погрешности измерения температуры структурного перехода определяется выражением [2]

$$M\left[\Delta T_j^*\right] = \lim_{N\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta T_j^* \ ,$$

где N — число измерительных экспериментов; ΔT_j^* — абсолютная погрешность температуры структурного перехода.

Среднеквадратическое отклонение абсолютной погрешности измерения температуры структурного перехода рассчитывается по формуле [2]

$$D^{1/2}\left[\Delta T_j^*\right] = \left[\lim_{N\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left(\Delta T_j^* - M\left[\Delta T_j^*\right]^2\right)\right]^{1/2} .$$

Соответствующие характеристики относительной погрешности измерения температуры структурного перехода рассчитываются по следующим выражениям [2]:

$$M\left[\delta T_j^*\right] = \lim_{N\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\delta T_j^* \ ,$$

$$D^{1/2}\left[\delta T_j^*\right] = \left[\lim_{N\to\infty}\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left(\delta T_j^* - M\left[\delta T_j^*\right]^2\right)\right]^{1/2} ,$$

где δT_j^* — относительная погрешность определения температуры структурного перехода.

Предельные абсолютные и относительные погрешности измерения температуры структурного перехода определяются следующим образом:

$$\Delta_{\text{пред}}\left[T_j^*\right] = M\left[\Delta T_j^*\right] + t_{p,\,N\text{-}1}\sigma\left[\Delta T_j^*\right],$$

$$\delta_{\text{пред}}\left[T_j^*\right] = \frac{\Delta_{\text{пред}}\left[T_j^*\right]}{T_{\text{п}}},$$

где $t_{p,\,N\text{-}1}$ — коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $p = 0{,}95$ и числе степеней свободы (N — 1); $T_{\text{п}}$ — температура структурного перехода.

Экспериментальное определение погрешностей и характеристик погрешностей осуществлялось с помощью ИИС, структура которой представлена на рис. 1. Информационно-измерительная система неразрушающего

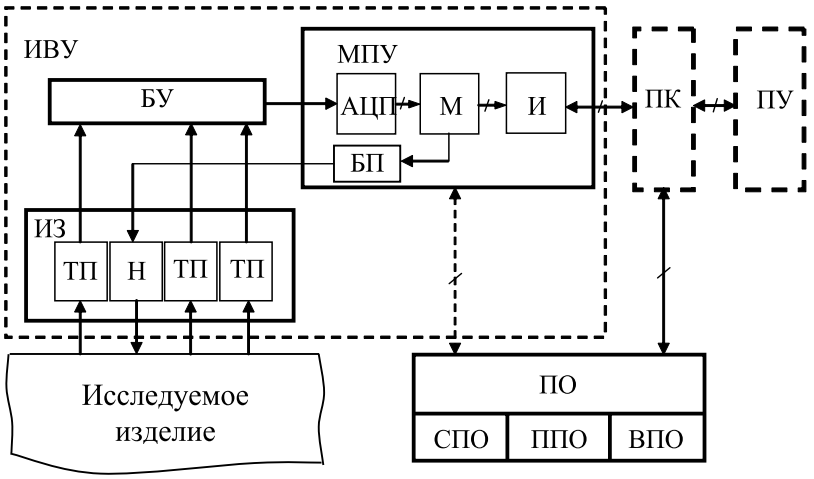


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы: АЦП – аналого-цифровой преобразователь; БП – блок питания; БУ – блок усилителей; ВПО – вспомогательное программное обеспечение; И – интерфейс; ИВУ – измерительно-вычислительное устройство; ИЗ – измерительный зонд; М – микропроцессор; МПУ – микропроцессорное устройство; Н – нагреватель; ПК – персональный компьютер; ПО – программное обеспечение; ППО – прикладное программное обеспечение; ПУ – периферийной устройство; СПО – системное программное обеспечение; ТП – термоэлектрические преобразователи

контроля структурного перехода в полимерах состоит из измерительно-вычислительного устройства, персонального компьютера, периферийных устройств и программного обеспечения. Измерительно-вычислительное устройство включает в себя: измерительный зонд, блок усилителей и микропроцессорное устройство, реализованное на базе одноплатной системы Zila–1000 [4]. Микропроцессорное устройство реализует алгоритмы контроля температурно-временных параметров структурного перехода в полимерах, ведет управление режимами эксперимента и осуществляет передачу необходимой информации в персональный компьютер.

Теплофизические измерения проводились при следующих условиях: радиус нагревателя 4×10^{-3} м; мощность на нагревателе 0,64 Вт; временной шаг измерения температуры 0,5 с; материал подложки измерительного зонда — пенополиуретан; толщина подложки зонда 20×10^{-3} м; толщина исследуемого изделия из ПТФЭ 15×10^{-3} м. Начальная температура опыта 20 °С.

Измерительный зонд (ИЗ) осуществляет посредством нагревателя тепловое воздействие на исследуемое изделие, регистрирует значения температуры в заданных точках поверхности контакта с изделием при помощи термоприемников, усиливает многоканальным усилителем постоянного тока получаемые от термоприемников сигналы до необходимого уровня.

Блок усилителей (БУ) состоит их микроэлектронных операционных усилителей.

В ИВУ [4] использовали универсальный, со средними значениями параметров операционный усилитель К140УД7. Основные параметры: напряжение питания, $U_{\text{пит.}} = 2\times(5...20)$ В; минимальный коэффициент усиления, $K_D = 30000$; потребляемый ток, $I_{\text{п}} = 2{,}8$ мА; напряжение смещения «нуля», $U_{\text{см}} = 9$ мВ; температурный коэффициент напряжения смещения «нуля», $TKU_{\text{см}} = 10$ мкВ/К; входной ток, $I_1 = 400$ нА; разностной входной ток,

$\Delta I_1 = 200$ нА; допустимое значение дифференциального входного напряжения,

$U_{\text{дф max}} = 20$ В; частота единичного усиления, $f_1 = 0{,}8$ МГц; наибольшая амплитуда выходного напряжения, $\pm U_{2m.\max} = 10{,}5$ В; наименьшее сопротивление нагрузки, $R_{2m.\min} = 2$ кОм; входное сопротивление, $R_{D\,\text{вх}} = 0{,}4$ МОм.

Ядром Zila-1000 является микроконтроллер (М) P80CL580 фирмы «Texas Instruments», ориентированный на применение в малогабаритных микропроцессорных устройствах с малым энергопотреблением и высокой производительностью [4]. Память микроконтроллера разбита на три части:

1) оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), предназначенное для записи программ контроля при проведении отладки алгоритма определения температурно-временных параметров структурного перехода в полимерах, хранения экспериментальных данных и переменных;

2) перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), в которое записывается откорректированная и окончательно проверенная программа;

3) постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) с операционной системой контроллера, под управлением которой осуществляется работа микропроцессорного устройства.

В состав Zila-1000 также входят: 12-ти битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на 16 каналов, имеющий защиту от входных перегрузок, жидкокристал-

Таблица 1

Результаты обработки метрологического эксперимента

Погрешности и характеристики погрешностей измерений	Значения
$M\left[\Delta T_j^*\right]$	0,71 °C
$\sigma\left[\Delta T_j^*\right]$	0,05 °C
$M\left[\delta T_j^*\right]$	2,38 %
$\sigma\left[\delta T_j^*\right]$	0,18 %
$\Delta_{\text{пред}}\left[T_j^*\right]$	1,97 °C
$\delta_{\text{пред}}\left[T_j^*\right]$	0,066

лический индикатор (4×20), клавишная клавиатура (4×4), блок управления нагревом (БП), последовательный интерфейс RS-232 для связи с ПК и параллельный интерфейс Centronics [4]. Питание устройства осуществляется от сети 220 В.

Важную роль в ИИС играет системный интерфейс, представляющий собой совокупность технических устройств (преобразователей, коммутаторов, усилителей и т. п.) и правил обмена информацией между составными частями системы, обеспечивающих как совместную работу МПУ и ПК, так и взаимодействие блоков МПУ. Многофункциональный интерфейс ИИС реализован на основе принятых мировых стандартов, что обеспечивает гибкость и высокую надежность разработанной ИИС.

Последовательный интерфейс RS-232 [4] предусматривает двустороннюю передачу информации сигналов по последовательному алгоритму, в котором используется 25-жильный кабель.

В качестве ПК в ИИС используется IBM-совместимый компьютер. Основные функции, выполняемые ПК:

1) реализация алгоритмов контроля температурно-временных параметров структурного перехода в полимерах и управление процессом при функционирования ИИС в лабораторных условиях;

2) создание, загрузка, отладка и тестирование программного обеспечения для МПУ;

3) осуществление сбора и накопления измерительной информации с целью ее последующего использования при реализации методов контроля температурно-временных параметров структурного перехода в полимерах.

Результаты обработки эксперимента на материале из ПТФЭ представлены в таблице 1.

Рассчитанные значения погрешностей соответствуют предельному случаю, характеризующемуся минимальной точностью измерения. Характеристики погрешностей измерения, полученные экспериментально, дают предпосылки для дальнейшей работы по оптимизации конструктивных и режимных параметров ИИС.

Литература:

1. Методы и средства неразрушающего теплового контроля структурных превращений в полимерных материалах [Текст] / Н. Ф. Майникова [и др.]. — Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. — 320 с.
2. Цветков Э. И. Основы математической метрологии [Текст] / Э. И. Цветков. — СПб.: Политехника, 2005. — 510 с.
3. Сергеев А. Г. Метрология [Текст] / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. — М.: Логос, 2001. — 408 с.
4. Балашов А. А. Информационно-измерительная система неразрушающего контроля температурных характеристик структурных переходов в полимерных материалах [Текст] / А. А. Балашов, Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков // Приборы. — 2010. — № 12 (126). — С. 53–57.

Сегмент УФ-печати в провинциальном городе

Бодьян Любовь Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент;
Кремнева Анастасия Владиславовна, студент
Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова (Челябинская обл.)

В статье дано краткое описание технологии УФ печати, приведен анализ ситуации данного вида печати в провинциальном городе (на примере г. Магнитогорска), а также представлены перспективы ее развития.

Ключевые слова: *УФ печать, струйная УФ печать, офсетная УФ печать, УФ краска, струйные УФ принтеры.*

Появившаяся уже довольно давно струйная печать, ранее не могла удовлетворить растущие профессиональные потребности печатников. Изображение, нанесенное на запечатываемую основу, не обеспечивало сочетания идеальной контрастности и максимальной четкости изображения. Кроме того, возможности струйной печати не позволяли получать качественные фотоизображения, особенно это касалось фотовывода на невпитывающие материалы. Из-за несовершенства технологий струйной печати не удавалось сохранить яркость и насыщенность красок изображений на современных рекламных носителях — баннерах, щитах и вывесках, которые предназначались для размещения на улицах из-за воздействия солнечных лучей, влаги и других природных факторов.

Возможности ультрафиолетовых технологий в печати, использующих ультрафиолетовые краски, изменили очень многое. Явление фотополимеризации — отверждение жидких веществ под действием УФ излучения — известно науке с начала прошлого столетия. В промышленности фотополимеры стали использоваться с 40 годов, а в производстве печатных красок — с 70 годов XX века. Сегодня в результате совместных усилий производителей красок и производителей сушильного оборудования УФ-отверждаемые фотополимеризующиеся краски (далее — УФ-краски) завоевывают все новые сегменты рынка. Успех УФ-красок объясняется, прежде всего, их малым временем закрепления, высоким глянцем, хорошей физико-химической стойкостью и экологичностью. Печать возможна практически на любой основе (бумажные материалы, полимерные пленки, баннеры различного типа, стекло, зеркала, текстиль, дерево, керамика и др.), благодаря их хорошей адгезии. УФ краски разработаны для всех основных способов печати: листового и рулонного офсета, флексографии, высокой и трафаретной печати. В последнее время появились фотополимеризующиеся краски для тампонной и глубокой печати. Созданы и УФ-отверждаемые чернила для струйных принтеров. Кроме того, на рынке предлагается широчайший ассортимент УФ-лаков для отделки печатной продукции [1].

Основными компонентами любой УФ краски являются:

– олигомеры (большие молекулы, главным образом определяющие физические свойства краски);

– мономеры (меньшие молекулы, определяющие вязкость краски и качество полимеризации);

– фотоинициаторы (инициируют реакцию полимеризации и определят интенсивность реакции, «срабатывают» при облучении волной ультрафиолетового спектра строго определенной длины. Имеют малую концентрацию в краске);

– присадки (цветовые пигменты, поверхностно-активные добавки, консерванты и т. п.) никак не участвуют и не влияют на реакцию полимеризации, определяют цвет, адгезионную способность, срок годности краски [2].

Химическая природа УФ красок для различных способов печати практически одинакова, они достаточно хорошо сочетаются друг с другом. Различия в красках имеются только в их реологии: вязкие краски применяются в офсетной и трафаретной печати, жидкие чернила — в струйной печати [3].

Такие краски обладают хорошей адгезией к большинству запечатываемых материалов, даже к невпитывающим, при этом они более стойкие к растворителям, чем привычные краски на водной и сольвентной основе. УФ краски очень быстро закрепляются и дают достаточно хороший глянец на оттиске, важно отметить стабильность их физических свойств в жидком состоянии.

Несмотря на наличие определенных недостатков, указанные преимущества и широчайший спектр запечатываемых материалов обеспечивают использование УФ-печати во множестве областях: реклама, в том числе и имеджевая (создание фирменного стиля), упаковка, широкоформатная печать, дизайн интерьера, печать на сувенирах и многое другое.

Если говорить о печати рекламной продукции, как мелкой, так и широкоформатной, следует отметить, что чаще всего используется офсетная УФ печать и цифровая струйная УФ-печать, что нельзя сказать о печати на различного рода сувенирной продукции — здесь применима только струйная технология УФ-печати. Кроме того офсетный способ печати экономически выгоден только при очень больших тиражах — не следует забывать, что мы анализируем ситуацию по небольшому городу, и здесь нецелесообразно говорить о широком применении офсетной технологии [4].

Причин медленного развития офсетной УФ печати немало. Начать можно с того, что техника для неё сложнее,



Рис. 1. Результаты опроса

чем для обычного офсета. Для сушек, особенно финальных, требуется очень мощная вентиляция: УФ лампы включаются, когда уже есть необходимый поток воздуха, а в системе водяного охлаждения надо поддерживать циркуляцию [5].

Среди специалистов по полиграфии в 2012 году был проведен опрос, выявляющий причины уменьшению спроса на офсетную УФ печать. Результаты приведены на рисунке 1.

Из результатов опроса ясно, что о преимуществах УФ печати большинству полиграфистов известно. Главные препятствия, мешающие распространению этой технологии, — экономические: повышенная стоимость решения и малое количество заказов, которые могли бы оправдать это повышение. К сожалению, приток дорогих рекламных работ фатально зависим от общего состояния экономики [5].

Даже если судить о мировых тенденциях, то наблюдается довольно интересное смещение к струйному УФ оборудованию [6].

Следует отметить, что покупка офсетной УФ машины — шаг, который должен быть тщательно обдуман и обоснован. Во-первых, это дорогое решение, во-вторых, существуют проблемы с заказами, которые имеет смысл печатать на таких машинах [5]. Поэтому имеет место переход на менее дорогие струйные УФ-принтеры как в России в целом, так и конкретно в Магнитогорске. И это либо дорогостоящие машины Inca, либо Mimaki (рисунок 2). В этой ситуации не случайно, что интерес к этому оборудованию не пропадал даже в кризис [7].

В провинциальном городе организациям, занимающимся печатью, нельзя ориентироваться на узкие спектры полиграфического рынка, чем шире спектр предлагаемых полиграфических услуг, тем рентабельнее предприятие. Поэтому большинство подобных предприятий ориентировано, в том числе и на рынок рекламных услуг, и на востребованность полиграфических услуг в строительстве, дизайне интерьера, где не обойтись без УФ печати.

В Магнитогорске, как небольшом региональном пункте, УФ печать широко развита более всего в рекламном секторе, на следующем месте по спросу (по данным компании «Продвижение») стоит сувенирная и интерьерная пе-



Рис. 2. Лидеры по поставке УФ-принтеров в Россию

Таблица 1

УФ печать в Магнитогорске

Тип организации	Количество
Типография	9 (из них 5 — мелкие)
Рекламное агентство	15
Студия рекламы	5
Производственно-торговая компания	5
Дизайн-мастерская	1
Многопрофильная компания	1

Таблица 2

УФ оборудование и спектр их печати по материалу

Используемое УФ-оборудование	Возможность печати
Direct Color System (струйный УФ-принтер)	Прямая печать на ткани (в т. ч. баннерной), стекле, бумаге
Mimaki JV33 (струйный УФ-принтер)	Широкоформатная печать на ткани, пластике, стекле, бумаге, пленке, баннерной армированной ткани
Mimaki JF-1631 (струйный УФ-принтер)	Печать любого размера на пластике, дереве, бумаге, пленке, коже, стекле, керамике; интерьерная печать
Roland VERSACAMM VS-640 (струйный УФ-принтер)	Печать на дереве, пластике, стекле, керамике, бумаге
NEO UV — LED (струйный УФ-принтер)	Интерьерная печать на пластике, стекле, металле, керамике, дереве, ткани, обоях. Широкоформатная печать на баннерной ткани

чать [8]. По данным различных источников в городе Магнитогорске функционирует от 44 до 56 организаций, занимающихся печатью. Из них в 36–40 компаниях имеется возможность УФ-печати (таблица 1) [9].

Проведенный анализ имеющегося УФ печатного оборудования в арсенале указанных компаний г. Магнитогорска, позволил сделать следующие выводы. Наиболее популярными являются следующие УФ-принтеры: Mimaki JV33, Mimaki JF-1631, Direct Color System, Roland VERSACAMM VS-640, NEO UV — LED.

В таблице 2 представлены наиболее популярные УФ-принтеры, используемые компаниями Магнитогорска, а также возможный спектр печати этого оборудования.

Проведенный анализ показал, что наибольшей популярностью пользуются струйные УФ-принтеры фирмы Mimaki. Согласно рисунку 2 это вполне ожидаемо — данная марка признана по всей России. Кроме того, струйные принтеры дешевле офсетных УФ-машин, что обусловливает их повсеместное применение.

Литература:

1. КомпьюАрт [Электронный ресурс]: электронный журнал — Режим доступа: www.compuart.ru.
2. printinfo [Электронный ресурс]: полиграфический портал — Режим доступа: www.printinfo.com.ua.
3. Mimaki [Электронный ресурс]: официальный сайт фирмы — Режим доступа: http://ujf3042.ru/.
4. Бодьян Л. А., Бербер С. С. Актуальные вопросы в области нанесения качественной печати на упаковочные материалы и упаковку / Л. А. Бодьян, С. С. Бербер // Химия. Технология. Качество. Состояние, проблемы и перспективы развития: Сб. материалов международной заочной научно-технической конф. (22 мая 2012 года). — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. с. 70–74.
5. Publish [Электронный ресурс]: портал о полиграфии и издательских технологиях — Режим доступа: www.publish.ru.
6. UV-digital print [Электронный ресурс]: полиграфический портал — Режим доступа: http://uvdigitalprint.ru.
7. Coffee Break [Электронный ресурс]: отраслевой портал — Режим доступа: www.coffee-break.ru/.
8. ProДвижение [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Продвижение — Режим доступа: http://ra-promotion.ru.
9. Культура Сити [Электронный ресурс]: интернет-каталог — Режим доступа: magnitogorsk.cultura-city.ru.

О реконструкции системы ливневой канализации Комсомольского района г. о. Тольятти

Бухонов Дмитрий Олегович, студент;
Перерва Виталий Валерьевич, студент
Тольяттинский государственный университет (Самарская обл.)

Решение проблемы отведения и очистки ливневых сточных вод является актуальной задачей для городских территорий. Ливневой канализации Комсомольского района г. о. Тольятти требуется реконструкция, поскольку сетей для сбора и отведения стока недостаточно для предотвращения, в период дождей и весеннего половодья, подтопления улиц. Также необходимо решить проблему с очисткой ливневых сточных вод, так как существующие очистные сооружения не обеспечивают качество очистки воды, соответствующее требованиям, предъявляемым к сточным водам, сбрасываемым в водоем в пределах города.

Для решения данных проблем необходимо увеличение протяженности сети ливневой канализации в районе, модернизация существующих ливневых очистных сооружений, посредством ввода в них специальных методов и сооружений, позволяющих привести качество очищенных ливневых сточных вод в соответствии с требованиями норм предельно-допустимых сбросов (ПДС), разработанных НИЦ «Водные проблемы» (г. Тольятти) [1].

Ливневая канализация с очистными сооружениями ливневых стоков в Комсомольском районе г. Тольятти построена в 1977 году по проекту государственного института по проектированию дорожно-транспортных сооружений «Гипрокоммундортранс» (г. Москва).

Бассейном сбора ливневых сточных вод является Комсомольский район г. Тольятти. Площадь водосборного бассейна дождевых и талых вод г. Тольятти 430,20 га.

Общая протяженность водостоков 8738 п.м., диаметр трубопроводов от 300 до 1200 мм.

Режим работы водосточной сети — самотечный,

На очистку направляется (по проекту) до 94 % общего среднегодового количества наиболее загрязненного стока.

Перед сбросом в Куйбышевское водохранилище сточные воды проходят механическую очистку на очистных сооружениях ливневой канализации (ОСЛК).

Очистные сооружения ливневых стоков введены в действие в марте 1993 года и расположены в Комсомольском районе г. Тольятти (элеватор) на расстоянии 1 км от берега Куйбышевского водохранилища. Занимаемая площадь — 2,25 Га.

Комплекс очистных сооружений ливневых стоков введен в действие в марте 1993 года и расположен в Комсомольском районе г. Тольятти (элеватор) на расстоянии 1 км от берега Куйбышевского водохранилища. Занимаемая площадь — 2,25 Га.

Очистные сооружения состоят из насосной станции, 4-х параллельных горизонтальных отстойников, пруда дополнительного отстаивания, водослива — аэратора и системы подводящих и отводящих трубопроводов.

В насосной станции для перекачки ливневых стоков установлены 2 насоса Д-3200−33 производительностью 2500 м^3/час, Н = 17м, мощностью 132 кВт, n = 730 об/мин.

Плавающий мусор задерживается на решетках приемной камеры насосной станции, откуда периодически удаляется решеткоочистной машиной РЗ-65.

Горизонтальные отстойники длиной 72 м, шириной 6 м, глубиной проточной части 3 м, предназначены для задержания основной массы взвешенных веществ и нефтепродуктов. Отстойники работают параллельно, и любой из них может быть отключен путем установки шандорных затворов в распределительных камерах. Продолжительность отстаивания — 2 часа.

Основная масса взвешенных веществ (минеральные частицы, в основном, песок) задерживается и накапливается в осадочной части. Удаляется экскаватором насухо по мере необходимости.

Из отстойников отстоянная вода поступает в пруд дополнительного отстаивания, предназначенный для задержания тонкодисперсных веществ и оставшегося количества нефтепродуктов. Параметры пруда: площадь зеркала пруда — 6000 м^2; объем пруда — 10 632 м^3; ширина пруда — 40 м; глубина — 2 м.

В аварийных случаях по обводному трубопроводу ливневые сточные воды направляются на выпуск, минуя очистные сооружения.

Очистные сооружения имеют периодический — сезонный характер работы. На зимний период отстойники отключаются,

Производительность очистных сооружений — 63513 м /сут.

Существующая технологическая схема очистки ливневых сточных вод приведена на рис. 1.

Фактический объем ливневых сточных вод, поступающих на очистку, составляет 178250 м^3/год (34 % проектной мощности). Это связано с тем, что система ливневой канализации Комсомольского района построена не полностью.

Для доведения качественного состава очищенных ливневых сточных вод до требований норм ПДС предусматривается отстаивание обработанной реагентами воды и двухступенчатая доочистка на механических и сорбционных угольных фильтрах с подачей порошкообраз-

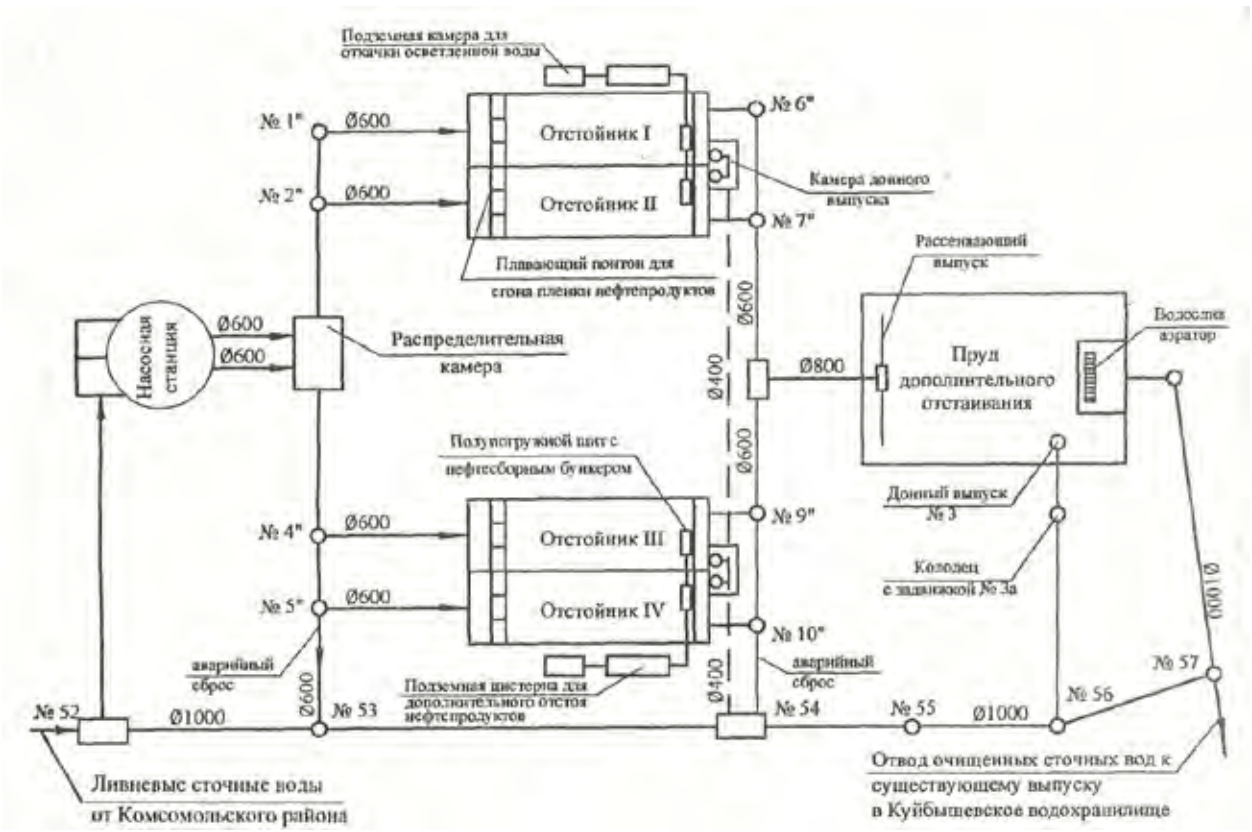


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема существующих очистных сооружений

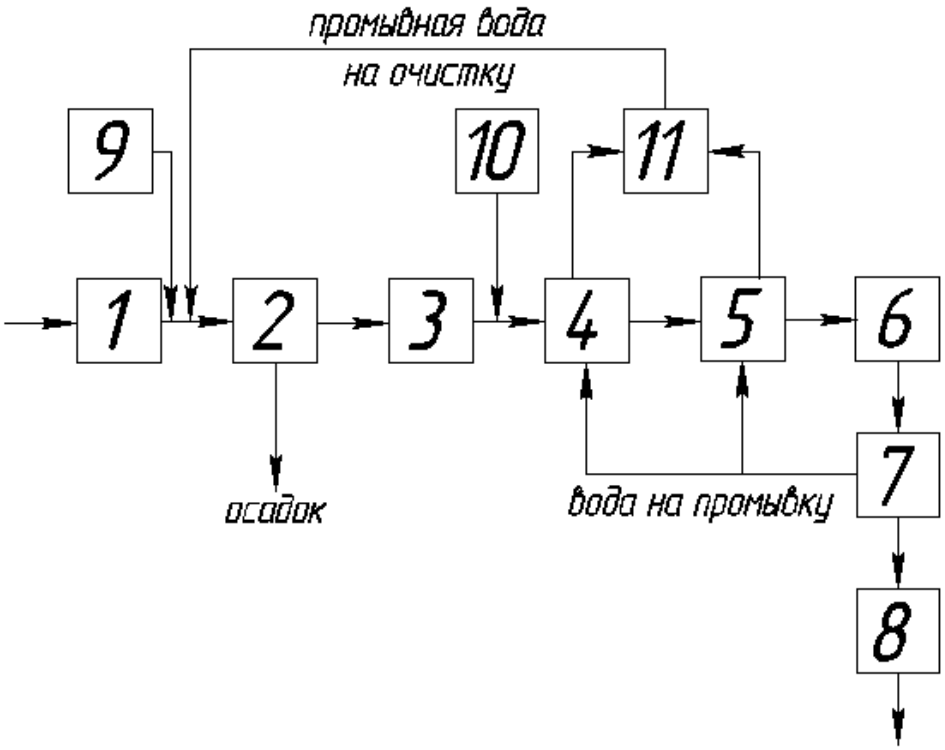


Рис. 2. Принципиальная схема очистных сооружений после реконструкции: 1 — насосная станция; 2 — тонкослойный отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования и тихоходными мешалками; 3 — резервуар отстоянной воды; 4 — фильтры с зернистой загрузкой; 5 — резервуар дочищенных ливневых сточных вод; 6 — сорбционные фильтры; 7 — резервуар глубокой дочищенных сточных вод; 8 — УФ-обеззараживание; 9 — реагентное хозяйство ПАА; 10 — реагентное хозяйство ПАУ; 11 — резервуар грязной промывной воды

ного сорбента ПАУ перед механическими фильтрами (рис. 2).

Данные технические предложения позволяют обеспечить доведение качества очищенных сточных вод до требований норм ПДС по всем показателям, кроме содержания хлоридов и сульфатов.

Снижение содержания хлоридов и сульфатов, присутствующих в составе ливневых сточных вод в концентрациях, не превышающих ПДК для водоемов рыбохозяйственного водопользования до концентраций, требуемых нормами ПДС, нецелесообразно, учитывая невысокую степень опасности (IV класс) этих веществ и необходимость в то же время создания специальных дорогостоящих обессоливающих сооружений.

Кроме того, эти сооружения требуют сложной и дорогостоящей эксплуатации, и сами являются источником отрицательного воздействия на окружающую природную среду, поскольку при их работе образуются отработанные регенерационные растворы (рассолы) с повышенным содержанием солей, в свою очередь требующие специальных сооружений для их обработки и в конечном итоге для их захоронения.

Выводы

1. Очистные сооружения ливневых сточных вод являются природоохранным объектом, предназначенным для защиты водной среды от загрязнений, поступающих со сточными водами.

2. Очистка и глубокая доочистка ливневых сточных вод на фильтрах (зернистых и угольных) позволяет снизить концентрацию загрязнений до норм предельно-допустимого содержания (ПДС), разработанными НИЦ «Водные проблемы» (г. Тольятти).

3. Материалы и конструкции сооружений и коммуникаций практически исключают возможность утечки реагентов, сточных вод в почву, а следовательно, и ее загрязнение.

4. Грязная промывная вода после промывки фильтров I и II ступеней направляется в приемную камеру очистных сооружений для очистки.

5. Предусмотренные очистка и глубокая доочистка ливневых сточных вод исключает сброс ряда загрязняющих веществ в Куйбышевское водохранилище.

Литература:

1. СНиП 2.04.03–85 «Канализация. Наружные сети и сооружения». М.:Стройиздат, 1985.
2. Яковлев «Канализация» — М. Стройиздат — 1976 г.
3. Воронов Ю. В.Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. для вузов / Ю. В. Воронов; под ред. Ю. В. Воронова. — 5-е изд., перераб. и доп.; Гриф МО. — М.: АСВ, 2009. — 760 с.

Методика оценки качества пуха при вычесывании коз механическими устройствами

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Ваньков Алексей Валерьевич, инженер
Оренбургский государственный аграрный университет

Вопрос оценки качества пуха коз после вычесывания остается на сегодняшний день актуальным, сохранение и оценка технологических показателей пуха коз — первостепенные задачи, которые решаются разработанной методикой по определению длины, тонины и прочности пуха. Этому вопросу и наиболее перспективным в данном аспекте направлениям технической реализации методики по определению технологических показателей пуха посвящена статья.

Козоводство — развивающаяся отрасль животноводства. Президентом и правительством России проводятся меры направленные на поддержание роста численности поголовья коз. Основой этой поддержки стала отраслевая целевая программа «Развитие овцеводства и козоводства в Российской Федерации на 2012–2014 гг. и на плановый период до 2020 года» (утв. приказом Минсельхоза РФ от 2 сентября 2011 г. № 294).

Целью Программы является развитие овцеводства и козоводства, возрождение социальной инфраструктуры на селе путем увеличения объема производства высококачественной баранины, козлины, шерсти, пуха, овчин, молока, обеспечивающих минимальные нормы потребления.

Однако существуют проблемы, решение которых является необходимым условием развития козоводства [1].

Среди таких проблем остро стоят проблемы механизации чески пуха, эргономического обоснования рабочего места оператора (чесальщика) с использованием специализированных станков для фиксации коз во время чески и отсутствие единой методики по определению технологических показателей пуха (длина, тонина, прочность).

Вопросами механизации процесса чески пуха коз и эргономическим проектированием рабочего места оператора (чесальщика) в настоящее время исследователи активно занимаются [2]. Однако остро стоит необходимость в разработке методики, которая могла бы позволить объективно провести оценку технологических показателей пуха после вычесывания. Это связано с тем, что при вычесывании механическими устройствами существует риск повреждение пухового волокна, что негативно отразится на его технологических показателях, а это в свою очередь, экономические потери для хозяйства, поскольку некондиция (не соответствующее заготовительным стандартам сырье) низко ценится.

При определении качества вычесанного пуха, особое внимание уделяют отсутствию свойлачиваемости комочков пуха, отсутствием микротрещин и надрывов [3]. Существует несколько способов установить эти повреждения. Длину пухового волокна измеряют, как правило, линейкой, предварительно вытянув волокна, а тонину измеряют при помощи специального оборудования:

– ланаметра или микроскопа биологического (МИМ-6);
– прибора Air-Flow;
– прибора OFDA;
– прибора LASERSCAN;
– анализатора качества шерсти «Руно-1».

Крепость пуха измеряют при помощи динамометра. Самым чувствительным и точным методом определения повреждения пухового волокна является диазореакция — микрохимический метод.

Микрохимический метод основан на использовании дизореактива. Погружая в полученный раствор вычесанный пух, следят за изменением окраски пуха. Если волокно не повреждено — пух остается неизменным, если же произошло разрушение пухового волокна, то при взаимодействии с дизореактивом оно окрасится в красный цвет. Это связано с тем, что при повреждении пухового волокна раствор проникает в его глубь, где и взаимодействует с тирозином в корковом слое [4,5]. Таким образом, тирозин выступает в качестве лакмусовой бумажки.

Однако стоимость оборудования и дизореактива для хозяйств делает невозможным их использование. В связи с этим мы предлагаем использовать для определения тонины пуха и его состояния (надрывы, трещины) гравиметрический метод и микроскоп МИМ-6. Этот метод достаточно прост, а микроскоп широко распространен и его стоимость сравнительно невелика.

Гравиметрический метод определения тонины основан на том, что зная длину и массу шерстяного волокна, можно получить приближенное представление об его тонине. Определение тонины этим методом совмещают с измерением длины. Например, при определении длины было измерено 100 волокон пуха. Эти волокна следует взвесить с точностью до 0,1 мг, а затем провести расчеты как указано ниже.

1. Разделить массу волокон на их число для нахождения средней массы одного волокна.

2. Найти средний объем 1 волокна по формуле:

$$V = \frac{m}{1{,}3}, \quad (1)$$

где V — объем волокна ($см^3$),

m — масса волокна (г),

1,33 — удельная масса шерстяных волокон ($г/см^3$).

3. Найти площадь сечения 1 волокна по формуле:

$$S = \frac{V}{L}, \quad (2)$$

где S — площадь сечения волокна ($см^2$),

L — длина волокна (см).

4. Перевести площадь сечения шерстяного волокна из $см^2$ в $мкм^2$, умножив полученный результат на 100000000.

5. Найти средний диаметр шерстяного волокна по формуле:

$$D = \left(\sqrt{\frac{S}{\pi}}\right) \cdot 2, \quad (3)$$

где D — средняя тонина волокна (мкм),

$\pi = 3{,}14$.

Расчет тонины пуховых волокон

Было отобрано 100 волокон с разных участков животного и определена их масса на электронных весах 3 мг или 0,003 г. Масса 1 волокна 0,00003 г, средняя длина 10 см.

Определяем объем и площадь волокна:

$V = 0{,}00003/1{,}33 = 0{,}0000225$ $см^3$;

$S = 0{,}0000225/10 = 0{,}00000225$ $см^2$;

$S = 0{,}00000225$ $см^2 \cdot 100000000 = 225$ $мкм^2$.

Тогда средняя тонина отобранных пуховых волокон составила:

$$D = \left(\sqrt{\frac{225}{3{,}14}}\right) \cdot 2 = 16{,}9 \text{ мкм.}$$

Расчет прочности (разрывная нагрузка) пуховых волокон.

Прочность пуховых (шерстяных) волокон в настоящее время измеряется в соответствии с ГОСТом 20269–93, причем единицей измерения согласно этому стандарту является сантиньютон на текс (сН/текс). Данная единица измерения не является единицей измерения международной системы единиц.

ГОСТ 8.417–2002 «Единицы величин» устанавливает единицы физических величин, применяемые в Российской Федерации, их наименования, обозначения, определения и правила применения. Согласно этому ГОСТу на территории нашей страны подлежат обязательному применению единицы международной системы единиц, а также десятичные кратные и дольные этих единиц.

Единица измерения линейной плотности «текс» (наряду с такими внесистемными единицами как морская миля, карат, узел, галл, оборот в секунду, оборот в минуту, бар) допускается к использованию временно и только в текстильной промышленности.

Нами предлагается методика, согласно которой при определении прочности пуха можно проводить калибровку динамометра не только в сН/текс, но и в МПа, используя расчетный коэффициент. Этот коэффициент следует использовать для составления таблицы при калибровке портативного динамометра с дозирующим зажимом модели 2017Д-0.006.

Измерение прочности шерсти в километрах разрывной длины или сантиньтонах на текс представляет частный случай измерения давления или механического напряжения. В системе СИ для этого существует единица измерения равная силе в 1 ньютон, равномерно распределенной по площади в 1 м^2, которая носит название паскаля (Па). Производными от паскаля являются килопаскаль (кПа), равный одной тысяче паскалей и мегапаскаль (МПа), равный одному миллиону паскалей.

Для определения прочности в МПа необходимо найти среднюю массу не менее 10 пучков шерсти равной длины (обычно 2,5 см) при их одинаковой толщине. Последнее достигается применением специального дозирующего зажима. Затем определяют среднюю разрывную нагрузку пучка в кгс и его плотность в тексах. Зная длину пучка и его массу, а также удельную массу шерсти, не трудно найти площадь поперечного сечения. Делением разрывной нагрузки (в Н) на площадь поперечного сечения пучка (в м^2) находят искомую прочность в МПа.

Нами была исследована прочность 10 образцов пуха коз оренбургской породы по методике ВНИИОК (Инструктивные указания..., 1984) и были получены следующие результаты:

- средняя масса пучка 9,98 мг;
- средняя разрывная нагрузка 3,45 кг;
- прочность (средняя) 8,64 км разрывной длины.

Для определения прочности в сН/текс вначале находили плотность пучка по формуле:

$$T = \frac{m}{L}, \qquad (4)$$

где T — плотность (текс),
m — масса (г),
L — длина (км).

$$T = \frac{0{,}00998}{0{,}000025} = 399{,}2 \text{ текс.}$$

Зная соотношение между кгс и сН (981), переводили разрывную нагрузку из кгс в сН:

3,45 · 981=3385 сН (или 33,85 Н).

Следовательно, относительная прочность пуха равна:

$$\frac{3385}{399{,}2}\frac{cH}{текс} = 8{,}48\ \frac{cH}{текс}.$$

Площадь поперечного сечения пучка определяли по формуле (2):

$$S = \frac{V}{L},$$

где S — площадь сечения пучка (см^2),
V — объем пучка (см^3),
L — длина пучка (см).

Для вычисления объема пучка следует знать удельную массу пуховых (шерстяных) волокон. По данным В. И. Сидорцова (1974), шерстяные волокна имеют постоянную удельную массу (1,3 г/см^3). Следовательно:

$$V = \frac{m}{1{,}3} = \frac{0{,}00998}{1{,}3} = 0{,}0076769 \text{ см}^2.$$

Площадь сечения пучка равна:

$$S = \frac{0{,}0076769}{2{,}5} = 0{,}00371 \text{ см}^2 = 0{,}0000003071 \text{ м}^2.$$

Относительная прочность пучка пуха составляет:

$$\frac{33{,}85}{0{,}0000003071}\frac{H}{м^2} = 110224682\ \frac{H}{м^2} = 110{,}2\ МПа$$

Соотношение между сН/текс и МПа:

$$\frac{110{,}2}{8{,}48} \approx 13$$

Таким образом, для перевода прочности пуховых (шерстяных) волокон из сН/текс в МПа можно применять коэффициент 13, не прибегая к сложным расчетам. Однако этот коэффициент следует уточнять в зависимости от удельной массы исследуемых волокон.

Таким образом, предлагаемая нами методика по определению технологических показателей вычесанного пуха позволяет решить ряд задач для хозяйства:

- отслеживать качество работы и своевременно устранять неполадки механических пуховычесывающих устройств;
- проводить собственную классификацию вычесанного пуха на соответствие заготовительным стандартам.

Литература:

1. Тимошенко Н. К., Абонеев В. В. Рынок шерсти: состояние и перспективы// Овцы, козы, шерстное дело. М. — 2006, № 3. — с. 4.
2. Поздняков В. Д., Ротова В. А. Совершенствование технологии и технических средств при ческе пуха коз.// Материалы Всероссийской научно-практической конф. «Проблемы и перспективы развития инновационной деятельности в агропромышленном производстве» в рамках 17 Международной специализированной выставки «АгроКомплекс — 2007», ч. 2. — Уфа, 2007. — с. 90–92.

3. Чикалёв А.И. Особенности исследования качества пуха у коз /А.И. Чикалёв //Аграрные проблемы Горного Алтая: сб. научн. тр. — Вып. 2. — Новосибирск, 2006. — с. 24–26.
4. Мендельсон Д.А. Новые данные в химии белков волоса. — М. — 1964.
5. Методы определения аминокислот в кормах животноводческой продукции и продуктах обмена. Дубровицы. — 1967.

Влияние времени принятия решения на результат деятельности малого предприятия связи

Леонтьев Евгений Дмитриевич, аспирант
Юго-западный государственный университет (г. Курск)

Факторы, влияющие на деятельность оператора связи. Особенности малого предприятия связи. Доходы и расходы оператора связи. Взаимосвязь внешних параметров влияния малого предприятия связи и результатов его деятельности. Динамика протекающих процессов. Момент принятия решения.

На деятельность малого предприятия связи в условиях современного телекоммуникационного рынка существенно влияет ряд обстоятельств, которые предопределяют необходимость развития методов анализа и выработки управленческих решений, существующих в этой отрасли [1]. Данное обстоятельство предопределяется в первую очередь существенно большей чувствительностью эффективности функционирования предприятий данного класса к состоянию и динамике изменений целого ряда параметров, характеризующих условия в зоне его деятельности. К основным из них относятся: состав и уровень внедрения услуг связи, структура предпочтений и уровень готовности потребительского рынка к тем или иным услугам, нормативно-правовые условия, свойства его организационной и технологической инфраструктуры, а также динамика реакции (своевременность принятия управленческих решений и оперативность их реализации) на негативные и позитивные факторы.

В силу того, что основной целью деятельности оператора является получение прибыли от оказания услуг связи, оценку её эффективности (результатов) наиболее полно отображают экономические показатели. При этом следует учитывать такую особенность [1], как необходимость более детального учета влияния на эффективность деятельности каждой единицы структуры сети (услуги, района, узловой станции, абонента) [2].

Исходя из вышесказанного, показатели эффективности целесообразно представить в общем виде:

$$E_{ijkl} = f(D_{ijkl}, R_{ijkl}, t), \quad (1)$$

где E — показатель эффективности, D — выручка оператора (доходы от оказанных услуг), R — себестоимость услуг, t — анализируемый период, i — индекс оказываемой оператором услуги, j — индекс района, в котором оказывается услуга, k — индекс сегмента сети (узла), l — индекс абонента.

Очевидно, что доходы и расходы оператора связи зависят от ряда внутренних и внешних обстоятельств, определяющих ситуацию на рынке связи (конкуренты, потенциальные абоненты и абоненты оператора), состояние самого оператора (инфраструктура сети, тарифная политика), и внешние условия в отрасли, определяющие основные правила деятельности в отрасли.

Обозначим параметры, характеризующие рынок услуг связи:

$$X = \{X^M, X^U\}, \quad (2)$$

где X^M — параметры рынка связи, X^U — параметры абонентской инфраструктуры оператора.

Параметры рынка услуг связи образуют множество

$$X^M = \{x_n^M\}, \quad (3)$$

где x^i — параметр, характеризующий рынок связи, n — индекс параметра из следующей группы:

- состав услуг на рынке связи и уровень их развития;
- конкурентная среда рынка;
- готовность абонента принимать услугу;
- удовлетворенность абонентов;
- количество абонентов на рынке;
- территориальный разброс абонентов.

Параметры абонентской инфраструктуры оператора связи образуют множество

$$X^U = \{x_n^U\}, \quad (4)$$

где, x^U — параметр, характеризующий инфраструктуру оператора, n — индекс параметра из следующей группы:

- состав услуг и уровень их развития;
- конкурентная среда в зоне действия оператора;
- готовность абонента оператора принимать услугу;
- удовлетворенность абонентов оператора;

– количество абонентов оператора;
– территориальный разброс абонентов.

Другой группой важных факторов, требующих учета в модели, являются особенности внутренней инфраструктуры оператора:

$$H = \{H^T, H^S\}, \quad (5)$$

где H^T — параметры технологической инфраструктуры оператора, H^S — ее стоимостные характеристики.

Комплекс технических характеристик структуры оператора, включающие технологические данные сети, данные по параметрам с учетом ресурса линий связи и данные о возможностях развертывания сети образуют множество:

$$H^T = \{h_n^T\}, \quad (6)$$

где, h^T — параметр технологической инфраструктуры, n — индекс параметра из следующей группы:

– количество базовых и узловых станций;
– состав оборудования связи;
– число свободных/занятых портов;
– предполагаемая зона охвата территории сетью оператора.

Комплекс стоимостных параметров отображает затраты на создание и эксплуатацию элементов инфраструктуры оператора:

$$H^S = \{h_n^S\}, \quad (7)$$

где h^S — стоимостные параметры инфраструктуры оператора, n — индекс параметра.

Поскольку отрасль связи достаточно жестко регламентирована, оператор действует в независящих от него условиях, которые образуют множество:

$$Z = \{z_n\}, \quad (8)$$

где z — внешний фактор влияния на оператора, n — индекс фактора из следующей группы:

– влияние государства на рынок связи;
– влияние государства на оператора;
– инвестиционный климат;
– условия доступа к инженерной инфраструктуре в зоне деятельности оператора и другие.

Как было отмечено ранее [1], одной из основных особенностей, которая должна быть учтена при синтезе модели предприятий данного типа, это — высокая чувствительность к динамике протекающих процессов, и, следовательно, процесс принятия решений и их реализации требует адекватной динамики. Отсюда модель должна отображать траектории вида [3]:

$$F(t) = [g_1(t)\ g_2(t),..., g_n(t)\ ], \quad (9)$$

где $g_1(t)\ g_2(t),..., g_n(t)$ — координаты, являющиеся функциями времени t.

Рассмотрим стандартную ситуацию со временем подключения абонента (рис. 1).

Очевидно, что расходы оператора на абонента до момента его подключения будут заметно больше доходов. После подключения доходы оператора от этого абонента будут увеличиваться, а расходы уменьшаться (остаются только эксплуатационные). При этом, если учесть такой параметр как, например, x^1 — влияние конкурентов или уровень освоения услуги на рынке (внедрение на уже освоенные территории наиболее сложный путь развития), то, очевидно, что потери предприятия пропорциональны времени затраченному на принятие решения о подклю-

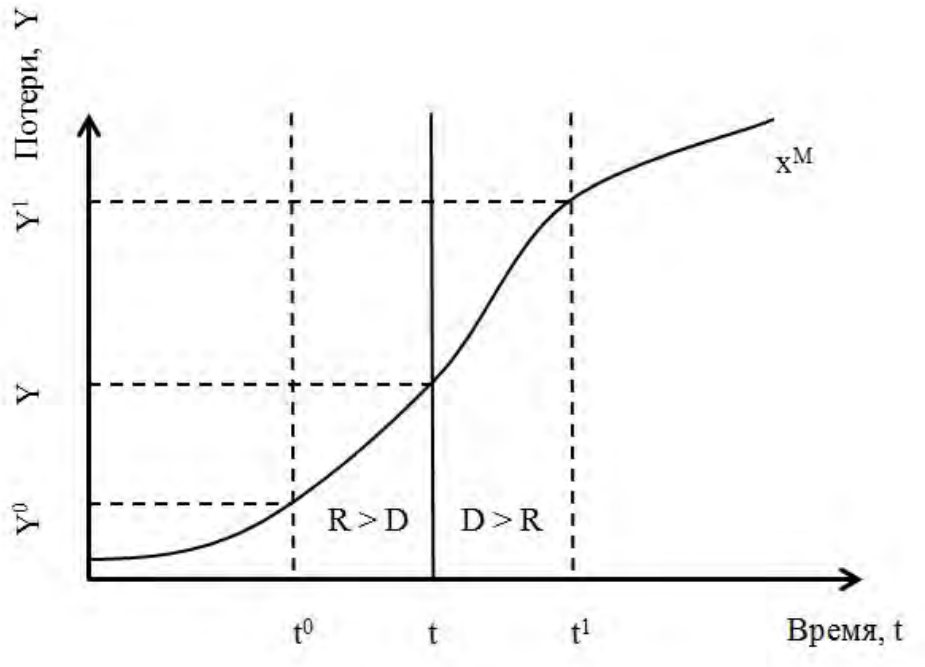


Рис. 1. Зависимость потерь от времени

чении абонента и непосредственно моменту подключение. Следовательно, чем выше скорость принятия решения, тем меньше потери для малого предприятия связи.

Исходя из вышеизложенного, модели получения характеристик результатов малого оператора целесообразно представить в следующем виде:

$$D_{ijkl}(t) = G_{ijkl}[X_{ijkl}(T,t),\ H_{ijkl}(T,t),\ Z_{ijkl}(T,t)], \quad (10)$$

$$R_{ijkl}(t) = Q_{ijkl}[X_{ijkl}(T,t),\ H_{ijkl}(T,t),\ Z_{ijkl}(T,t)]. \quad (11)$$

Использование таких моделей доходов и расходов предприятия связи позволит находить взаимосвязи результатов его деятельности с внешними условиями, внутренними характеристиками его инфраструктуры и временем принятия решений.

Литература:

1. Леонтьев Е.Д. Модель деятельности малого предприятия связи [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — № 10. — С. 337–339.
2. Сафонова Л.А., Плотникова Н.Ю. Раздельный учет затрат в телекоммуникациях. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 192 с.
3. Герасимов Б.И. Дифференциальные динамические модели: учебное пособие / Б.И. Герасимов, Н.П. Пучков, Д.Н. Протасов. — Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. — 80 с.
4. Голубицкая Е.А. Экономика связи: Учебник для студентов вузов. — М.: АСВ, 2006. — 488 с.

Исследование зависимостей между защитным эффектом от коррозии и квантовохимическим дескриптором молекулярной структуры органических молекул класса комплексонов, использующихся как ингибиторы в средах микробиологической коррозии с участием сульфатредуцирующих бактерий

Сикачина Андрей Анатольевич, аспирант;
Белоглазов Сергей Михайлович, профессор, доктор химических наук, заслуженный деятель науки РФ
Балтийский федеральный университет имени И. Канта (г. Калининград)

В приведенном сообщении будет поставлена цель показать степень связи между квантовохимическими параметрами и защитным эффектом от микробиологической коррозии; результатом данной связи были приняты коэффициенты корреляций Пирсона, полученные в программе STATISTICA, показана их сущность и предсказательная база

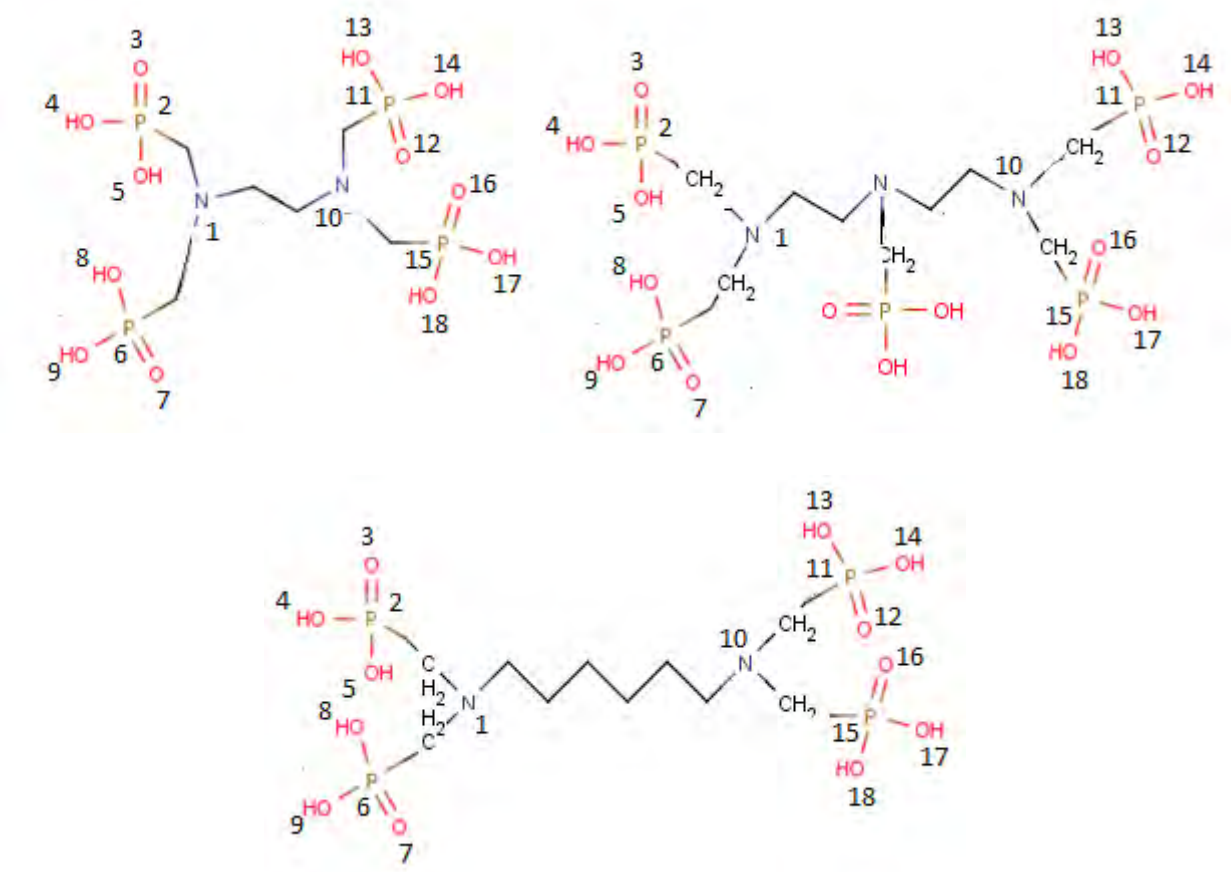
Ключевые слова: *комплексоны, квантовохимические дескрипторы, GAUSSIAN, Ab Initio, неэмпирический метод, полуэмпирические методы, PM3, МПДП, базис, оптимизация геометрии, дескрипторы.*

Цель исследования: В данном сообщении ставится цель исследования механизма действия органических ингибиторов микробиологической коррозии, порождаемой сульфатвосстанавливающими бактериями, путем квантово-химического подхода к описанию структуры молекулы. Расчетные параметры находились в программе GAUSSIAN-2007 с применением полуэмпирических методов PM3, MNDO и неэмпирического DFT/B3LYP/3–21G*, что было сделано в статье аспиранта Сикачины А.А. «Анализ строения азот- и фосфоразоторганических соединений по результатам полуэмпирических квантовохимических расчетов в сравнении с неэмпирическим», поэтому представленное сообщение можно считать продолжением и логическим дополнением этой работы.

Методы проведения испытаний: Вышеупомянутое исследование нами было проведено путем анализа коэффициентов корреляции смешанных моментов, которые будут высчитаны в программном комплексе STATISTICA 7.0 /1, 2, 6/ таким образом, что коэффициенты корреляции r_j^k, выражаемые в процентах, дадут возможность судить о вкладе расчетного молекулярного параметра ингибитора в его защитный эффект модельного образца стали Ст3 определенного обьема в инокулированной 1 мл накопительной культуры СВБ. При этом, чем больше величина данного коэффициента, тем значимее такой вклад.

Согласно трехэтапной методике Г.С. Белоглазова, которая подробно описана в работе /4/ и в связи с необходимостью построения квадратной матрицы, исследованные 6 соединений нами были разделены на 2 серии, исходя из общности химической структурной формулы, которая является необходимой информацией для численного эксперимента /4/ со следующей атомной нумерацией (рисунок 1):

2 серия



1 серия

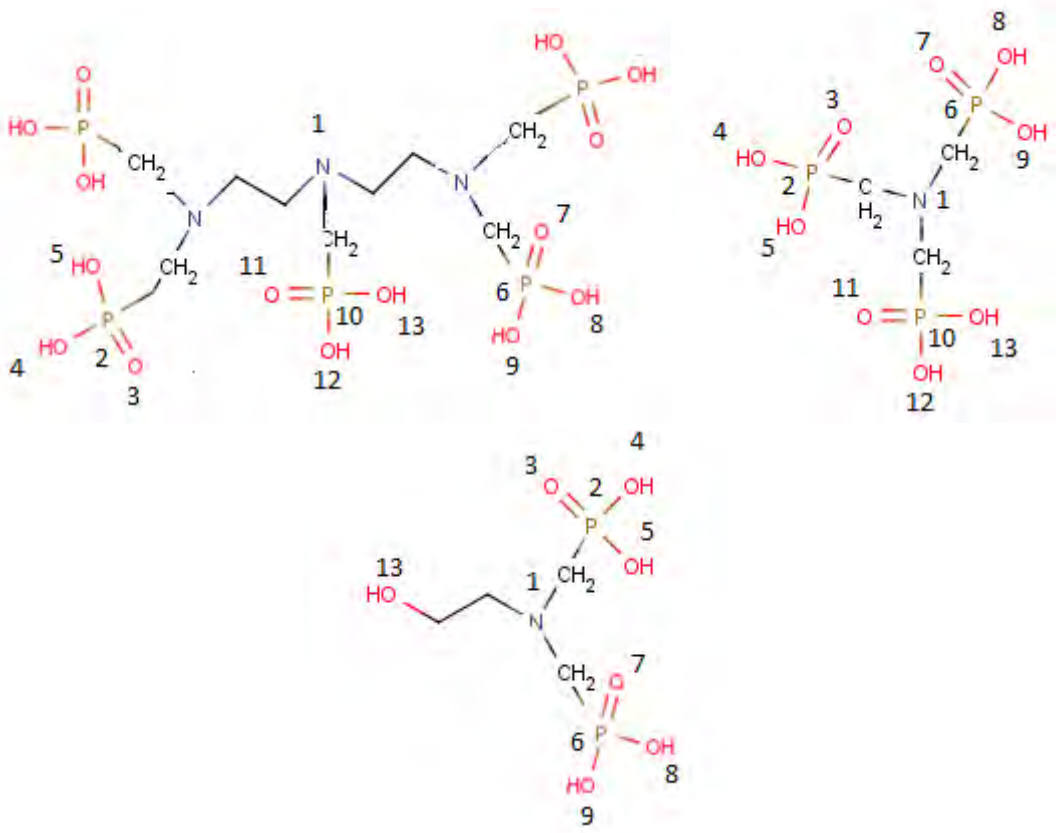


Рис. 1. Примененная атомная нумерация гетероатомов

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции

	DFT/3–21G*				PM3				MNDO			
	1 серия				*1 серия*				*1 серия*			
	1	2	5	10	1	2	5	10	1	2	5	10
Q_N^1	-0.71	-0.93	-0.92	-0,78	-0,99	-0,96	-0,97	-1,00	-0,42	-0,04	-0,07	-0,32
Q_P^2	0.72	0.93	0.92	0,79	-0,37	0,02	-0,01	-0,27	-0,34	0,05	0,02	-0,24
Q_P^6	-0.25	-0.60	-0.58	-0,35	-0,37	0,02	-0,01	-0,27	-0,34	0,05	0,02	-0,24
Q_P^{10}	0.74	0.94	0.93	0,81	0,74	0,94	0,93	0,80	0,72	0,93	0,92	0,79
Q_O^4	0.68	0.91	0.90	0,76	-1,00	0,94	-0,91	-0,99	-0,45	-0,07	-0,10	-0,35
Q_O^5	0.59	0.86	0.84	0,67	0,13	-0,26	-0,23	0,02	-0,56	-0,19	-0,22	-0,46
Q_O^3	0.73	0.93	0.92	0,80	-0,59	-0,24	-0,27	-0,50	-0,22	0,17	0,14	-0,11
Q_O^8	0.92	1.00	1.00	0,96	1,00	0,97	0,97	1,00	0,73	0,94	0,93	0,80
Q_O^9	0.77	0.96	0.95	0,83	0,87	0,61	0,64	0,81	0,16	0,53	0,50	0,26
Q_O^7	0.82	0.53	0.56	0,75	0,66	0,33	0,36	0,58	-0,96	-0,79	-0,80	-0,93
Q_O^{12}	-0.82	-0.98	-0.97	-0,87	-0,73	-0,93	-0,92	-0,80	-0,71	-0,93	-0,91	-0,78
Q_O^{13}	0.19	0.55	0.52	0,29	-0,74	-0,94	-0,93	-0,81	-0,78	-0,96	-0,95	-0,85
Q_O^{11}	-0.74	-0.94	-0.93	-0,80	-0,72	-0,93	-0,92	-0,79	-0,74	-0,94	-0,93	-0,81
μ	1.00	0.89	0.90	0,98	-0,55	-0,19	-0,22	-0,46	-0,55	-0,18	-0,21	-0,45
ВЗМО	0.95	1.00	1.00	0,98	0,77	0,46	0,49	0,70	0,69	0,36	0,39	0,61
НСМО	0.70	0.92	0.91	0,77	-0,40	-0,72	-0,70	-0,50	-0,90	-1,00	-1,00	-0,94
	2 серия				*2 серия*				*2 серия*			
	1	2	5	10	1	2	5	10	1	2	5	10
Q_N^1	0,55	0,61	1,00	0,62	0,57	0,51	-0,30	0,50	0,78	0,85	0,97	0,83
Q_N^{10}	-0,06	0,02	0,75	0,03	0,19	0,10	-0,66	0,10	0,27	0,35	0,93	0,35
Q_P^2	0,98	0,96	0,43	0,96	-0,06	-0,14	-0,82	-0,14	0,66	0,60	-0,19	0,60
Q_P^6	-0,25	-0,17	0,62	-0,16	0,12	0,19	0,86	0,21	–	0,10	0,79	0,08
Q_P^{11}	0,74	0,69	-0,08	0,68	-0,89	-0,93	-0,90	-0,93	-0,86	-0,82	-0,13	-0,82
Q_P^{15}	-0,27	-0,20	0,59	-0,19	0,31	0,39	0,94	0,39	0,52	0,58	0,99	0,59
Q_O^4	1,00	0,99	0,53	0,98	-0,79	-0,82	-0,97	-0,84	0,96	0,93	0,35	0,93
Q_O^5	0,06	0,13	0,82	0,14	0,98	0,94	0,43	0,96	-1,00	-0,98	-0,57	-0,99
Q_O^3	0,65	0,59	-0,20	0,59	-1,00	-0,99	-0,57	-0,99	0,31	0,23	-0,57	0,23
Q_O^8	-0,84	-0,79	-0,08	-0,79	-0,13	-0,05	0,70	-0,05	0,47	0,54	0,98	0,54
Q_O^9	0,70	0,75	0,99	0,75	0,51	0,44	-0,36	0,44	0,45	0,52	0,98	0,52
Q_O^7	-0,71	-0,76	-0,99	-0,77	-0,89	-0,95	-0,90	-0,93	-0,89	-0,91	-0,90	-0,93
Q_O^{13}	0,84	0,79	0,08	0,79	-0,99	-0,97	-0,49	-0,97	-0,45	-0,37	0,43	-0,37
Q_O^{14}	0,55	0,48	-0,32	0,48	0,89	0,93	0,90	0,93	-0,38	-0,46	-0,96	-0,46
Q_O^{12}	-0,82	-0,77	-0,05	-0,77	-0,94	-0,91	-0,32	-0,91	-0,73	-0,80	-0,99	-0,79
Q_O^{17}	0,12	0,19	-0,13	0,20	0,93	0,93	0,85	0,96	0,99	1,00	0,71	1,00
Q_O^{18}	0,70	0,64	0,86	0,64	0,36	0,28	-0,51	0,28	0,95	0,97	0,82	0,97
Q_O^{16}	-0,58	-0,64	-1,00	-0,64	0,30	0,22	-0,57	0,22	-0,98	-0,96	-0,43	-0,96
μ	0,71	0,65	-0,12	0,65	0,37	0,29	-0,51	0,29	-0,74	-0,80	-0,98	-0,80
ВЗМО	0,85	0,80	0,10	0,80	0,99	1,00	0,70	1,00	0,24	0,17	-0,62	0,15
НСМО	-0,97	-0,95	0,41	-0,95	-0,68	-0,62	0,16	-0,62	-0,91	-0,88	-0,24	-0,88

Были построены коэффициенты корреляции между защитным эффектом конкретной серии ингибиторов в концентрации 1, 2, 5, 10 ммоль/л коррозионной среды и следующими дескрипторами, вычисленными вышеуказанными расчетными методами, привлекающимися для наиболее полной и достоверной характеристики корреляционных зависимостей:

– заряды на гетероатомах по анализу заселенностей Малликена

– значения энергий граничных орбиталей (высшей заполненной и низшей свободной)

– дипольный момент

Результаты и обсуждения: Данные, формата в долях единицы, сведены в таблицу 1.

Распределение коэффициенты корреляции в таблице проще всего обсудить исходя из обычно применяемой шкалы Чеддока /3, 6/, которая формируется из показателя тесноты связи и ее силы (значения показаны по мо-

Таблица 2

Значения по модулю шкалы Чеддока

Показания тесноты связи, %	10...30	30...50	50...70	70...90	90...99
Сила связи	слабая	умеренная	заметная	высокая	весьма высокая

дулю), что отражено в таблице 2:

В контексте нашей задачи наиболее значимым коэффициентом корреляции является показатель тесноты связи 1,00 (100%), т.е. «полная», незначимые — 0,01 (1%), т.е. «несущественная» по силе /1, 2/, где параметр тесноты связи отображает связь защитного эффекта серии молекул органического ингибитора с квантовохимическим дескриптором.

Согласно правилу о матрице корреляций, в рамках предъявленной задачи [+] значит, что, если каким-либо образом увеличатся значения примененных дескрипторов, то защитный эффект должен также вырасти и наоборот. [−] значит, что, если каким-либо образом увеличатся значения примененных дескрипторов, то защитный эффект должен уменьшиться и наоборот /2/.

При исследовании полученных коэффициентов в серии 2 наблюдается их почти полная схожесть в концентрации 2 и 10 мМ/л, а в серии 1 — в концентрации 1 и 10 мМ/л, а также 2 и 5 мМ/л во всех использованных методах.

По серии 1, анализируя статистики по всем использованным методам, видно, что защитный эффект будет сильно и напрямую зависеть от заряда на атоме P^{10} при всех концентрациях, а также от O^8, O^9, и от энергии граничной орбитали ВЗМО. При помощи сильно выраженного положительного заряда атома P^{10} молекула способна подойти к отрицательно заряженной поверхности исследуемого образца стали, т.е. обуславливать процесс электросорбции. Атомы O^8 и O^9, и энергия ВЗМО, благодаря донированию электронной плотности на d-орбитали атомов металла, обуславливают процесс хемосорбции.

Принимая во внимание, что неэмпирический метод гибридного функционала электронной плотности является наиболее приближенным к истине, можно сказать, что защитный эффект будет расти также и при росте следующих дескрипторов: эффективных зарядов: O^4, O^5, O^3, O^7, O^{13}, дипольного момента и энергии граничной НСМО, причем с большей долей вероятности наиболее сильно будет сказываться заряд на O^7, поскольку РМ3 показывает близкую по шкале Чеддока распределение, а он является одним из наиболее параметризованных полуэмпирических методов. Здесь также прослеживается влияние кетогрупп (O^3 и O^7), которые являются эффективными донорами электронной плотности на металл /7/, в свою очередь мезомерно получая электроны от O^4 и O^8, судя по коэффициентам корреляции. Энергия НСМО и дипольный момент вносят вклад в явление электросорбции.

Степень зарядности атома N^1 и P^6. согласно правилу о матрице корреляций, обратно пропорциональна значению защитного эффекта, что связано, очевидно, со стерическими препятствиями и снижением адгезивности, которые создают наличие трех заместителей и углеводородные цепочки. То же можно сказать и о O^{11} и O^{12}, имеющих отрицательные знаки коэффициентов корреляции во всех примененных методах. O^{13} имеет умеренную связь с защитным эффектом или обратно пропорциональную зависимость от него.

В серии 2 решающее влияние на защитный эффект, проявляемый ингибитором, будет иметь эффективный заряд на атоме N^1 при всех концентрациях. Заряд на атоме N^{10} оказывает несколько более слабое влияние на защитный эффект, очевидно, сказывается резкое уменьшение адгезии молекул на поверхности металла, связанной с увеличением длины углеводородной цепи. Для P^2 методы DFT и MNDO показывают высокие коэффициенты корреляции, и почти везде одинаковые знаки, что служит основанием предполагать его ответственность за электросорбцию на поверхности металла в большей степени, чем это присутствует у атома P^{11} и тем более у P^6. Для O^4, O^5, O^9 — аналогично O^{13}, O^{14}, O^{18} – в двух расчетных методах получены схожие распределения, что дает основание предположить, что за их счет происходит химическая адсорбция на металлоповерхности. Атомы O^8, O^{17} не показали вклада в защитный эффект, что, скорее всего, связано со стерическими препятствиями при адсорбции молекулы. Гидроксидные O^{17} и O^{18} показывают высокий вклад в значение защитного эффекта, но меньший, чем вышеописанные атомы. Энергия ВЗМО также показывает высокие коэффициенты корреляции с прямым влиянием на защитный эффект.

В отличие от распределения предыдущей серии, заряды на кетогруппах O^3,O^7,O^{12}, O^{16} показали обратный вклад в защитный эффект серии молекул. То же можно сказать и об энергии НСМО. Заряд на атоме P^{15} показал прямой вклад в физическую адсорбцию лишь по полуэмпирическим методам, что, вероятно, недостоверно, учитывая их приближенность. Объяснение этому указывается выше и связано оно, вероятно, с наличием в структуре весьма длинных углеводородных цепочек. Анализируя коэффициенты корреляции, можно видеть, что дипольный момент играет среднюю роль во вкладе в электросорбцию, что в обоих сериях молекул можно объяснить достаточно симметричным строением молекул.

Литература:

1. Боровиков В.П. STATISTICA. Исскуство анализа данных на компьютере: для профессионалов (2-е издание). СПб., 2003. — 688с
2. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA — Статистический анализ и обработка данных в среде Windows — М.: 1998, 592 с
3. Немухин А.В. Компьютерное моделирование в химии // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 6. С. 43–57.
4. Белоглазов Г.С. Квантово-химический расчет ингибиторов коррозии с биоцидной активностью на СРБ // Коррозия и защита металлов — межвузовский тематический сборник научных трудов: Вып. 7 — Калининград, 1988
5. Габлер Е.В., Генкин А.А. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. — Л.: Медицина, 1973.
6. Григорьев В.П., Экилик В.В. Химическая структура и защитное действие ингибитора коррозии. — Ростов н/Д.: Изд-во Ростовского ун-та, 1978. — 184 с
7. Терюшева С.А. Исследование производных гидрохинона и 1,4-бензохинона как ингибиторов коррозии, наводороживания стали и биоцидов на СРБ: диссертация... кандидата химических наук: 05.17.03 / Терюшева Светлана Александровна;. — Калининград, 2011. — 221 с.: ил.

Анализ строения азот- и фосфоразоторганических соединений по результатам полуэмпирических квантовохимических расчетов в сравнении с неэмпирическим

Сикачина Андрей Анатольевич, аспирант;
Белоглазов Сергей Михайлович, профессор, доктор химических наук, заслуженный деятель науки РФ
Балтийский федеральный университет имени И. Канта (г. Калининград)

В приведенной статье были получены и охарактеризованы значения дескрипторов уровня электронной структуры молекул азот- и азотфосфорорганических комплексонов, что было сделано при помощи не- и полуэмпирикой в программе GAUSSIAN, на коей основе были подтверждены практически положения механизма защиты от коррозии стали Ст3.

Ключевые слова: *фосфоновые кислоты, квантовохимические дескрипторы, GAUSSIAN, Ab Initio, неэмпирический метод, полуэмпирические методы, PM3, МПДП, метод гибридного функционала плотности, базис, оптимизация геометрии, метод молекулярной механики, дескрипторы.*

Цель исследования: Данное сообщение посвящено квантово-химическому исследованию дескрипторов уровня электронной структуры молекул, принадлежащих к классу фосфоновых кислот и их солей и интерпретации структуры молекул и их химического поведения в растворах, поскольку в дальнейших публикациях будет показана их роль как ингибирующих электрохимическую коррозию стали в сероводородной среде.

Методика постановки эксперимента: Числовые данные были получены в программе GAUSSIAN с использованием базисного набора 3–21G с введением поляризационных p- и d-орбиталей на всех атомах (3–21G*)/2, 3, 5/ с применением распространенной модификации гибридного функционала электронной плотности DFT/B3LYP, нужного для точного описания коррелированного движения электронов и наиболее точного определения дипольного момента. Проводилась предварительная оптимизация структуры молекулы методом молекулярной механики ММ+ для снижения потенциальной энергии через программу HyperChem версии 8.0, а затем в базисе 3–21G программы GAUSSIAN; такой базис является стандартным в работах такого типа. Он также был выбран как компромиссный вариант между точностью расчета и как щадящий ресурсы компьютера.

В работе будут контролироваться следующие дескрипторы: парциальные эффективные заряды на гетероатомах анализом заселенности по Малликену, дипольные моменты, и жесткость реагента, задаваемая как $\eta = 0{,}5\ (E_{НСМО} - E_{ВЗМО})$ не только неэмпирическим, но и полуэмпирическими: MNDO и PM3, которые далее будут сравниваться с принятым в качестве эталонного (поскольку позволяет достичь химической точности) неэмпирическим.

Обсуждение результатов. Энергии граничных орбиталей, жесткость молекул и дипольные моменты. Полученные результаты сведены в таблицу 1.

Данные фосфоновые кислоты, как видно из значений дипольного момента, являются весьма полярными соединениями, за исключением ОС2, что верно, учитывая его симметричность и небольшое количество степеней свободы, вследствие короткости молекулы; подобное

Таблица 1

Значения энергии граничных орбиталей, жесткости молекул и дипольных моментов

	OC1	*OC2*	*OC3*	*OC4*	*OC5*	*OC6*
PM3						
$E_{ВЗМО}$	-10,221	-9,292	-9,455	-9,245	-9,379	-9,374
$E_{НСМО}$	0,283	0,483	0,187	0,263	0,428	0,376
η	9,252	4,887	4,821	4,754	4,903	4,875
μ	1,729	1,053	5,176	4,600	3,105	2,552
MNDO						
$E_{ВЗМО}$	-10,440	-10,173	-10,287	-9,938	-10,008	-10,118
$E_{НСМО}$	-1,169	-1,132	-1,325	-1,390	-1,078	-1,169
η	5,804	5,652	5,806	5,664	5,543	5,643
μ	2,178	3,451	4,947	4,097	5,837	4,938
HF/DFT/B3LYP						
$E_{ВЗМО}$	-5,763	-5,356	-5,751	-5,111	-5,361	-6,684
$E_{НСМО}$	0,018	1,643	1,334	1,289	1,829	0,487
η	2,890	3,500	3,543	3,200	3,595	3,585
μ	2,189	0,090	3,445	6,157	1,367	2,657

ему ОС5 напротив имеет более высокую величину дипольного момента, поскольку 6 метиленовых групп дают многие степени свободы, порождаемые высокой склонностью к конформации. У ОС2 и ОС5 метод МПДП завышает дипольные моменты примерно в 3...5 раза, а РМ3 завышает их в 2...3 раза, что говорит о непригодности базиса VSTO-6G /5, 6 / для них, давая полностью противоречивые данные. ОС1 корректно описывается этим базисом, лишь РМ3 немного занижает, а в ОС3 — также немного завышает. Для ОС1 это обьясняется тем, что оно не содержит фосфор, и у полуэмпирических методов есть много экспериментальных данных на них, а в ОС3 весовой вклад этого гетероатома еще не высок — их всего три. ОС3 МПДП и РМ3 описывают одинаково, но с примерно двухкратным превышением. В ОС4 наблюдается существенное занижение дипольного момента полуэмпирическими методами; два последних дают почти одинаковое распределение; ОС4 является самым полярным по неэмпирическому, что указывает на прямую корреляцию дипольного момента с весовым вкладом фосфора и вкладом высокого положительного заряда. Для ОС6 даются сходные величины дипольного момента у неэмпирического и полуэмпирического РМ3, МПДП завышает таковой примерно в 2 раза. В целом, выбранные полуэмпирические методы неудовлетворительны для дипольного момента в этом классе; процент применимости в данной выборке для МПДП 17%, а для РМ3 33% на качественном уровне («точно» / «не точно»), несмотря на то, что в ряде работ /3, 5, 6, 7/ они описываются как наиболее современные и надежные.

Высокий дипольный момент делает их легкими в использовании как ингибиторы микробиологической коррозии стали Ст3, поскольку их возможно растворять в воде — полярном растворителе среды Постгейта /7/.

При применении этих веществ они станут адсорбироваться на поверхности стали как лиганды — такой механизм защиты развивается в работах вроде /терюш, голяк, колес/. Это является практическим приложением правила, что при взаимодействии систем с замкнутыми электронными оболочками новые химические связи образуются в основном за счет взаимодействия высших заполненных (ВЗ или НО) и низших свободных (НС или LU) орбиталей. В целом видно, что энергия НО является достаточно низкой и они имеют высокую склонность к донированию электронов другим частицам, что позволяет отнести их к мягким реагентам с легкополяризуемой электронной парой на ВЗМО. Сродство к электрону, которое коррелируется с энергией НС, также низко. Поэтому эти молекулы могли бы эффективно встраивать свои электроны в d-оболочки металла, давая очень прочные поверхностно-адсорбционные комплексные соединения.

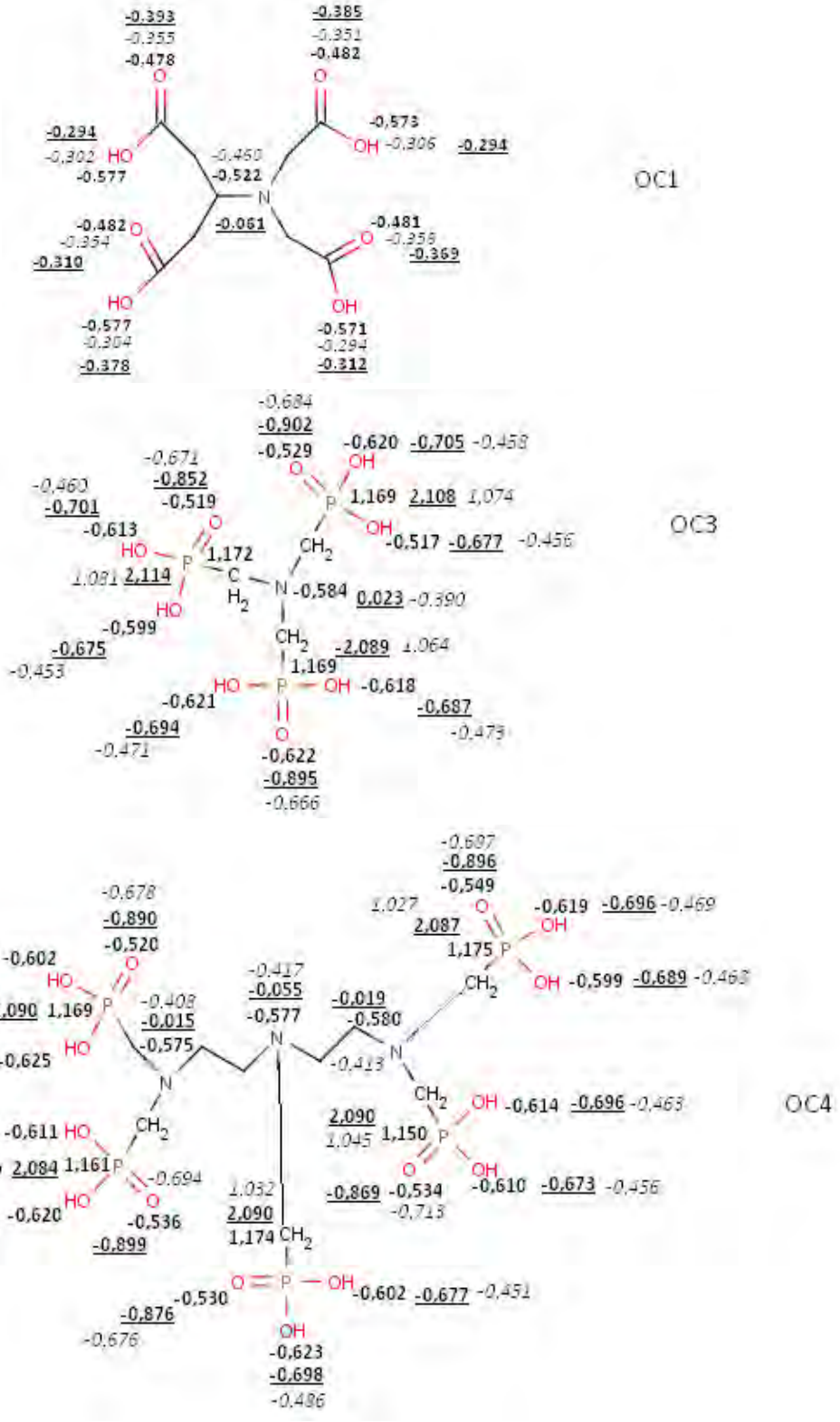
По качеству оценки энергия ВЗ отрицательная, а энергия НС положительная, поэтому именно неэмпирические методы адекватно оценивают сродство к электрону.

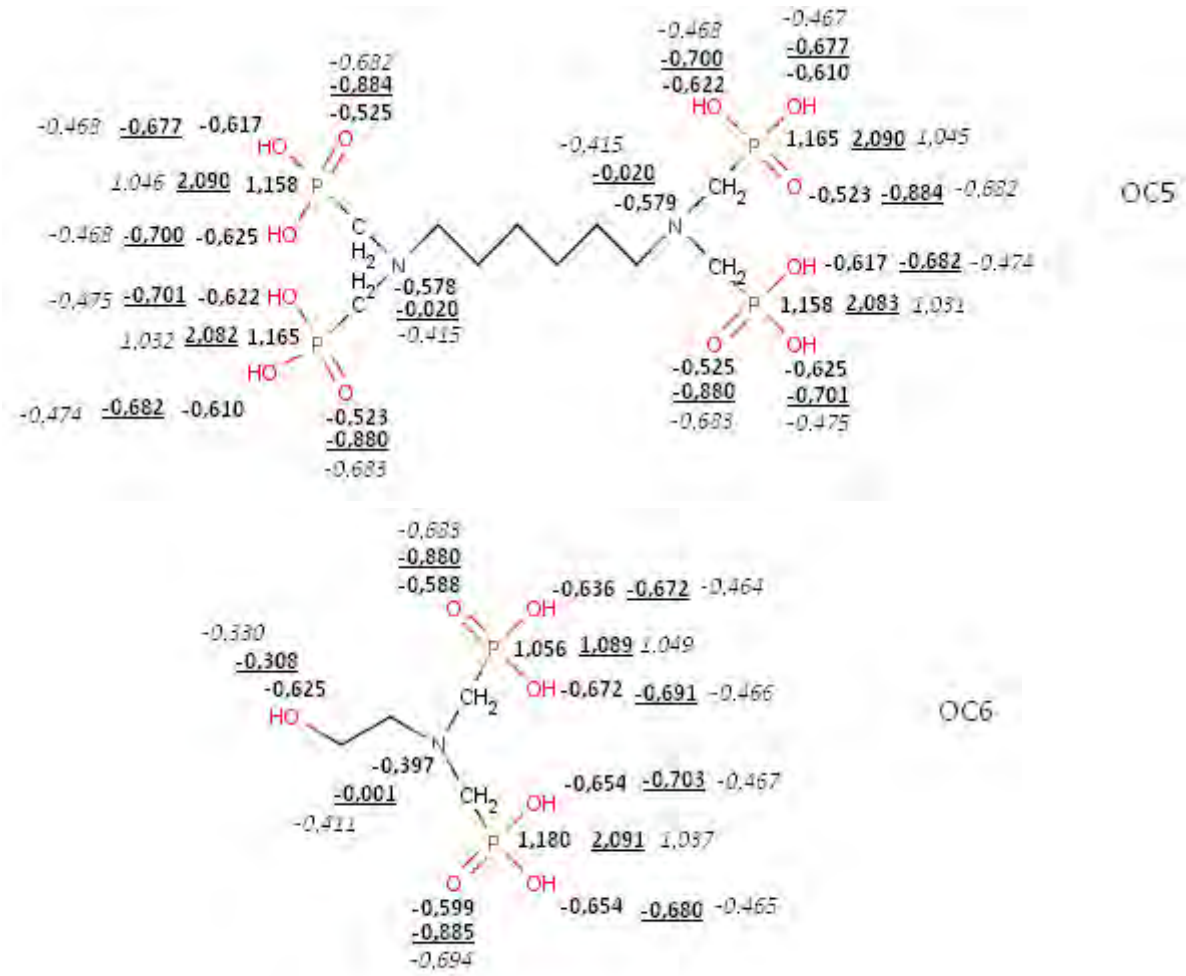
Согласно приведенным наблюденным данным, значение энергий ВЗМО в РМ3 и МПДП преувеличены в примерно 2 раза, причем в последнем более существенно. Сродство к электрону (энергия НСМО) описывается полуэмпирикой лучше, особенно в ОС3 и ОС4, где модуль данного вида энергии довольно близок у МПДП и неэмпирическим методом. Эта схожесть теряется у ОС5 (занижается) и ОС6 (завышается). Также явствует резкое завышение у ОС1 и занижение у ОС2. Метод РМ3 также хорошо описывает энергию НСМО в ОС6, в то время как в ОС2, ОС3, ОС4 и ОС5 эти энергии занижаются, а в ОС1, наоборот, завышается, но менее резко. В РМ3 наблюдается интересное явление: присутствие положительного знака энергии НС, что, пожалуй, может применяться как пред-

варительная предсказательная база для оценки сродства к электрону, учитывая, что PM3 является щадящим к ресурсам компьютера /3, 5, 7/. В целом, применимость выбранных полуэмпирических методов для расчета данного дескриптора для МПДП и PM3 равняется 33 %.

Представления о жесткости молекулы является развитием идеи молекулярных квантовохимических дескрипторов. Этот параметр максимален при равновесной геометрии, прямо коррелирует мерой ароматичности, мерой термодинамической устойчивости /7/. В данном классе органических соединений основной вклад в величину этого дескриптора (в пределах 9...10 в PM3, 11 в МПДП, и 6...7 в неэмпирическом) вносит наличие равновесной оптимизированной геометрии и термодинамическая неустойчивость в растворе, порождаемая образованием цвиттерионов, что особенно проявляется, согласно неэмпирике, у ОС1 и ОС4.

Парциальные эффективные заряды на гетероатомах через анализ заселенностей по Малликену: Получившиеся результаты показаны ниже:

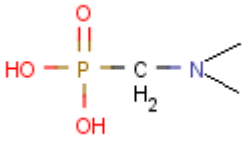




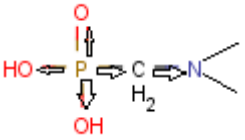
Примечание: данные обозначены начертанием: для МПДП *курсивом*, для РМ3 **жирным,** DFT **жирным**

Данный дескриптор важно рассмотреть постольку, поскольку они дают картину электростатической составляющей внутри отдельной молекулы — это дескрипторы зарядово-контролируемых реакций. Обращает на себя внимание отсутствие мезомерного эффекта по цепям молекул; склонность к нему наблюдается лишь в кислотных (фосфоновых и карбоксильных) группах. Индуктивный эффект объясняет большую схожесть зарядов на азоте и на кислороде у ОС2, ОС3, ОС4, ОС5; ОС1 и ОС6, благодаря своей структуре, выбиваются из этого ряда (поскольку у первого нет, а у второго очень мал весовой вклад атомов фосфора), чему способствует большое количество атомов фосфора в связи с его возросшим сродством к электрону (именно этот гетероатом даёт вклад в высокую энергию НС: более 1,6 эВ), которое порождено химической связью с кислородом и небольшим отдалением атома азота. Здесь следует отметить, что высокий заряд на атоме фосфора придает сильную склонность к физической адсорбции на отрицательно заряженной поверхности железа (поскольку χ_{Fe} = -0.37 В) — а это первый этап в механизме защиты от электрохимической коррозии — поскольку адсорбционная способность при потенциале нулевого заряда максимальна /7/. В ОС3 заряд азота наиболее высок, а в ОС6 крайне низок, что объяснимо, поскольку он один принимает электроны от трех атомов фосфора; в ОС6 эту роль принимает кислород гидроксильной группы в цепи, заведомо обедняя азот. Невысокий заряд азота в ОС3 также объясняется отсутствием фосфора.

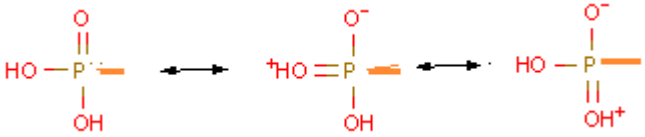
Такие авторы, как Голяк Ю.В., Колесникова Н.В. и проч. указывали на занижение полуэмпирическими методами парциальных эффективных зарядов на атомах, что реализуется и сейчас. Указанные выше тенденции сохранены в МПДП и РМ3. Общим в структурах ОС2, ОС3, ОС4, ОС5, ОС6 является наличие группы атомов



Судя по распределению зарядов в неэмпирическом методе расчета, электронные эффекты можно описать как



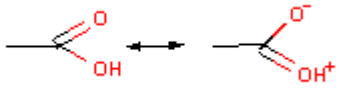
т.е. с преобладанием индуктивного эффекта. Это объяснит и повышенный положительный заряд на атоме фосфора и повышенный отрицательный заряд на кислороде. В МПДП электронные эффекты можно представить так:



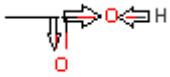
т.е. преобладает мезомерный эффект. Отсюда следует, что для данной выборки соединений такого класса неэмпирический метод лучше описывает индуктивный эффект (возможно, поскольку он является основным), но МПДП лучше показывает мезомерный эффект, что делает верной идею многих авторов / 1...6 / о необходимости полноценного квантовохимического исследования молекул. PM3 же указывает (исходя из заряда на азоте) на высокую донорную активность атома азота, что здесь корректным не является, особенно у ОС3 и ОС6, из которых в последнем азот не заряжен, а в первом заряд даже более нуля.

Приведенные выше схемы объясняют схожесть зарядов по модулю и знаку на кислородах гидроксигрупп, что реализуется во всех выбранных методах, поэтому можно утверждать, что выбранные полуэмпирические методы в общем дают верное распределение зарядов.

В ОС1 нет фосфоновых кислотных групп, а имеется карбоксил, который также способен резонировать:



судя по распределению зарядов, МПДП и PM3 также лучше выдают мезомерный эффект, поскольку на гидроксильном кислороде в них наблюдается низший по модулю заряд, чем на кислороде карбоксильном. В то же время неэмпирический метод показывает обратное распределение модулей величин зарядов, поэтому можно говорить о лучшем показании индуктивного эффекта:



где высокий заряд на гидроксильном кислороде реализуется из-за оттока электронной плотности от атомов водорода. Таким образом, в описании парциальных эффективных зарядов на фосфоновой и карбоксильной группах принципиальных отличий нет.

Литература:

1. Гридчин С.Н., Базанов М.И. Анализ строения комплексонов по результатам полуэмпирических квантово-химических расчетов // Известия вузов. Химия и химическая технология, 2007. Т. 50, № 2
2. Гридчин С.Н., Базанов М.И. Строение и термодинамические свойства комплексонов — производных этилендиаминтетрауксусной кислоты — Ивановский Государственный химико-технологический Университет — IV ШКОЛА СЕМИНАР КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, Иваново, 2009
3. Костюков В.В., Хомутова Н.М. Сравнение методов расчета атомных зарядов ДНК-интеркалирующих ароматических молекул // Севастопольский Национальный Технический Университет. — ФІЗИКА БІОМОЛЕКУЛ І ІХ КОМПЛЕКСІВ, 2011
4. Мосунов А.А. Расчет электростатических зарядов и электростатической компоненты энергии димеризации молекул антиопухолевого антибиотика топотекана // Севастопольский Национальный Технический Университет. — ФІЗИКА БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ І МОЛЕКУЛ, 2011
5. Терюшева С.А., Белоглазов Г.С., Белоглазов С.М. Производные 1,4-гидрохинона в роли ингибиторов коррозии и наводороживания стали в присутствии СРБ // Вестник Самарского Государственного Университета: естественнонаучная серия, 2011
6. Белякова М.В. Крылов Е.Н. Принцип максимальной жесткости в приложении к мета/пара-равновесиям ароматических сульфокислот — Ивановский Государственный химико-технологический Университет — IV ШКОЛА СЕМИНАР КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, Иваново, 2009
7. Кларк Т. Компьютерная химия — М.: Мир, 1990; стр. 127–190

Каталитический риформинг

Хатмуллина Диана Данисовна, магистрант
Уфимский государственный нефтяной технический университет (Башкортостан)

В настоящее время каталитический риформинг стал одним из ведущих процессов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. С его помощью удается улучшать качество бензиновых фракций и получать ароматические углеводороды) особенно из сернистых и высокосернистых нефтей. В последнее время были раз-

работаны процессы каталитического риформинга для получения топливного газа из легких углеводородов. Возможность выработки столь разнообразных продуктов привела к использованию в качестве сырья не только бензиновых фракций прямой перегонки нефти, но и других нефтепродуктов.

Процесс каталитического риформинга осуществляют при сравнительно высокой температуре и среднем давлении, в среде водородсодержащего газа.

Каталитический риформинг проходит в среде газа с большим содержанием водорода (70–80 объемн.%). Это позволяет повысить температуру процесса, не допуская глубокого распада углеводородов и значительного коксообразования. В результате увеличиваются скорость дегидрирования нафтеновых углеводородов и скорости дегидроциклизации и изомеризации парафиновых углеводородов. В зависимости от назначения процесса, режима и катализатора в значительных пределах изменяются выход и качество получаемых продуктов. Однако общим для большинства систем каталитического риформинга является образование ароматических углеводородов и водородсодержащего газа.

Назначение процесса каталитического риформинга, а также требования, предъявляемые к целевому продукту, требуют гибкой в эксплуатации установки. Необходимое качество продукта достигается путем подбора сырья, катализатора и технологического режима.

Процесс каталитического риформинга предназначен для повышения детонационной стойкости бензинов и получения индивидуальных ароматических углеводородов, главным образом бензола, толуола ксилолов — сырья нефтехимии. Важное значение имеет получение в процессе дешевого водородсодержащего газа для использования в других гидрокаталитических процессах.

Основным назначением каталитического риформинга является:

– превращение низкооктановых бензиновых фракций, получаемых при переработке любых нефтей, в том числе высокосернистых и высоко-парафинистых, в катализат — высокооктановые компоненты бензинов;

– превращение узких или широких бензиновых фракций, получаемых при переработке любых нефтей или газового конденсата, в катализат, из которого тем или иным методом выделяют ароматические углеводороды, в основном бензол, толуол, этилбензол и изомеры ксилола.

Бензиновые фракции большинства нефтей содержат 60–70% парафиновых, 10% ароматических и 20–30% пяти- и шестичленных нафтеновых углеводородов. Среди парафиновых преобладают углеводороды нормального строения и монометилзамещенные их изомеры.

Помимо прямогонных бензинов, как сырье каталитического риформинга используют бензины вторичных процессов — коксования и термического крекинга после их глубокого гидрооблагораживания, а также гидрокрекинга.

Выход прямогонных бензинов относительно невелик (около 15–20% от нефти). Кроме того, часть бензинов используется и для других целей (сырье пиролиза, производств водорода, получение растворителей и т.д.). Поэтому общий объем сырья, перерабатываемого на установках каталитического риформинга, не превышает обычно потенциального содержания бензиновых фракций в нефтях.

Сырье.

Сырьем каталитического риформинга служат бензиновые фракции с началом кипения не ниже 60–62 ºС, поскольку в самых легких фракциях бензина не содержатся углеводороды с шестью атомами углерода и присутствие легких фракций в сырье вызывает ненужное газообразование. Обычно риформингу подвергают фракцию, выкипающую в пределах 85–180 ºС. Повышение конца кипения способствует коксообразованию и потому нежелательно. С повышением начала кипения растет выход бензина, так как более тяжелые нафтеновые и парафиновые углеводороды легче подвергаются ароматизации. Однако фракции с началом кипения 105 или 140ºС применяют обычно в тех случаях, когда более легкие фракции направляют на отдельную установку риформинга для получения индивидуальных ароматических углеводородов.

Решающее значение имеет углеводородный состав исходного бензина: чем больше сумма нафтеновых и ароматических углеводородов в бензине, тем селективнее процесс, т.е. тем больше выход катализата и соответственно меньше выход продукта побочных реакций гидрокрекинга — углеводородного газа.

Подготовка сырья риформинга включает ректификацию и гидроочистку. Ректификация используется для выделения определенных фракций бензинов в зависимости от назначения процесса. При гидроочистке из сырья удаляют примеси (сера, азот и др.), отравляющие катализаторы риформинга, а при переработке бензинов вторичного происхождения подвергают также гидрированию непредельные углеводороды.

Продукты каталитического риформинга.

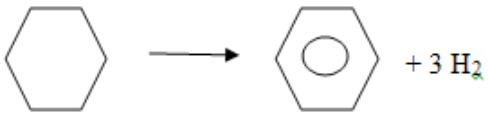
В процессе каталитического риформинга образуются газы и жидкие продукты (риформат). Риформат можно использовать как высокооктановый компонент автомобильных и авиационных бензинов или направлять на выделение ароматических углеводородов, а газ, образующийся при риформинге, подвергают разделению.Высвобождаемый при этом водород частично используют для пополнения потерь циркулирующего водородсодержащего газа и для гидроочистки исходного сырья (если она есть), но большую же часть водорода с установки выводят. Такой водород значительно дешевле специально получаемого. Именно этим объясняется его широкое применение в процессах, потребляющих водород, особенно при гидроочистке нефтяных дистиллятов. Кроме водородсодержащего газа из газов каталитического риформинга выделяют сухой газ (С1–С2 или С1–С3) и сжиженные газы (С3–С4); в результате получают стабильный дебутанизированный бензин. В ряде случаев на установке (в ста-

билизационной ее секции) получают стабильный бензин с заданным давлением насыщенных паров. Это имеет значение для производства высокооктановых компонентов автомобильного или авиационного бензина. Для получения товарных автомобильных бензинов бензин риформинга смешивают с другими компонентами (компаундируют). Смешение вызвано тем, что бензины каталитического риформинга содержат 60–70% ароматических углеводородов и имеют утяжеленный состав, поэтому в чистом виде они непригодны для использования. В качестве компаундирующих компонентов могут применяться легкие бензиновые фракции (н. к. 62 °С) прямой перегонки нефти, изомеризаты и алкилаты. Поэтому для увеличения производства высокооктановых топлив на основе бензинов риформинга необходимо расширять производства высокооктановых изопарафиновых компонентов.

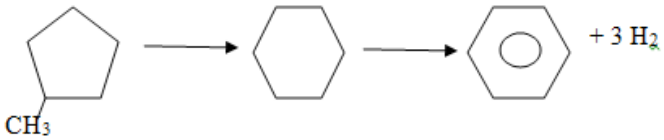
Каталитический риформинг — сложный химический процесс, включающий разнообразные реакции, которые позволяют коренным образом преобразовать углеводородный состав бензиновых фракций и тем самым значительно улучшить их антидетонационные свойства.

Основой процесса служат три типа реакций. Наиболее важны перечисленные ниже реакции, приводящие к образованию ароматических углеводородов.

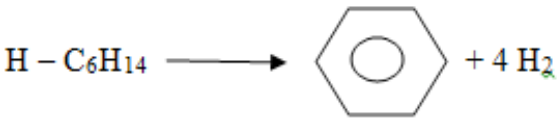
Дегидрирование шестичленных нафтенов:



Дегидроизомеризация пятичленных нафтенов:



Ароматизация (дегидроциклизация) парафинов:



Изомеризация углеводородов — другой тип реакций, характерных для каталитического риформинга. Наряду с изомеризацией пятичленных и шестичленных нафтенов, изомеризации подвергаются как парафины, так и ароматические углеводороды.

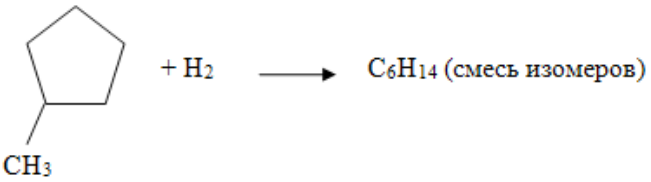
Существенную роль в процессе играют также реакции гидрокрекинга. Гидрокрекинг парафинов, содержащихся, в бензиновых фракциях, сопровождается газообразованием:

$C_8H_{18} + H_2 = C_5H_{12} + C_3H_8$

что ухудшает селективность процесса. С другой стороны, аналогичная реакция гидродеалкидирования алкилбензолов позволяет увеличить выход низкомолекулярных гомологов бензола, которые представляют наибольший практический интерес:

$C_6H_5C_3H_7 + H_2 = C_6H_6 + C_3H_8$

Протекают также реакции, приводящие к раскрытию циклопентанового кольца и к превращению пятичленных нафтенов в парафины:



Элементарные стадии ряда приведенных реакций предопределяются бифункциональным характером катализаторов рифрминга. С одной стороны, они содержат один металл (платину) или несколько металлов, которые катализируют реакции гидрирования и дегидрирования. С другой стороны, носителем служит промотированный галогенами оксид алюминия, обладающий кислыми свойствами и катализирующий реакции, свойственные катализаторам кислотного типа. Поэтому разные элементарные стадии реакции могут протекать на различных участках поверхности катализатора: металлических или кислотных.

Образующиеся при дегидрирования непредельные углеводороды (олефины, циклоолефины и др.) могут также превращаться в более высокомолекулярные соединения и тем самым способствовать образованию кокса на катализаторе, а следовательно его дезактивации.

Выводы

Каталитический риформинг является в настоящее время неотъемлемым элементов нефтеперерабатывающего завода. Основное назначение процесса — получение высокооктанового компонента товарных автомобильных топлив из низкооктановых утяжеленных бензинов за счет их ароматизации.

В качестве сырья для каталитического риформинга используют фракции первичной перегонки нефти с пределами выкипания 62–180ºС.

Основой процесса служат три типа реакций: дегидрирование шестичленных нафтенов, дегидроизомеризация пятичленных нафтенов, ароматизация (дегидроциклизация) парафинов.

В процессе параллельно протекают и нежелательные реакции гидрокрекинга с образованием низкомолекулярных углеводородов.

Литература:

1. Гуреев А. А. Производство высокооктановых бензинов / А. А. Гуреев – М.: Химия, 1981. с. 256–264

2. Кондрашева Н.К., Абдульминев К.Г., Кондрашев Д.О. «Процесс каталитического риформинга бензина» учебное пособие. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006. с. 5–14
3. Суханов В.П. «Каталитические процессы в нефтепереработке». — 3-изд., перераб. И доп. — М.: Химия,1979. С. 113–140
4. Смидович Е.В. «Технология переработки нефти и газа. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов» — 4-е изд., стереотип. — М.: ИД Альянс,2011. с. 186–195
5. Маслянский Г.Н. Каталитический риформинг бензинов / Г.Н. Маслянский – Санкт-Петербург: Химия, 1985. с. 167–173
6. А.Д. Сулимов «Каталитический риформинг бензинов» М.,1973. С. 222–243
7. Магарил Р.З. «Теоретические основы химических процессов переработки нефти» учебное пособие. — М.: КДУ, 2010. С. 216–226

Научное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

II Международная научная конференция
г. Чита, январь 2014 г.

Материалы печатаются в авторской редакции

Дизайн обложки: *Е. А. Шишков*
Верстка: *П. Я. Бурьянов*

Подписано в печать 24.01.2014. Формат 60x90 $^{1}/_{8}$.
Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 13,12. Уч.-изд. л. 9,30. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»
127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

г. Чита

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

Кравникова Анжела Петровна

принимала участие во
II Международной научной конференции

«Технические науки: теория и практика»

(Январь 2014 г., Чита)

http://www.moluch.ru/conf/tech/archive/88/

Главный редактор
Издательства «Молодой ученый»
д.ф.н., проф. Г.Д. Ахметова

СОГЛАСОВАНО:
И.О.начальника Северо-Кавказского учебного центра профессиональных квалификаций
_____ Н.Н.Федорченко
«8» декабря 2018 год

УТВЕРЖДАЮ:
Начальник Северо-Кавказской дирекции тяги
_____ Д.В.Попов
«9» декабря 2018 год

ПРОГРАММА

проведения обучающего семинара для машинистов-инструкторов со стажем работы до одного года на базе Тихорецкого подразделения СК УЦПК

Время	Наименование мероприятия	Ответственный
20 ноября 2018г. Модератор Кравникова А.П.		
8^{30}-9^{00}	Регистрация участников	Коршунова С.В.
9^{00}-9^{10}	Вступительное слово	ТЗК Небеснюк А.П.
9^{15}-10^{15}	Мастер-класс психолога НУЗ на ст. Ростов-Главный «Типы личности и их особенности поведения в конфликте»	Психолог Николаева Т.М.
10^{15}-11^{15}	Мастер-класс преподавателя учебного центра «Конструкция и порядок использования приборов безопасности и прикладных компьютерных программ для дешифрации носителей информации» *презентация*	Энкин Э.А.
12^{15}-13^{00}	Тренажерная подготовка – залог безопасности движения	Савостин А.В.
13^{00}-14^{00}	Перерыв	
14^{00}-15^{30}	Мастер-класс преподавателя учебного центра по методике проведения учебного занятия «Безопасность движения и экологические проблемы транспорта» *презентация*	Дибров А.В.
15^{00}-18^{00}	Круглый стол «Внедрение учебно-методического комплекса по профессии машинист тепловоза, машинист электровоза в рамках требования профессионального стандарта»	ТЧМИ Луканин А.И. Финаев А.А. Добреля Е.Ю. Энкин Э.А. Макаров И.В.
21 ноября 2018г. Модератор Кравникова А.П.		
8^{00}-8^{45}	Ознакомление с методами мониторинга успеваемости и посещаемости обучающихся в	Добреля Е.Ю. Кравникова А.П.

	подразделении	
8^{45}-10^{30}	Мастер-класс преподавателя учебного центра « Реализация основ андрогогики в процессе подготовки рабочих кадров ОАО «РЖД» *презентация*	Бутаков В.Г.
10^{30}-12^{00}	Мастер-класс преподавателя учебного центра «Решение кейс-задач как метод отработки практических навыков обучающихся»	Сериков С.С.
12^{00}-13^{00}	Перерыв	
13^{00}-14^{30}	Планирование и проведение технических занятий в депо	ТЧМИ Луканин А.И.
14^{00}-16^{30}	Круглый стол «Взаимодействие СК УЦПК и Дирекции тяги в рамках организации онлайн-обучения на платформе СДО и разработки контента для организации дистанционого обучения»	Финаев А.А. Добреля Е.Ю. Энкин Э.А. Смаглюков Д.А. ТЧМИ Луканин А.И. ТЗ 1Игнатьев А.Д.
16^{30}-17^{00}	Подведение итогов	ТЗ-1 Игнатьев А.Д.

Заместитель начальника
Северо-Кавказской дирекции тяги
по кадрам и социальным вопросам А.П. Небеснюк

ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КВАЛИФИКАЦИЙ

РАСПОРЯЖЕНИЕ

«9» ноября 2018 г. №81/СКУЦПК

Об организации проведения обучающего семинара для машинистов-инструкторов Северо-Кавказской дирекции тяги в подразделениях Северо-Кавказского учебного центра профессиональных квалификаций

В рамках взаимодействия и обмена опытом по организации проведения занятий технической учёбы в ДПО дирекции тяги, выполнения плана учебно-методической работы учебного центра на 2018 год провести обучающий семинар для машинистов-инструкторов по обучению машинистов-инструкторов со стажем работы до трех лет в Тихорецком подразделении учебного центра 20-21 ноября 2018 г. в Ростовском подразделении учебного центра 27-28 ноября 2018 г.:

1. Начальникам Ростовского подразделения Зиновьеву В.Г. Тихорецкого подразделения Финаеву А.А.:

- организовать в указанный период проведение семинара в подразделении учебного центра в соответствии с программой семинара;
- обеспечить проведение семинара техническим сопровождением;
- проконтролировать готовность преподавателей к проведению мастер-классов педагогического мастерства;
- организовать работу пунктов питания;
- рассмотреть вопрос о возможности расселения участников семинара в общежитии подразделения;
- по итогам мероприятия подготовить материал в соответствии с требованиями ОАО «РЖД» с размещением на сайте СК УЦПК.

Срок – 3 декабря 2018 г.

- ознакомить работников с данным распоряжением.

Срок – 16 ноября 2018 г.

2. Ведущему методисту учебного центра Черемашко И.Г. по необходимости оказать методическую помощь в организации обучающего семинара.

3. Контроль за выполнением данного распоряжения оставляю за собой.

И.о. начальника центра Н.Н.Федорченко

исп. Черемашко И.Г., УЦПКм
5-55-29

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
**«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»**

МДК.02.01.
Организация технического обслуживания и ремонта подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в различных условиях эксплуатации
(Тема 1.1)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕДАЦИИ

по выполнению курсового проекта по темам
«Совершенствование рабочего органа машины»
и
«Модернизация привода рабочего органа машины»

профессионального модуля

«ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В СТАЦИОНАРНЫХ МАСТЕРСКИХ И НА МЕСТЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ»
специальность **23.02.04**
Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования
(по отраслям) (для железнодорожного транспорта).

базовая подготовка
среднего профессионального образования

2015

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании Учебно-методического совета по специальности 23.02.04. Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожным машин и оборудования (по отраслям) (для железнодорожного транспорта)

Председатель УМС И.В. Свешников
Протокол № 00 от 00 марта 2015 г.

Автор – Мустафин К. М., преподаватель Уфимского техникума железнодорожного транспорта - филиала ФГБОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения»

Рецензенты – Кравникова А.П., преподаватель Тихорецкого техникума железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения»; Свешников И.В., преподаватель Оренбургского техникума железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВПО «Самарский государственный университет путей сообщения»

Предложения и замечания по методическому пособию просим направлять в филиал ФГБОУ «УМЦ ЖДТ» в г. Новосибирск по адресу: 630003, г. Новосибирск, ул. Владимировская, 15д. Тел.: (383) 319-60-71, факс: 319-60-72, e-mail: novosib@umczdt.ru

ФГБОУ «Учебно-методический
центр по образованию на железно-
дорожном транспорте», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта разработаны в соответствии с примерной программой профессионального модуля «Техническое обслуживание и ремонт подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в стационарных мастерских и на месте выполнения работ» для специальности 23.02.04 «Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования» (по отраслям) (для железнодорожного транспорта).

В примерной программе МДК 02.01 рекомендованы следующие темы курсовых проектов:

1. Совершенствование рабочего органа машины.
2. Модернизация привода рабочего органа машины.
3. Проектирование механизма машины или сборочной единицы.
4. Проверочный расчет одного из узлов машины.
5. Тяговый расчет транспортирующих машин или механизмов.
6. Проектирование и изготовление модели машины или ее основных механизмов.

В методических рекомендациях представлены данные для выполнения курсового проекта по темам:

- «Совершенствование рабочего органа машины»- разработка эскизного проекта усовершенствованного рабочего оборудования для выгребания и подачи балласта на распределительно-транспортирующую систему щебнеочистительной машины;
- «Модернизация привода рабочего органа машины»- разработка эскизного проекта модернизированного привода рабочего органа железнодорожно-строительной машины.

Материалы методических рекомендаций с приложениями содержат необходимые теоретические и справочные сведения для выполнения

курсового проекта обучающимися железнодорожных техникумов и колледжей.

Основными задачами курсового проектирования являются:

- ознакомление с научно-технической литературой по теме курсового проекта;
- изучение известных конструкций и рабочих органов аналогичного специального железнодорожного подвижного состава с анализом достоинств и недостатков;
- выбор наиболее приемлемого варианта с учетом требований задания на курсовой проект;
- выполнение необходимых расчетов с целью обеспечения заданных характеристик проектируемого устройства;
- выполнение графической части курсового проекта и пояснительной записки к нему в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

При выполнении курсового проекта обучающиеся более тщательно изучают конструкции железнодорожно-строительной машин, их трансмиссии и системы управления ими (электрические, пневматические и гидравлические). Составление кинематических, гидравлических и структурных схем является повторением программ «Инженерная графика» и «Техническая механика», а для разработки пояснительной записки и графической части курсового проекта необходимо знание изучаемых в курсе «Инженерная графика» стандартов ЕСКД (Единой системы конструкторской документации), регламентирующих правила выполнения текстовых документов и сборочных чертежей.

При курсовом проектировании у студентов закрепляются знания и умения, освоенные при изучении программ профессиональных модулей ПМ.01 «Эксплуатация подъёмно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования при строительстве, содержании и ремонте дорог», ПМ.02 «Техническое обслуживание и ремонт подъёмно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в стационарных

мастерских и на месте выполнения работ» и ПМ.03 «Организация работы первичных трудовых коллективов» для специальности 23.02.04 «Техническая эксплуатация подъемно – транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования».

1. Состав курсового проекта.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

А Пояснительная записка

Оформление расчетно-пояснительной записки производится по ГОСТ 2.106-Текстовые документы. Основная надпись по ГОСТ 2.104-2006 ф.2 оформляется на листе «Содержание» (приложение 12), на последующих листах - ГОСТ 2.104-2006 ф.2а (приложение 13).

Примерный объем пояснительной записки 25-35 страниц печатного текста на листах формата А4 при печатании шрифтом 14 Times New Roman с междустрочным интервалом 1,5 и полями: слева-30мм, справа и сверху 20 мм, снизу- 25мм.

Пояснительная записка должна содержать следующие страницы и разделы:

Введение.

1. Описание и работа машины.

1.1. Назначение машины.

1.2. Технические данные.

1.3. Общее устройство машины и основных рабочих органов.

1.4. Кинематические схемы приводов основных рабочих органов

1.5 Принцип работы машины.

2. Конструкционный расчет.

2.1 Назначение проектируемого рабочего органа(привода рабочего органа).

2.2 Устройство и работа рабочего органа(привода рабочего органа).

2.3 Исходные данные.

2.4. Расчет рабочего органа (привода рабочего органа).

3 Указания по охране труда и обеспечению безопасности движения поездов при эксплуатации и техническом обслуживании машины.

Заключение.

Литература.

Титульный лист пояснительной записки и задание на курсовое проектирование (приложение 1) оформляются согласно действующего в образовательной организации стандарта предприятия.

Б Графическая часть курсового проекта.

Графическая часть курсового проекта состоит из двух листов формата А1:

Лист 1 - Общий вид машины, кинематические схемы приводов рабочих органов, техническая характеристика.

Лист 2 - Общий вид проектируемого рабочего органа с необходимыми разрезами и сечениями, кинематические схемы механизма, техническая характеристика механизма.

Чертежи графической части должны быть выполнены согласно стандартам ЕСКД и выполнением требований ГОСТ 2.109-73 с необходимыми видами, разрезами и сечениями, со спецификацией сборочных единиц, оригинальных, стандартных деталей и прочих изделий (по ГОСТ 2.108 ЕСКД), проставлены необходимые размеры, допуски и посадки. Чертеж общего вида механизма должен содержать технические требования по изготовлению, сборке и испытанию механизма (ГОСТ 2.109-73). Спецификацию узлов и деталей допускается выполнять над основной надписью (приложение 11) на поле чертежа совместно с изображением сборки в случае, если число деталей позволяет это сделать.

Чертежи выполняются в графических программах AutoCad, Компас или Splan. Допускается вычерчивание листов 1 и 2 в карандаше с применением ручных инструментов и кульмана.

2. Совершенствование рабочего органа машины

Совершенствование рабочего органа железнодорожно-строительной машины - это оптимизация конструкции, улучшение показателей назначения и осовременивание рабочего органа железнодорожно-строительной машины.

В качестве объекта совершенствования предлагается основной рабочий орган щебнеочистительной машины - оборудование для выгребания и подачи балласта на распределительно-транспортирующую систему для завершения технологического цикла по отделению засорителей из вырезанного загрязненного балласта с раздельной выгрузкой щебня (на железнодорожный путь) и засорителей (в железнодорожный подвижной состав или на обочину железнодорожный пути). Балластная призма обеспечивает вертикальную и горизонтальную устойчивость рельсошпальной решетки при воздействии на нее поездной нагрузки. Для этого материал балластной призмы должен равномерно распределять передаваемые через подошвы шпал давления на возможно большую площадь основной площадки земляного полотна, обеспечить равномерное распределение по длине и ширине упругих деформаций от поездной нагрузки и, следовательно, необходимую равномерность накопления остаточных деформаций при эксплуатации железнодорожного пути. В процессе длительной эксплуатации материал балластной призмы постоянно засоряется сыпучими грузами с проходящих поездов, мелкими фракциями грунта, попадающими со стороны дефектной площадки земляного полотна и мелкими частицами щебня при его разрушении под воздействием поездной нагрузки. При таком воздействии балластная призма теряет свои первоначальные свойства, а остаточные деформации пути увеличиваются, что ведет к повышенному износу элементов верхнего строения железнодорожного пути и железнодорожного подвижного состава, снижается безопасность движения поездов. Периодическое

восстановление физико-механических характеристик и геометрических параметров щебеночной балластной призмы производится путем очистки щебня или, в случае несоответствия уложенного на железнодорожном пути балласта требуемым характеристикам – за счет полной его замены на щебень твердых пород железнодорожно-строительными машинами для очистки щебня и замены балласта.

По конструкции рабочих органов и схемам движения вырезанного загрязненного балласта, чистого щебня и засорителей щебнеочистительные машины и комплексы делятся на:

а) высокопроизводительные железнодорожно-строительные машины с малой глубиной очистки, имеющие совмещенный рабочий орган для выгребания и центробежной очистки щебеночного балласта (ЩОМ-Д, ЩОМ-4, ЩОМ-4М, ЩОМ-ДО, БМС и др. с пассивными подрезными ножами и подгребными крыльями);

б) железнодорожно-строительные машины для очистки и замены балласта у торцов шпал, имеющие торцевые роторные выгребные устройства и центробежные или плоские вибрационные грохоты (УМ-М, УМ-С, ЩОМ-6Р, МВБ-150 и др. с активными вырезающими роторными органами);

в) железнодорожно-строительные машины и комплексы для глубокой очистки (замены) щебня (RM-80 UHR, СЧ-601, СЧ-700, СЧУ-800М, ЩОМ-6БМ, ЩОМ-6У, СЧ-1200, ЩОМ-1200, ЩОМ-1200ПУ и др. с активными вырезающими цепными, скребковыми, баровыми органами)[4].

Для выполнения технологического цикла по отделению засорителей от вырезанного загрязненного балласта необходимо качественное оборудование для выгребания и подачи балласта на распределительно-транспортирующую систему, чтобы обеспечить заданную производительность и рабочую скорость железнодорожно-строительной машины. Для решения этой задачи применяются пассивные активные выгребные устройства, которые одновременно осуществляют рыхление и вырезку балласта. Основным недостатком существующих выгребных

устройств является сложность конструкций механизмов и узлов и высокая энергоемкость при рабочем движении. Для уменьшения энергозатрат на привод выгребного устройства возможно применение рыхления и частичного удаления балластного слоя под шпалами.

2.1 Пассивный рабочий орган для вырезки балласта с центробежной очисткой.

Центробежные щебнеочистительные рабочие органы системы А.М. Драгавцева применяются на отечественных щебнеочистительных машинах ЩОМ-4 и ЩОМ-4М [12]. Такие рабочие органы компактны, одновременно выполняют функции выгребного и очистного устройства, обладают высокой производительностью при удовлетворительном качестве очистки [3].

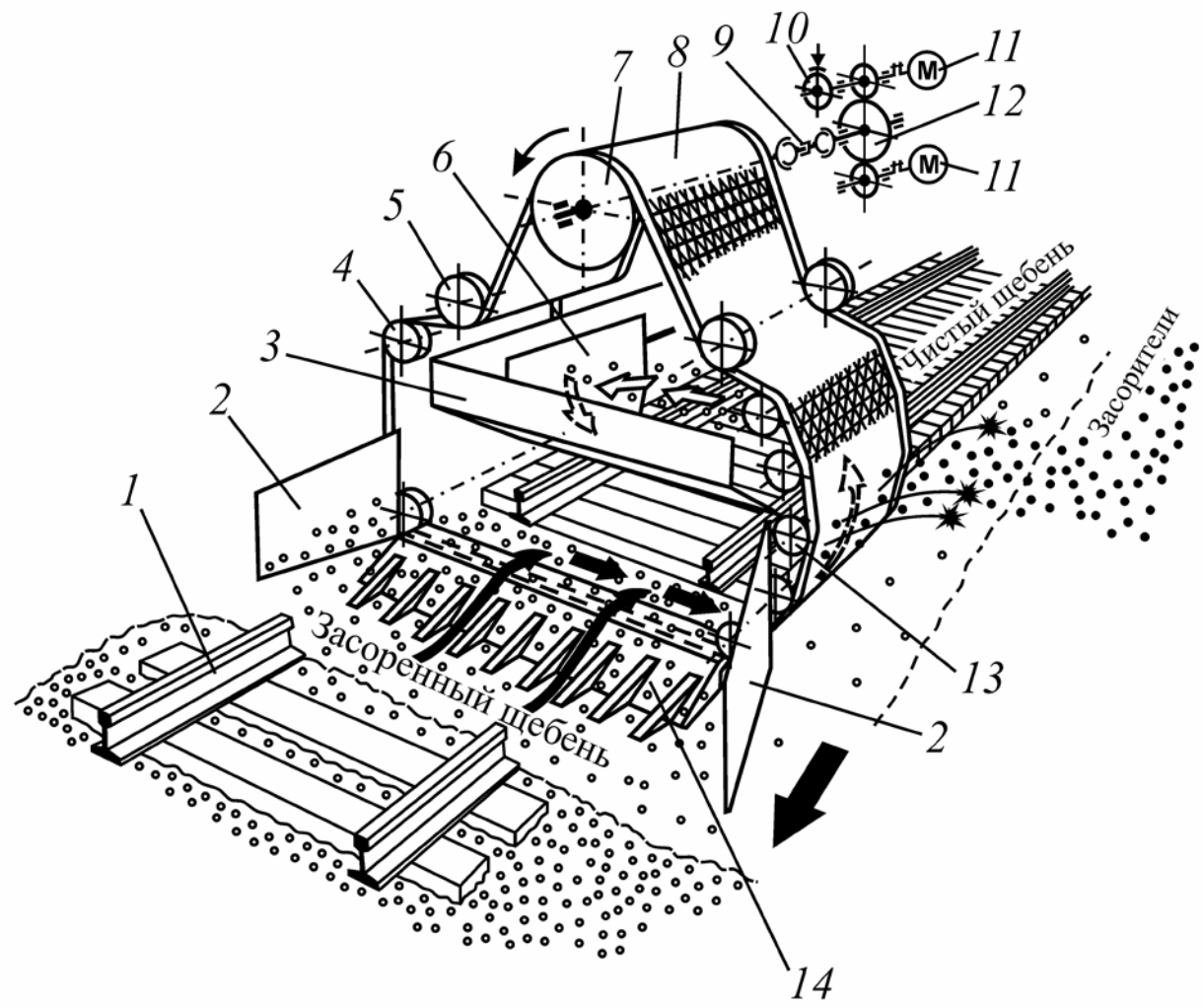


Рис. 1. Схема выгребного и центробежного очистительного устройства железнодорожно-строительных машин высокой производительности; 1 – железнодорожный путь; 2 – подгребающие крылья; 3 – бункер; 4, 5 и 7 – отклоняющие, натяжные и ведущие звездочки; 6 – заслонка; 8 – гибкая сетчатая лента; 9 – карданный вал; 10 – тормоз; 11 – приводные электродвигатели; 12 – редуктор; 13 – роликовые батареи; 14 – подрезной нож

Однако они имеют низкий уровень надежности, высокую энергоемкость и производят выброс засорителей на плечо балластной призмы и откосы земляного полотна, что приводит к появлению шлейфов и засорению водоотводов.

Центробежный щебнеочистительный рабочий орган (рис. 1) представляет собой замкнутую сетчатую (типа «рабица») ленту 8, установленную в контуре, состоящем из роликовой батареи 13, отклоняющих 4 и натяжных 5 звездочек, контактирующих с двумя тяговыми цепями ленты. Привод ленты осуществляется через ведущий вал, на котором установлены две ведущие звездочки 7. Ведущий вал через карданный вал 9 связан с редуктором 12 (i = 5,15), имеющим два входных вала с присоединенными через муфты электродвигателями постоянного тока 11. На одном из валов редуктора установлен тормоз 10. На горизонтальном участке гибкая сетчатая лента 8 проходит пассивный подрезной нож 14 с направляющими для тяговых цепей. В нижней части ножа имеется сплошной лист, предотвращающий падение щебня и засорителей на балластное основание. При непрерывном движении железнодорожно-строительной машины по пути 1 в направлении стрелки балласт захватывается подгребными крыльями 2 и через подрезной нож 14 попадает на горизонтальный участок гибкой сетчатой ленты 8, где происходит частичная очистка балласта от засорителей. Далее балласт разгоняется вместе с движением ленты до 14-15 м/с и попадает на криволинейный участок, образуемый двумя роликовыми батареями 13. При разгоне слои балласта перемещаются друг относительно друга, мелкие

фракции и засорители на криволинейном участке сетки под действием центробежных сил проникают через ячейки сетки и выбрасываются за торцы шпал в сторону. Чистый щебень (крупных фракций) поднимается по ленте и отлетает в конце криволинейного участка по касательной до удара в заслонку 6. После этого щебень падает на наклонную часть бункера 3. С наклонной части бункера часть щебня падает на железнодорожный путь за подрезным ножом, а часть щебня отбирается пластинчатым конвейером для выгрузки на железнодорожный путь перед задней тележкой. Щебень, выгруженный на железнодорожный путь сразу за подрезным ножом, разравнивается планировщиком. Отлетевшие в сторону засорители образуют шлейф вдоль железнодорожного пути на плече балластной призмы или откосах земляного полотна.

Конструктивно пассивный рабочий орган для вырезки балласта с центробежной очисткой состоит (рис.2) из двух рам: подъемной и несущей.

Подъемная рама 10 (рис. 2) предназначена для подъема и опускания несущей рамы 2 со щебнеочистительным оборудованием, ведущего вала со звездочками 7 привода ленты 8 и передачи на ферму 9 нагрузок, действующих на несущую раму при работе железнодорожно-строительной машины. Подъем и опускание подъемной рамы осуществляется гидроцилиндрами 15. При этом подъемная рама скользит по направляющим 11, закрепленным на вертикальных стенках фермы 9. В транспортном положении подъемная рама опирается на ферму через домкраты.

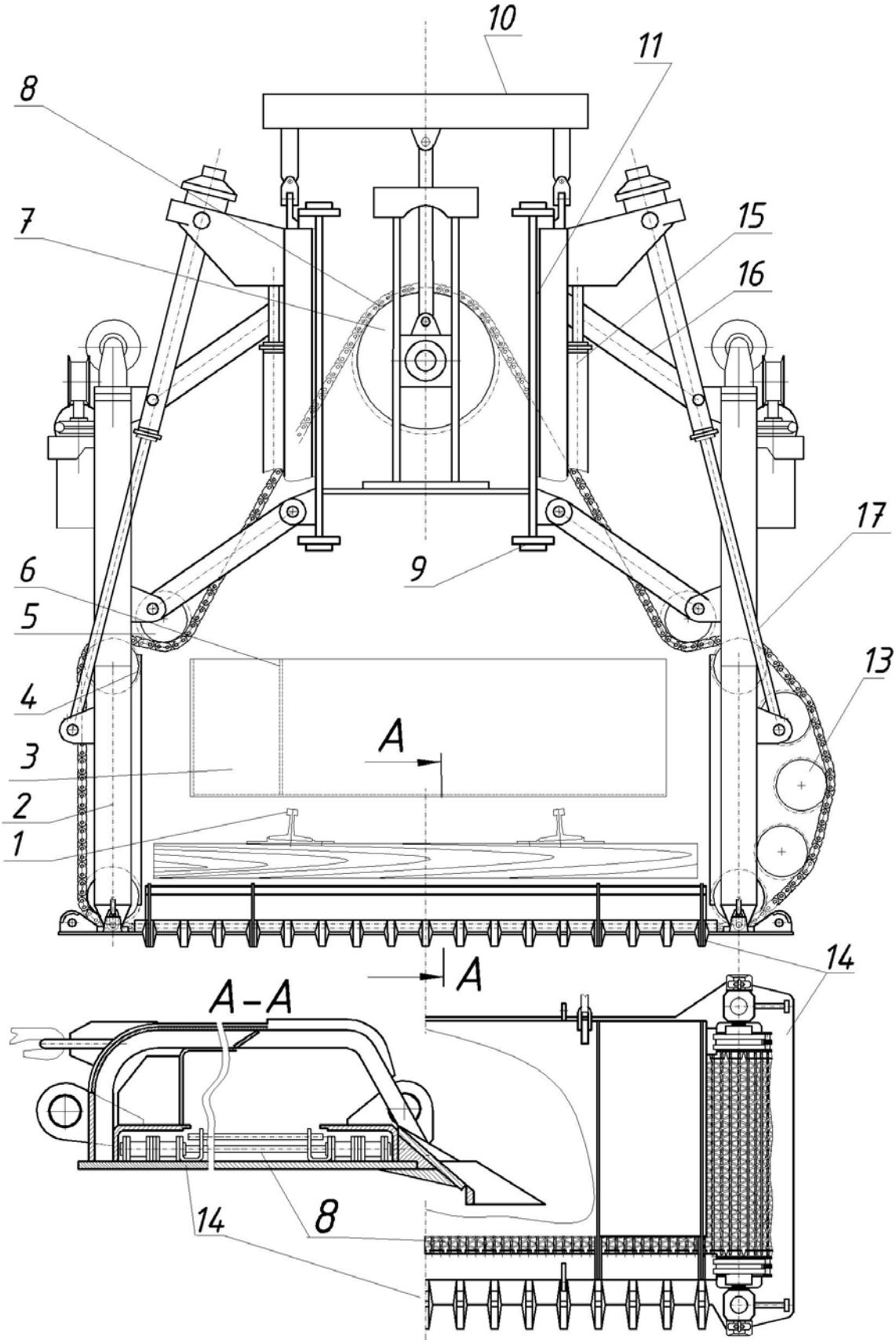


Рис.2. Выгребное и центробежное очистительное устройства железнодорожно-строительных машин высокой производительности: 1 – железнодорожный путь; 2 – несущая рама; 3 – бункер; 4, 5 и 7 – отклоняющие, натяжные и ведущие звездочки; 6 – заслонка; 8 – лента

сетчатая гибкая; 9 – рама железнодорожно-строительной машины; 10 – подъемная рама ; 11 – направляющие; 13 – роликовые батареи; 14 – подрезной нож.

Несущая рама 2 (рис. 2) служит основанием для крепления подрезного ножа 14, подгребающих крыльев 2 (см. рис.1), роликовой батареи 13 (рис. 2), натяжных звездочек 5, регулирующего устройства и лебедок для подведения подрезного ножа под путевую решетку. Несущая рама 2 состоит из двух вертикальных рам, соединенных шарнирно с подъемной рамой 10 рычагами 16. В транспортное и рабочее положения несущая рама приводится гидроцилиндрами 17 развала несущей рамы. Гидроцилиндры оснащены гидрозамками для фиксирования положения рамы при прекращении подачи жидкости в полости цилиндра. Для перекоса ножа в продольном направлении смещают передние скользуны по ходу железнодорожно-строительной машины относительно задних, а в поперечном направлении — скользуны одной стороны по отношению к другой.

Подрезной нож 14 (рис. 2, А-А) сварен из листа-основания, к которому приварены уголки, служащие направляющими при движении сетчатой ленты 8 по подрезному ножу. К передней части листа-основания приварена режущая кромка с зубьями. Для увеличения износостойкости передние концы зубьев и передняя грань режущей кромки наплавлены твердыми сплавами.

Сетчатая лента 8 (рис.2) выполняется плоской, по краям закреплена (рис.3 м) к двухрядной приводной цепи 2ПР-50,8-453,6 ГОСТ 13568-97, собирается из отдельных проволочных спиралей 4, вплетенных одна в другую и соединенных между собой нижним рядом соединительных прутков 5 диаметром 12 мм. Прутки 9 установлены для увеличения сцепления балласта с движущейся лентой и защиты её от износа за счет уменьшения проскальзывания балласта по ленте. Прутки 5 и 9 входят в отверстия пластин 3 скобы 2. Скобы 2 приварены к звеньям приводной

цепи 1(рис.3м). Пруток 8 (рис.3 м) служит для замыкания сетчатой ленты в бесконечную при приведении щебнеочистительной машины в рабочее положение. В транспортном положении щебнеочистительной машины сетчатая лента 8 (рис.2) разъединяется: одна часть остаётся на подрезном ноже, другая – на отклоняющих, натяжных и ведущих звездочках и роликовых батареях.

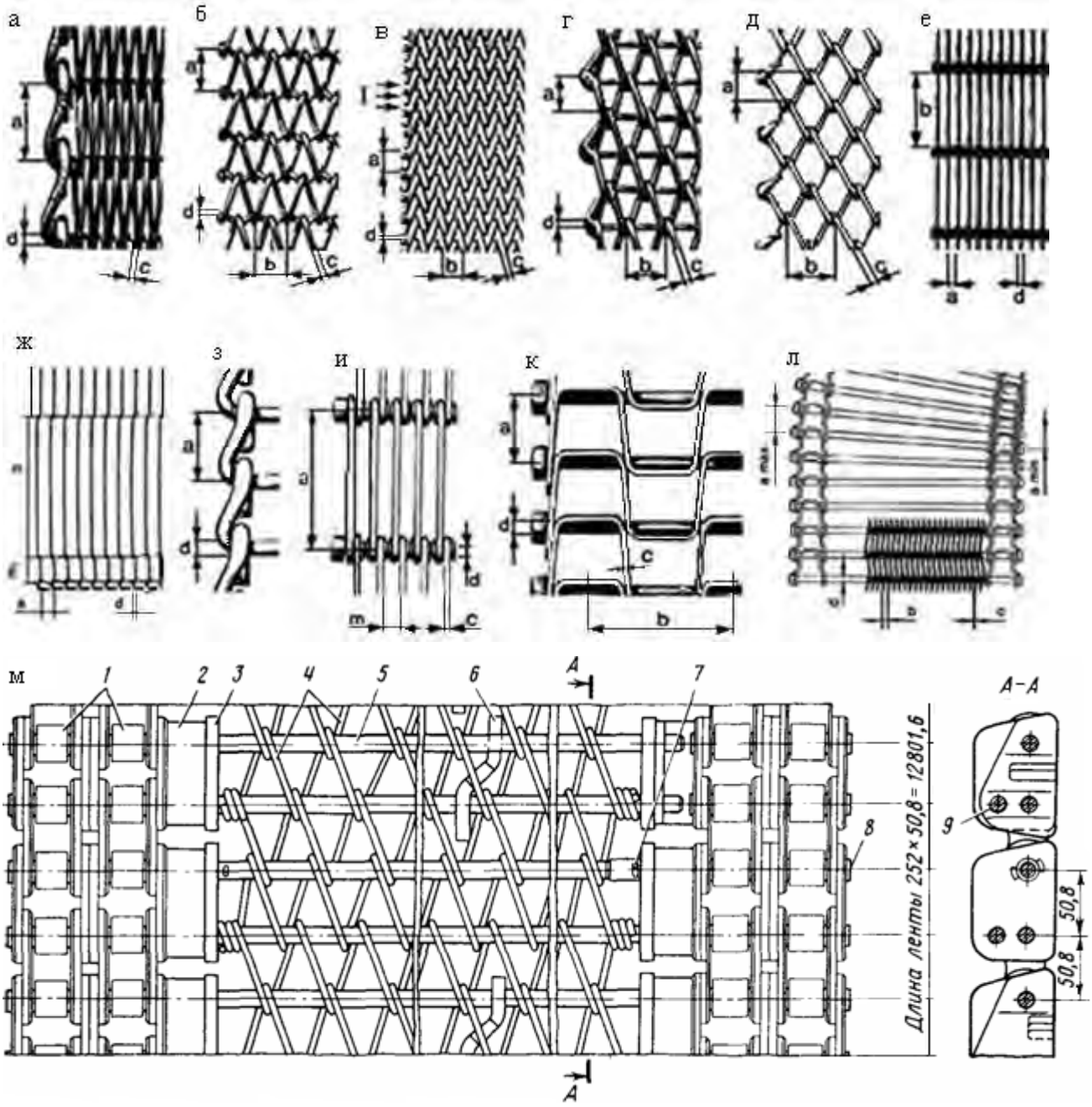


Рис.3. Сетчатые ленты: а-д - рабица; е-л - лесенка; м-усиление сетчатой ленты приводными роликовыми цепями: 1- двухрядная втулочно-роликовая цепь; 2-скоба; 3-пластина; 4-спираль из проволоки диаметром 6-

8мм; 5-пруток соединительный рядовой; 6-скользун; 7-шплинт; 8- пруток соединительный стыковой; 9-пруток верхний.

На эффективность очистки щебня оказывают влияние форма отверстий сетчатой ленты: треугольные, квадратные, прямоугольные, трапециидальные. Квадратные отверстия наиболее распространены и позволяют пропускать частицы засорителя размером на 15-20% больше, чем при других формах отверстий такого же размера. Сетчатая лента (рис.3) в общем случае может быть изготовлены из нержавеющей стальной проволоки различных типов (лесенка, рабица), с размером ячейки не более 25х25мм [4].

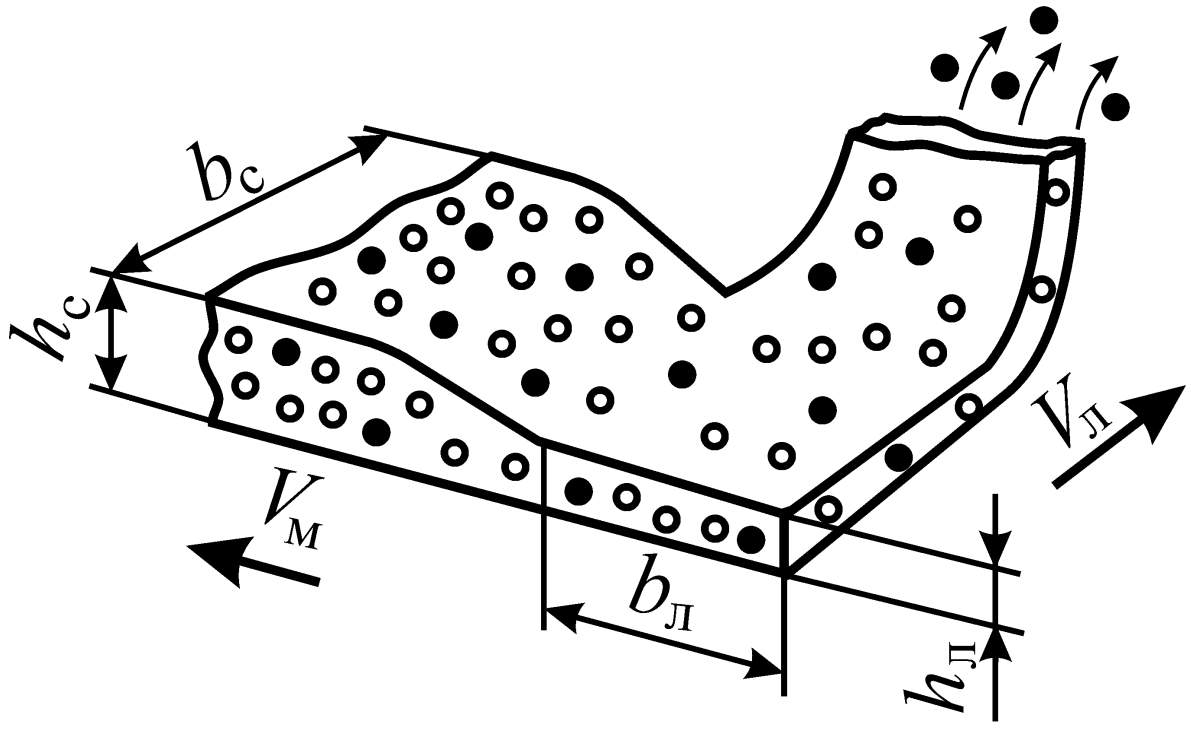


Рис. 4. Расчетная схема к определению максимальной скорости движения железнодорожно-строительной машины $V_м$, согласованной со скоростью движения сетчатой ленты $V_л$

Поступательная скорость движения железнодорожно-строительной машины $V_м$, м/с (рис. 4) и скорость движения гибкой ленты $V_л$, м/с должны быть взаимно согласованы. Объем поступающего на ленту материала не должен превышать перерабатывающей способности (производительности)

грохота. В противном случае на ленте будут образовываться «завалы» из щебня, приводящие к остановкам железнодорожно-строительной машины для их расчистки. Вместе с тем, скорость движения ленты должна быть достаточной, чтобы происходил подъем материала по ее криволинейной части, но при этом должно иметь место взаимное относительное движение слоев материала для лучшего просеивания засорителей.

Минимальная скорость движения ленты по условию подъема частицы

$$V_{\min} = \sqrt{g \cdot R}\ , \text{м/с} \qquad (2.1)$$

где R – радиус криволинейной части грохота, м.

Фактическая скорость движения ленты должна быть больше.

Зная скорость движения ленты $V_л$ м/с, ширину $b_л$ м и толщину $h_д$ м слоя балласта на ней, можно найти максимально допустимую по условию нормальной очистки скорость поступательного движения железнодорожно-строительной машины $V_м$, м/с (рис. 4). Если производительность железнодорожно-строительной машины по рыхлому состоянию щебня

$$П_м = KV_м b_c h_c,\ \text{м}^3/\text{ч} \qquad (2.2)$$

где K – коэффициент, учитывающий рыхление щебня;

b_c и h_c – ширина и толщина выгребаемого слоя щебня на железнодорожном пути, м);

а производительность ленты $П_л = V_л b_л h_л$, то после приравнивания последних двух выражений и преобразований получим выражение для максимально допустимой скорости движения щебнеочистительной машины, м/с:

$$V_{м\,max} = \frac{V_л b_л h_л}{K b_c h_c}. \qquad (2.3)$$

Толщина слоя балласта на ленте принимается $(0{,}15 – 0{,}2)b_c$, м [3].

2.2 Активные вырезающие рабочие органы

2.2.1 Роторный рабочий орган

Роторный рабочий орган, включающий левый и правый роторы, по принципу действия аналогичен роторному многоковшовому экскаватору и предназначен для вырезки щебеночного балласта за торцами шпал со стороны обочины и междупутья [3]. Роторный рабочий орган (рис.5) состоит из правого 1 и левого 10 многоковшовых роторов, установленных на расстоянии 3,35 м от оси шкворня задней тележки 15 (см. рис. 5). Роторы установлены на штангах 2 и 11 сварной конструкции, которые с одной стороны через двойные шарниры связаны с рамой железнодорожно-строительной машины, а с другой стороны шарнирно связаны с внутренней (основной) рамой 8 каждого ротора. Ротор 10, в рабочее и транспортное положение устанавливается при совместной согласованной работе гидроцилиндров: 12 подъема и опускания, 9 выравнивания ротора в плане и 3 выдвижения ротора. Максимальное выдвижение ротора от оси пути 2,55м, а заглубление от поверхности катания рельсов 0,9 м. Каждый ротор состоит из двух стальных дисков 9, соединенных между собой уголками, на которых закреплены по окружности 8 ковшей 5 с полукруглыми днищами и зубьями 4 из износостойкой стали [1].

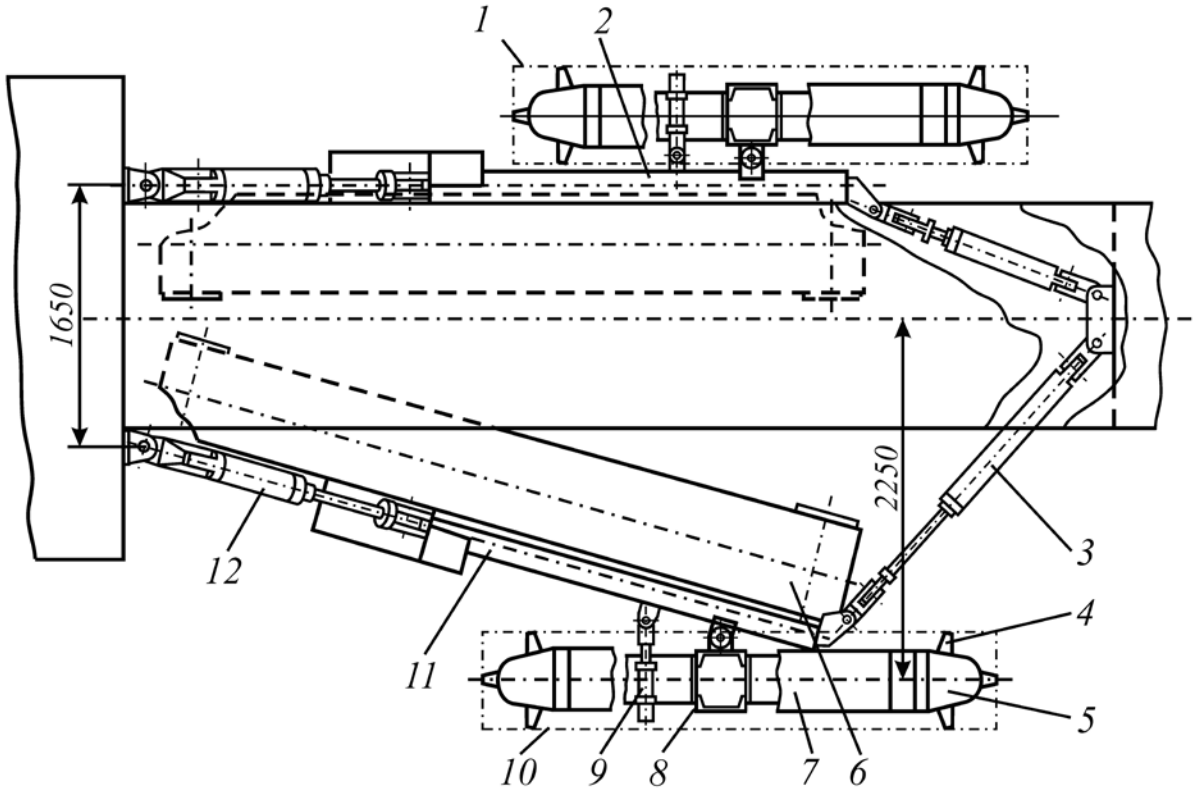


Рис. 5. Роторный рабочий орган щебнеочистительной машины: 1 и 10 – левый и правый роторы; 2 и 11 – штанги; 3, 9 и 12 – гидроцилиндры выдвижения, выравнивания и подъема ротора; 4 – зубья; 5 – ковши; 6 – конвейеры приема щебня; 7 – диск ротора; 8 – внутренняя рама ротора

В секторе разгрузки ротора установлен направляющий лоток, по которому вырезанный балласт спускается на приемный конвейер 6.

Привод ротора 11 (рис.6) состоит из высокомоментного радиально-поршневого гидромотора МРФ 1000/25М-У4, одноступенчатого конического редуктора и открытой зубчатой передачи, шестеренка которой закреплена на ведомом валу конического редуктора, а ведомое зубчатое колесо закреплено на диске ротора 15 (рис.6). Опорой роторов являются два опорных ролика 12 и два направляющих ролика 13, закрепленных на каждой раме ротора 10. Каждая рама роторов закреплена на соответствующих штангах 4 и 5 (рис.6)

Роторное устройство имеет механическую защиту по усилию на ковше в виде срезного штифта в муфте, соединяющей редуктор и электродвигатель. Ковш шире ротора и имеет специальную форму

режущей кромки, которая обеспечивает приемлемые углы резания и отсутствие осевых усилий на боковые стенки ротора, как при продольном копании, так и при установке ротора под углом к оси железнодорожного пути. Для перемещения роторных устройств из рабочего положения в транспортное при отсутствии давления в гидросистеме предназначен аварийный подъем 16 (рис. 6), при этом строповка производится за один из ковшей ротора. Роторные устройства в транспортном положении закрепляются запорами 1 и фиксаторами 17(рис.6).

Роторный рабочий орган применяется на щебнеочистительных машинах ЩОМ-4, ЩОМ-МФ, ЩОМ-6Р и уборочных машинах УМ [3,12].

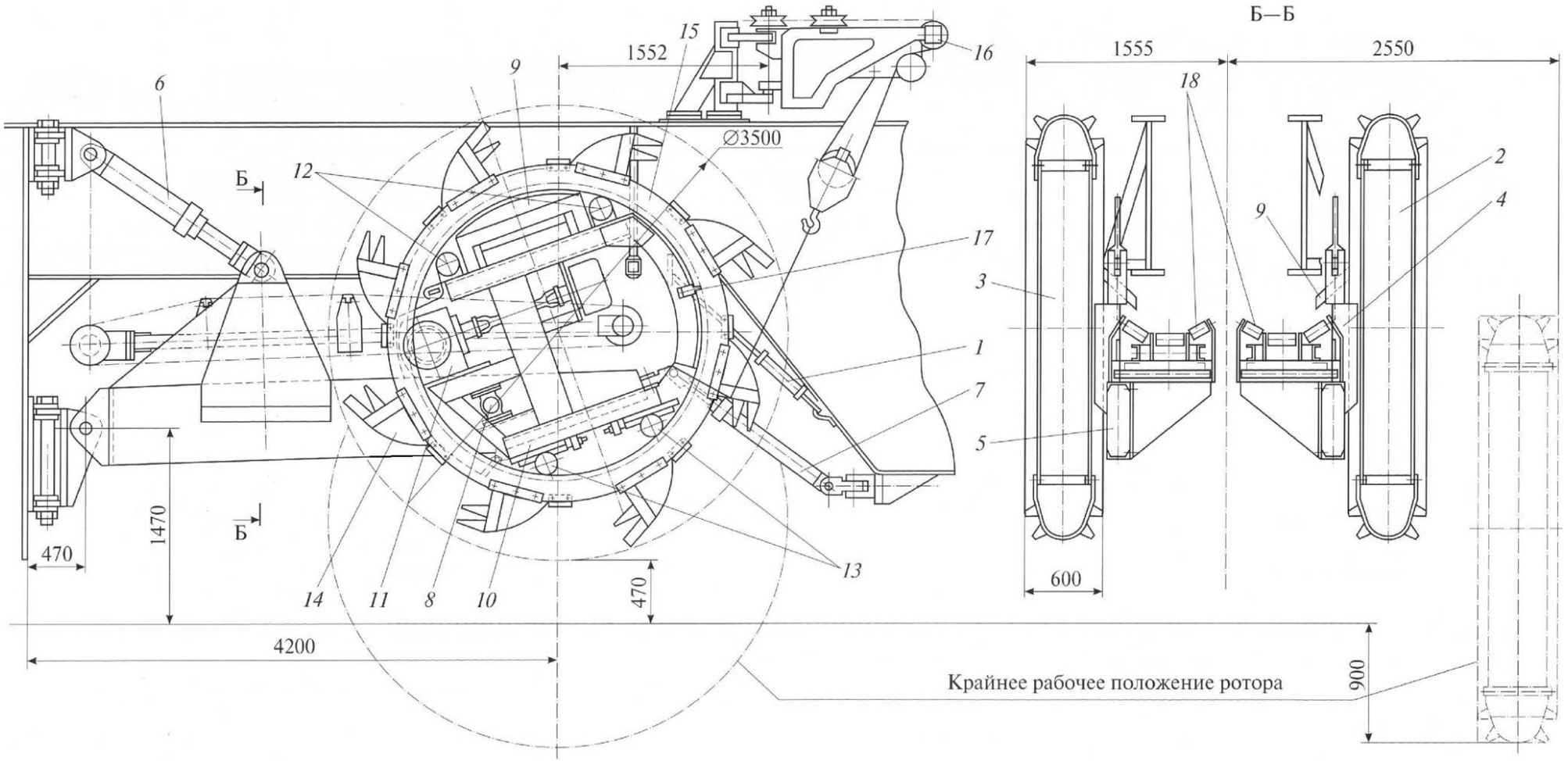


Рис.6. Установка роторного рабочего органа на щебнеочистительной машине: 1-запор транспортный; 2 и 3-роторы левый и правый; 4 и 5-штанги левая и правая; 6-гидроцилиндр подъёма ротора;7-гидроцилиндр выдвижения; 8-гидроцилиндр выравнивания ротора; 9-лоток направляющий; 10-рама ротора; 11-привод ротора; 12 и 13-ролики опорные и направляющие; 14-ковш; 15-диск ротора; 16-механизм аварийного подъёма ротора; 17-фиксатор; 18-конвейеры

2.2.2 Выгребное устройство с двумя дисковыми фрезами

Выгребное устройство, показанное на рис. 7, состоит из двух симметрично расположенных дисковых фрез 1, вырезающих щебень по всей ширине захвата. На стойках по окружности с шагом 0,7 м установлены зубья 3. Вырезанный щебень обрушивается в желобчатое пространство, образованное днищем 2 фрезы, ее ступицей 4 и забоем, и транспортируется фрезой под действием сил трения в режиме тарельчатого питателя. Фрезу разгружает неподвижно закрепленный плужок 5. Далее щебень перегружают с использованием лопастных питателей на расположенные в желобах 6 конвейеры.

Зарядка дисковых фрез производится с предварительной подъемкой путевой решетки и разгонкой нескольких шпал. Фрезы закреплены на несущих металлоконструкциях шарнирно и снабжены приводом качания в вертикальной плоскости. При зарядке дисковые фрезы выставляются в горизонтальной плоскости \/ - образно и, вращаясь, внедряются в балластную призму. Разрядка производится в обратной последовательности.

В этом варианте наиболее полно реализована идея вырезки щебня минимальным количеством рабочих органов наиболее рационального роторного типа. Представленный вариант выгребного устройства обеспечивает качественную без потерь перегрузку и быструю транспортировку вырезанного щебня от дисковых фрез. Основным недостатком выгребного устройства такой компановки является сложность размещения оборудования на железнодорожно-строительной машине [5].

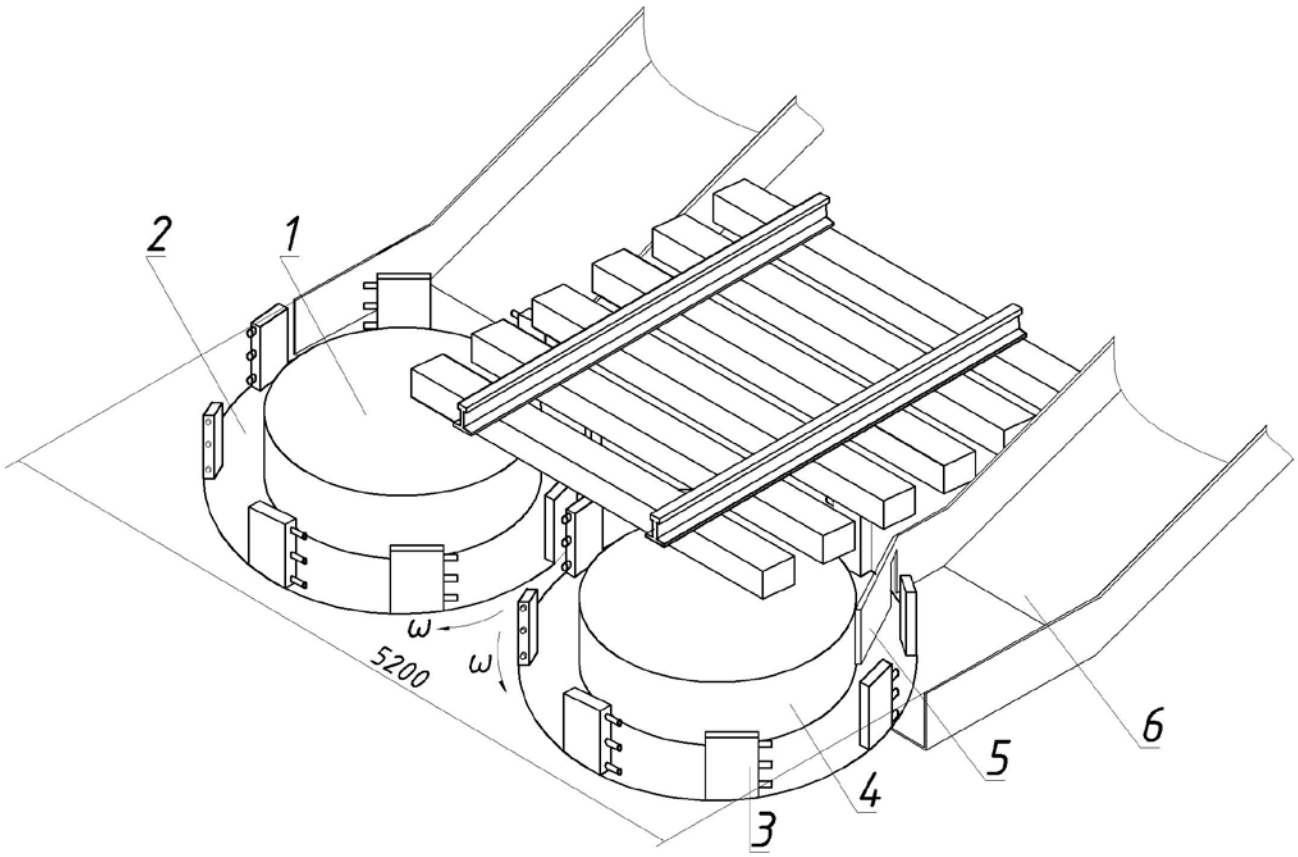


Рис. 7 - Выгребное устройство с двумя дисковыми фрезами: 1-дисковая фреза; 2 - днище; 3 - зуб; 4 - ступица; 5 – плужок; 6 – желоб.

2.2.3 Устройство с двумя ковшовыми роторами и двумя дисковыми фрезами

Выгребное устройство, состоит из двух ковшовых роторов 1 и двух симметрично расположенных горизонтальных дисковых фрез 2 той же конструкции, что и в предыдущем варианте, но меньшего диаметра (рис. 8). Дисковые фрезы 2 вырезают щебень из-под рельсошпальной решетки и подают его в торцы роторов 1. Ковши 4 не имеют боковых стенок со стороны путевой решетки. Для предотвращения высыпания щебня из ковшей роторы снабжены неподвижными боковыми стенками 3. Ковши 4 частично загружаются щебнем от фрез 2, а полностью догружаются в зоне копания траншей за торцами шпал. Таким образом, роторы 1 совмещают функции копания траншей и транспортировки щебня от фрез 2. Вырезанный материал

системой конвейеров подается на вибрационный грохот для отделения засорителей.

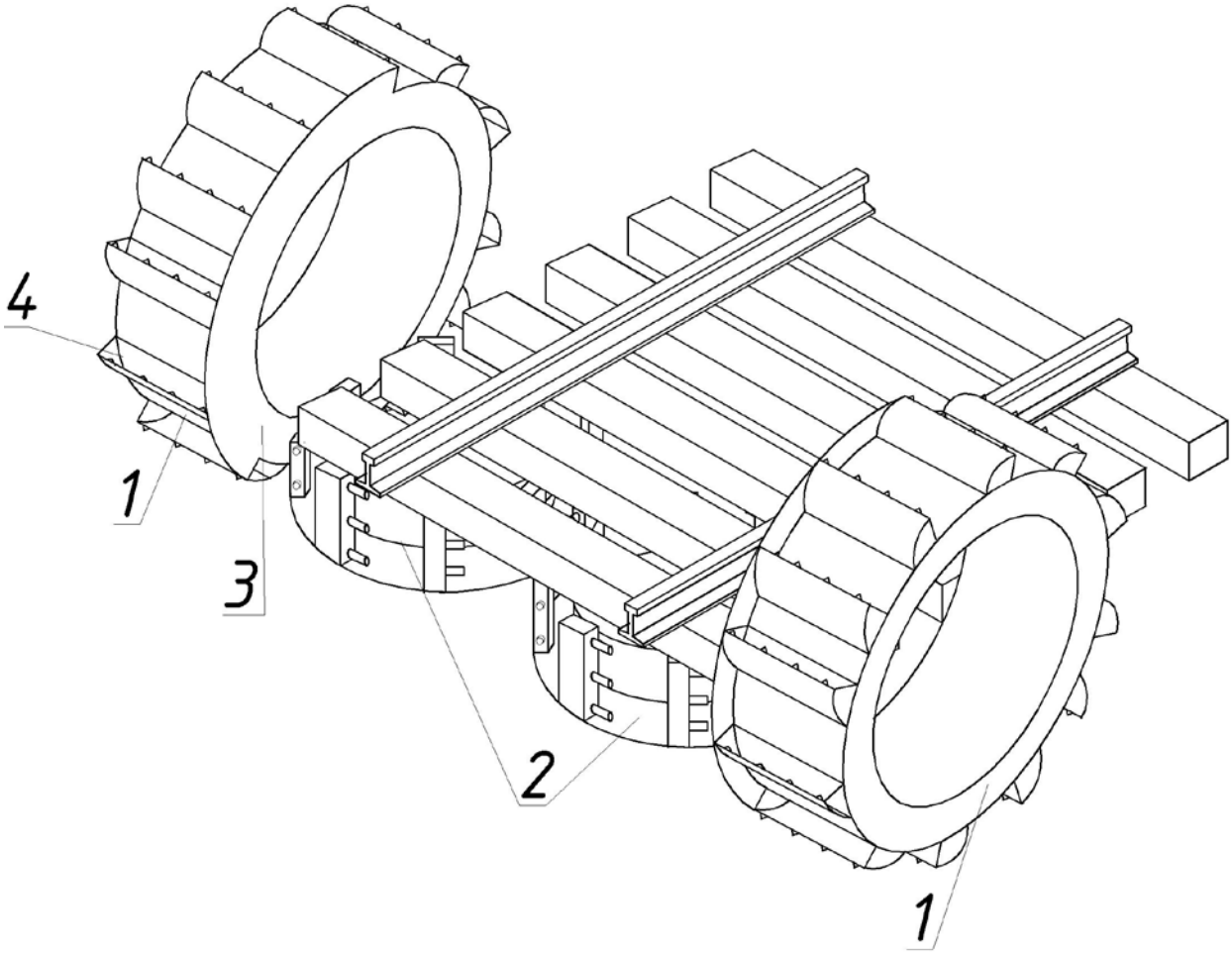


Рис.8 – Выгребное устройство с двумя ковшовыми роторами и двумя дисковыми фрезами: 1- ротор многоковшовый; 2- фрезы дисковые; 3- стенка боковая неподвижная; 4-ковши.

Рабочие органы роторного типа (к которым относятся и дисковые фрезы), создают меньшие сопротивления движению [3], чем пассивные выгребные устройства. Однако из-за сложности конструкции роторы и дисковые фрезы уступают по широте применения цепным выгребным рабочим органам.

Использование дисковых фрез подтверждает возможность вырезки щебня из-под путевой решетки и соблюдения габаритов в транспортном положении.

2.2.4. Устройство для рыхления слежавшегося балласта.

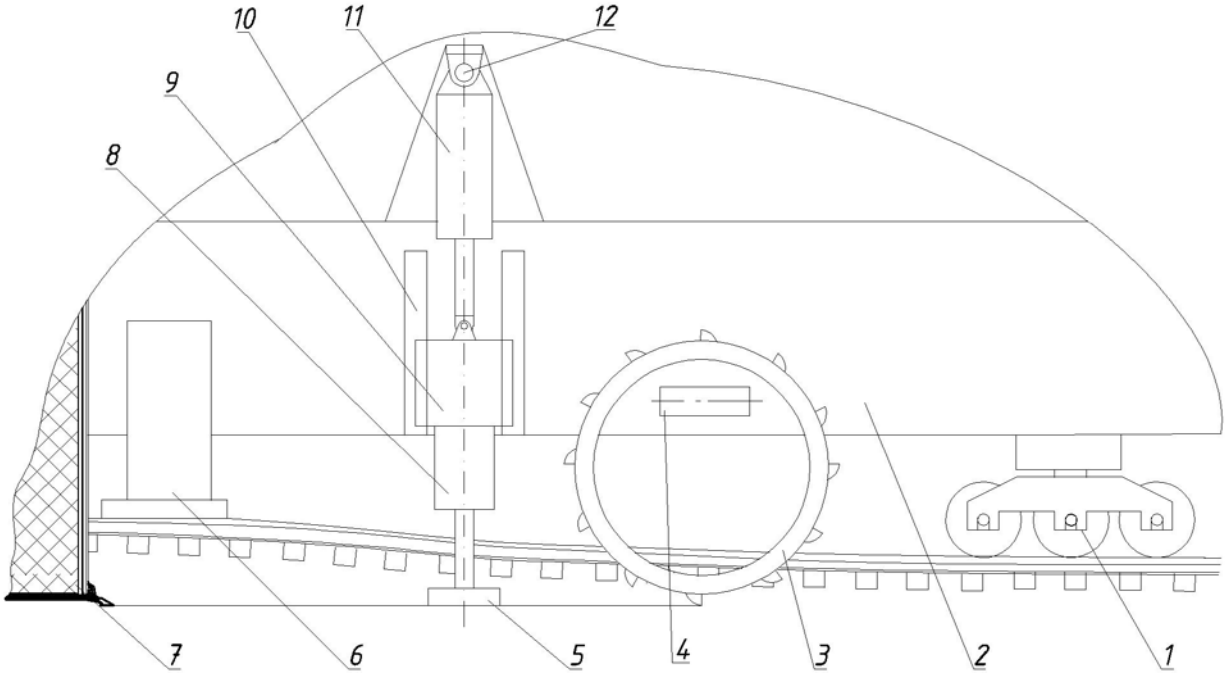


Рис.9. Установка рыхлителей на щебнеочистительной машине: 1-ходовая тележка; 2-рама машины; 3-ротор многоковшовый; 4-конвейер; 5-рыхлитель; 6-подъмник; 7-выгребное устройство; 8-редуктор; 9-двигатель; 10-направляющие; 11-гидроцилиндр; 12-шарнир.

Для уменьшения усилия на рабочем органе при вырезке загрязненного слежавшегося балласта возникает потребность в применении рыхлителей 5 (рис.9).

Рыхлители 5 размещены с двух сторон относительно продольной оси железнодорожно-строительной машины. Каждый рыхлитель 5 представляет собой дисковую фрезу, расположенную горизонтально в боковых траншеях, образованных роторными заборными органами 3 за торцами шпал с обеих сторон железнодорожного пути. Вращательное движение на фрезу передается от двигателя 9 через редуктор 8. В транспортном режиме рыхлитель перемещается по направляющим 10 гидроцилиндром 11 в крайнее верхнее положение и закрепляется транспортными фиксаторами. Гидроцилиндр 11 закреплен на раме 2 щебнеочистительной машины

шарниром 12. С роторных заборных органов 3 неочищенный балласт забирается конвейером 4 для передачи на очистное устройство.

Щебнеочистительная машина работает следующим образом. При подходе к месту зарядки выгребного устройства 7 опускаются роторные заборные органы 3 и вырезают траншеи за торцами шпал шириной 0,5 – 0,6 м. Вырезанный балласт подается или внутрь колеи, или на междупутье и обочину, или забирается устройством 4. Затем производится зарядка выгребного устройства 7. Одновременно подготавливаются к работе боковые рыхлители 5 балласта. Снимаются фиксирующие элементы, крепящие рыхлители 5 к раме 2 в транспортном положении. Гидроцилиндром 11 по направляющим 10 опускаются с каждой стороны железнодорожного пути рыхлители 5 вместе с двигателем 9, редуктором 8 и закрепленной на выходном валу дисковой фрезой на глубину, соответствующую расположению выгребного устройства 7. После опускания рыхлителей 5 включают двигатель 9, который с помощью редуктора 8 вращает дисковую фрезу в горизонтальной плоскости.

При включении привода очистной сетки выгребного устройства 7 щебнеочистительная машина начинает перемещение вдоль железнодорожного пути. При этом режущие элементы вращающейся дисковой фрезы заходят в балластную призму под путевой решеткой и разрыхляют балласт.

2.2.5 Выгребное устройство со скребковой цепью.

Железнодорожно-строительные машины для глубокой очистки щебеночного балласта оснащаются рабочим органом для выгребания и подачи балласта на транспортирующую систему (рис. 10).

Выгребная цепь 11 на участке рабочего (восходящего) желоба 8 представляет собой скребковый конвейер, в котором объединяются два потока балласта:

-основной, образующийся за счет отделения скребками от массива балластной призмы загрязненного балласта на участке горизонтальном участке под шпалами и частично за торцами шпал, а также просыпавшегося балласта из шпальных ящиков;

-дополнительный, идущий от подгребающих крыльев 2 и 9.

Рабочий орган (рис. 10) содержит замкнутую выгребную цепь 11, которая имеет холостой участок, расположенный в желобе 4, участок вырезания балласта, расположенный в подпутной балке 10, и рабочий участок подъема балласта, расположенный в рабочем желобе 8. С целью обеспечения безопасности и уменьшения выделения пыли желоба закрыты. Выгребная цепь 11 имеет скребки (лопатки) со стержнями-барами (англ. bar – стержень), поэтому иногда такой рабочий орган называют баровым. Скребковая цепь 11(рис. 10) движется в правом и левом желобах и в направляющих подпутной балки, которая соединяет желоба под шпалами ремонтируемого железнодорожного пути. Подпутная балка устанавливается симметрично оси железнодорожного пути в предварительно подготовленной траншее и имеет различную длину: короткую для работы на станционных железнодорожных путях и увеличенную для работы на перегонах. В транспортном положении одна балка расположена на специальных кронштейнах, а в подготовленную траншею устанавливается при помощи электроталей, вторая же находится на площадке рамы передней части железнодорожно-строительной машины. Концы желобов снабжены пригребными крыльями 2 и 9 (рис.10) для захвата балласта из плечевой зоны балластной призмы. Желоба имеют защитные перила и кнопки аварийной остановки цепи. Глубина вырезаемого слоя балласта устанавливается гидроцилиндрами 15 (см. рис.13), подвешенными на раме железнодорожно-строительной машины. При работе щебнеочистительная машина перемещается поступательно в направлении стрелки, вызывая подачу скребковой цепи 11 (рис. 10) на участке вырезания балласта (в забое).

При работе на «сухих» выплесках и большой глубине вырезки часть балласта может не попасть на рабочий желоб, потому что не полностью высыпается балласт из шпальных ящиков (возникает необходимость установки пробивщика балласта в шпальных ящиках), а при большой глубине загрязненный балласт пересыпается через подпутную балку 10 (тогда необходимы гибкие защитные экраны, перекрывающие пространство между подошвой шпал и верхней поверхностью подпутной направляющей балки 10).

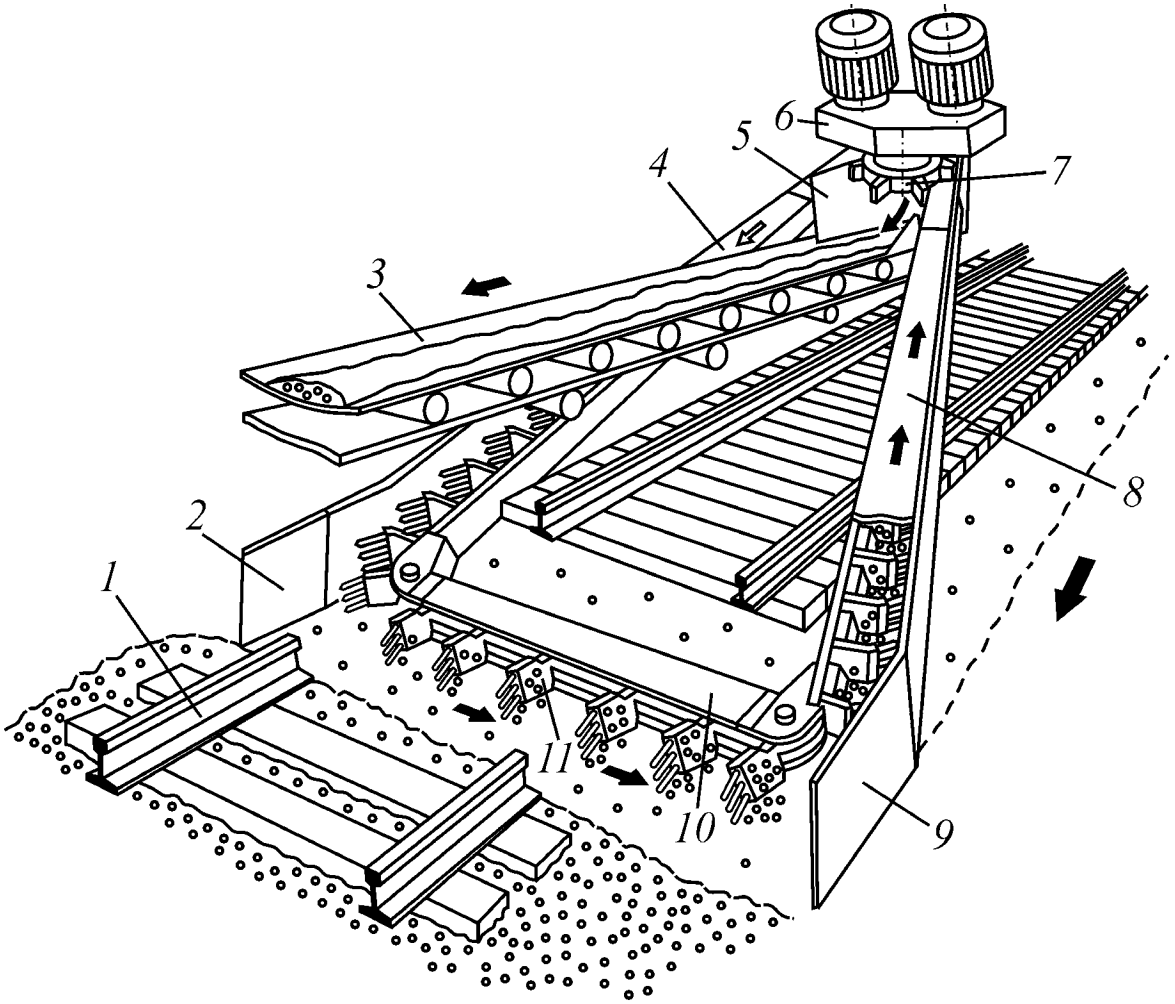


Рис. 10. Выгребной рабочий орган с скребковой цепью: 1 – железнодорожный путь; 2 и 9- пригребные крылья; 3 – конвейер передачи вырезанного материала; 4 и 8 – холостой и рабочий желоба; 5 – разгрузочный лоток; 6 – привод цепи; 7 – ведущая звездочка; 10 – подпутная направляющая балка; 11 – выгребная скребковая цепь.

На качество работы и производительность щебнеочистительной машины влияют скорость скребковой цепи, мощность ее привода и количество зубьев (стержней) на скребках[4]..

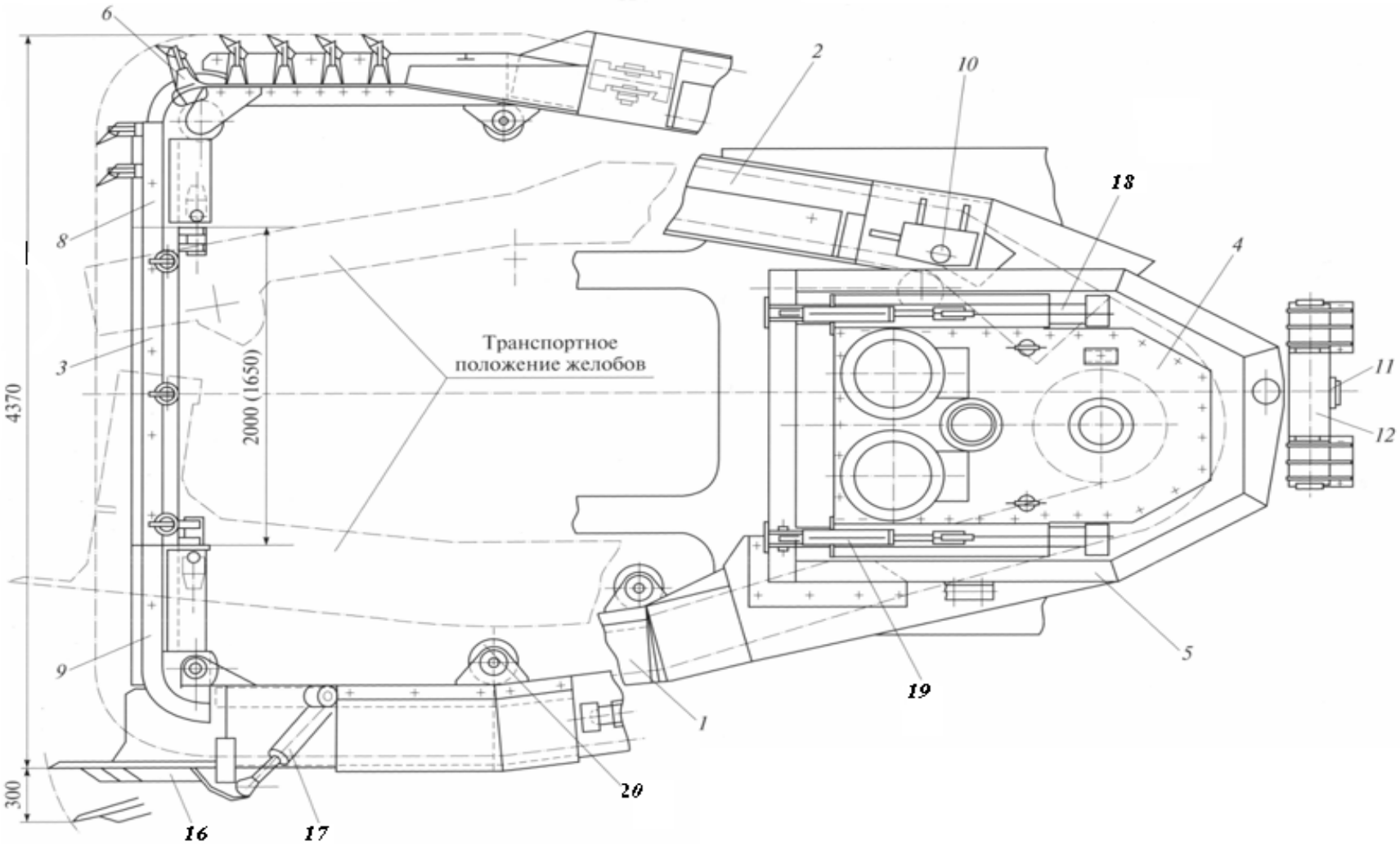


Рис.11 Конструкция выгребного рабочего органа с скребковой цепью:1 и 2- рабочий и холостой желоба; 3-подпутная балка; 4-привод выгребной цепи; 5-рама привода; 6-выгребная скребковая цепь; 8 и 9-колено(вставка);10-вал вертикальный;11-двойной шарнир;12-балка; 16- пригребные крылья; 17-гидроцилиндры управления подкрылками; 18-направляющая; 19-гидроцилиндры перемещения редуктора;20-ролик.

Цепь приводится в движение двумя электродвигателями привода через редуктор 6 и ведущую звездочку 7 (рис.10). Для привода скребковой цепи применяются также и гидромоторы (приложение 2). Система крепления редуктора позволяет регулировать натяжение цепи.

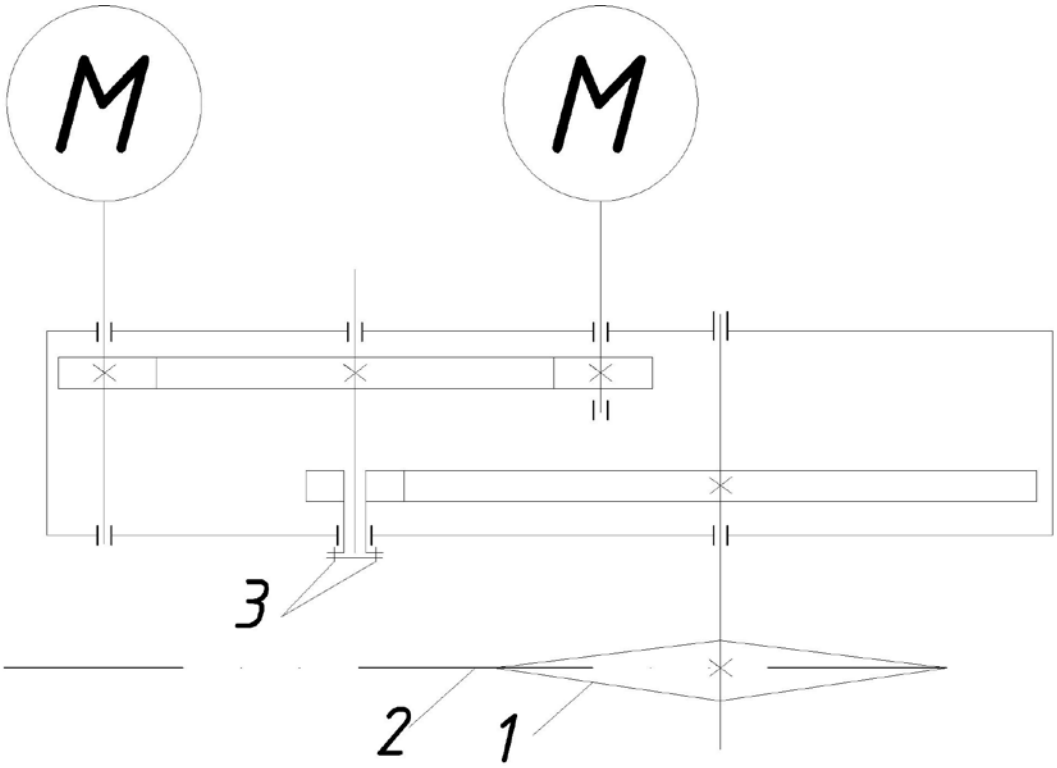


Рис. 12. Кинематическая схема редуктора привода скребковой цепи.
1-звездочка ведущая; 2 –скребковая цепь; 3- срезной штифт.

Движущаяся цепь подрезает балласт и направляет его по желобу 7 к месту разгрузки – разгрузочному лотку 5, с которого он попадает на конвейер 3 и направляется к грохоту. Рабочий орган позволяет производить вырезку балласта на глубину до 1 м ниже уровня поверхности катания рельсов.

При работе желоба 1 (рис.13) устанавливаются гидроцилиндрами 5 и 6 в рабочее положение, подпутная балка 10 (рис.10) заводится под путь электрической талью и закрепляется на желобах через колена 8 и 9(рис.11) Участок цепи, находящийся на подпутной балке, соединяется с участками скребковой цепи, расположенными на желобах. Предусмотрена короткая подпутная балка для работы на станционных железнодорожных путях в стесненных габаритных условиях, и длинная балка для работы на перегоне. Цепь в начале работы натягивается путем перемещения блока привода двумя

гидроцилиндрами 25(рис.11). Цепь приводится в движение двумя электродвигателями через редуктор 4(рис.11).

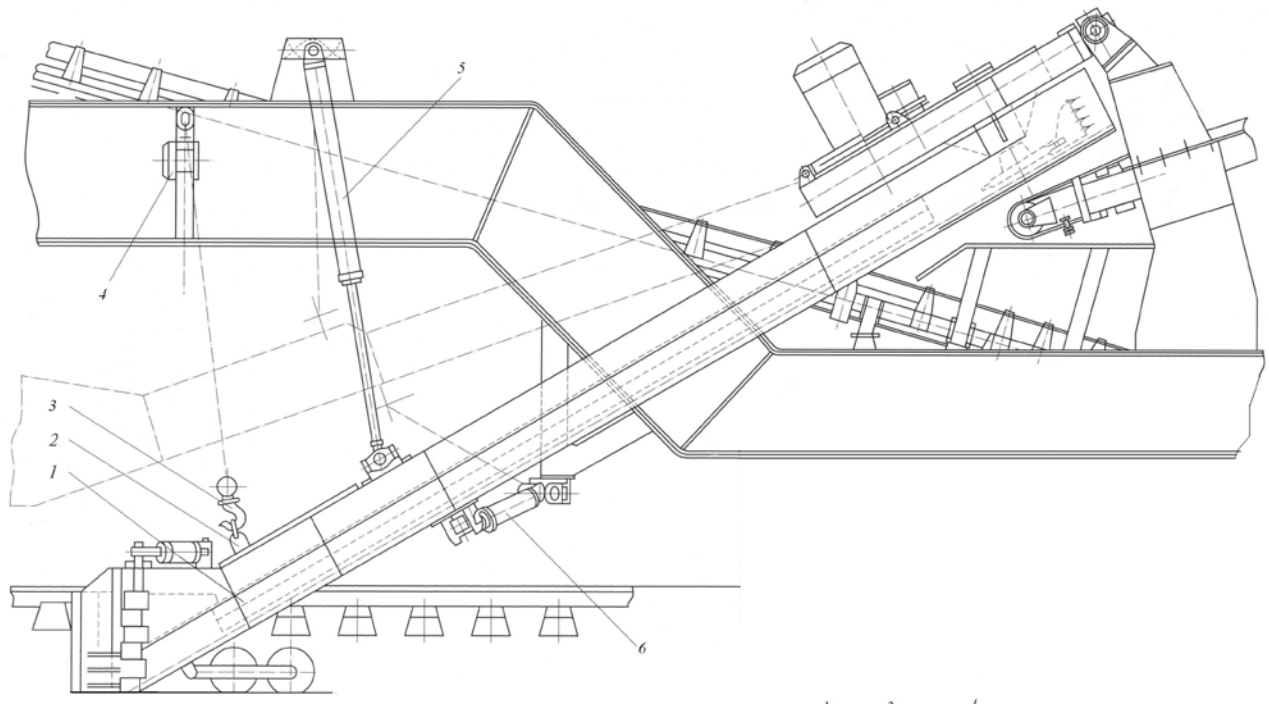


Рис.13. Управление выгребным устройством: 1-желоб; 2-проушина; 3-крюк грузовой; 4-таль электрическая для аварийного подъема желобов; 5-гидроцилиндры подъема и опускания желобов; 6- гидроцилиндры поперечного смещения желобов.

Поперечная подпутная балка длиной 4000 мм для увеличения ширины вырезки балласта может удлиняться в обе стороны от оси железнодорожного пути за счет установки двух дополнительных элементов длиной по 500 мм каждый. Перемещение в горизонтальной плоскости, подъем и опускание выгребного устройства осуществляются гидроцилиндрами. При работе железнодорожно-строительной машины лопатки скребковой цепи вырезают и перемещают щебень по наклонному желобу вверх. В верхней точке желоба щебень выгружается на плоский свободнокачающийся виброгрохот или конвейер.

Конструкция цепи показана на рис. 14. На каждый скребок высотой до 250 мм может быть установлено от трех до пяти стержней 6. Скребки изготавливаются из износостойкой стали штамповкой. Стержни фиксируются в гнездах шайбами и шплинтами.

Пригребные крылья 16 (см. рис.11) поворачиваются в плане гидроцилиндрами 17 для регулирования ширины захвата балласта из плечевой зоны балластной призмы. Балласт вырезается из подшпальной зоны балластной призмы и по рабочему желобу (слева по направлению движения железнодорожно-строительной машины при работе) поступает в загрузочную воронку.

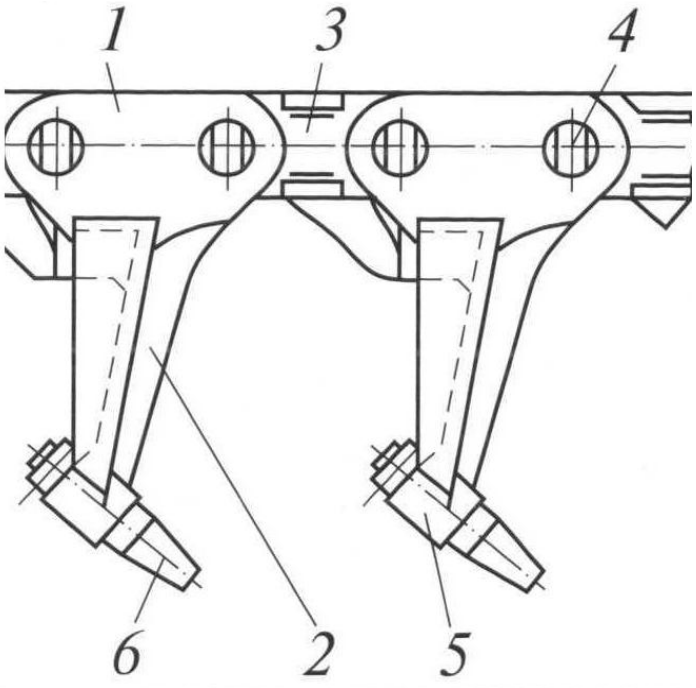


Рис. 14. Скребковая цепь: 1 – звено со скребком; 2– скребок; 3 – промежуточное звено; 4 – палец; 5 – гнездо для установки стержня (зуба); 6 – стержни (от 3 до 5 шт. на скребок)

Для работы в стесненных условиях у высоких пассажирских платформ наружная стенка в нижней части одного (холостого) желоба убирается, при этом верхний конец рабочего желоба жестко крепится к раме привода 5 (рис.11), а холостой желоб соединяется с рамой привода шарнирно валом 10. Такая подвеска выгребного устройства позволяет производить подъем и опускание рабочего и холостого желобов гидроцилиндрами независимо друг от друга, что и требуется при зарядке и разрядке железнодорожно-строительной машины.

Для уменьшения износа внутренняя поверхность желобов облицовывается листами из стали 60С2, причем для уменьшения шума есть решение с установкой резиновых прокладок под облицовку.

На некоторых щебнеочистительных машинах (RM-76 и RM-80) при работе в режиме «полный отбор» (вырезка балласта и перемещение его в состав для засорителей без очистки) открывается встроенный на нижней стенке рабочего желоба проем, который при работе в режиме «очистка» закрывается управляемой дистанционно задвижкой. Через этот открытый проем вырезанный балласт, который поднимается скребковой цепью по рабочему желобу, высыпается на конвейер для засорителей и через поворотный конвейер выгружается в состав для засорителей.

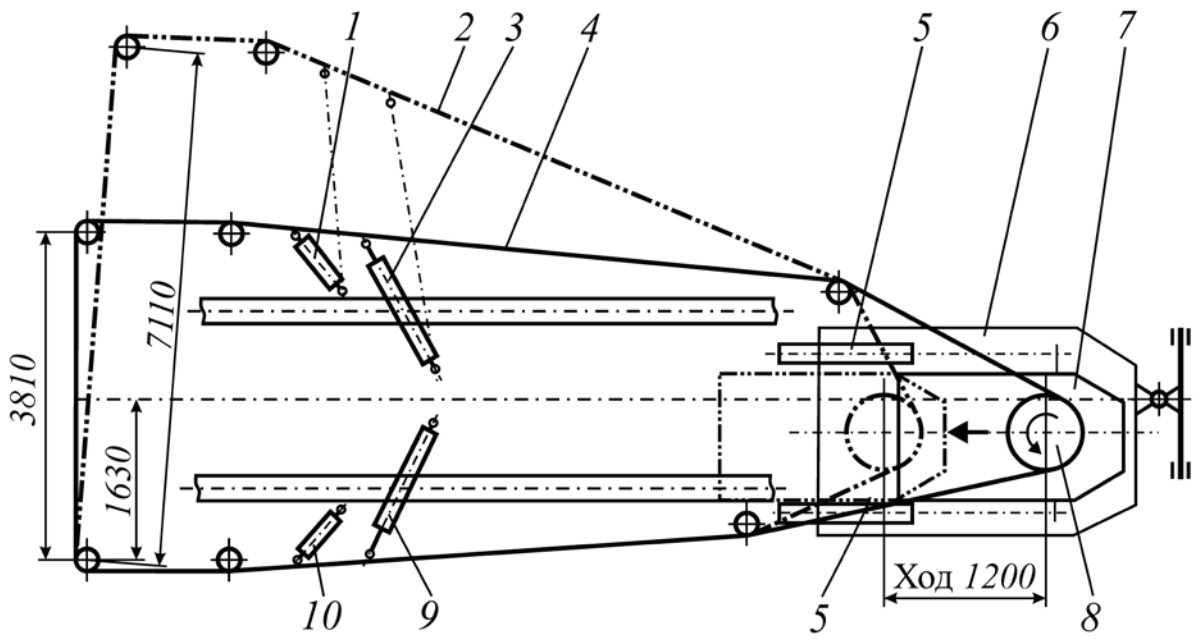


Рис. 15. Изменение конфигурации выгребной цепи при установке вставки подпутной балки: 1 и 10 – гидроцилиндры поворота желобов в плане; 3 и 9 – гидроцилиндры подъема желобов и 5–гидроцилиндры компенсационного перемещения привода цепи; 2 и 4–положения скребковой выгребной цепи после и до удлинения подпутной балки; 6–рама привода; 7–редуктор; 8–гидромотор и приводная звездочка цепи.

На рис. 15 приведена схема выгребного скребкового устройства с приводом выгребной цепи от гидромотора мощностью 255 кВт. Объемный гидравлический привод, в зависимости от условий работы, позволяет регулировать скорость скребковой цепи в диапазоне 2,4-4,0 м/с.

Взаимодействие элементов тяговой выгребной цепи с вырезаемым материалом в забое, элементов гидравлической и механической передач, изменение нагрузок на приводном валу дизеля и приводной звездочки цепи носит выраженный динамический характер. Возникают вынужденные крутильные колебания приводной звездочки, вызывающие пульсации давления в гидросистеме. Спектр частот колебаний широк: колебания, связанные с вхождением скребков цепи в забой и движением цепи по зубьям приводной звездочки носят устойчивый характер и зависят от линейной скорости движения цепи, а колебания, связанные с изменением свойств щебня в слое и изменением скорости движения железнодорожно-строительной машины, носят случайный характер.

2.3.Расчетная часть

2.3.1 Расчет пассивного рабочего органа с центробежной очисткой балласта.

Минимальная скорость движения ленты по условию подъема частиц по формуле (2.1) $V_{лп} = \sqrt{g \cdot R}$, м/с,

где R – радиус криволинейной части грохота, м.

Зная скорость движения ленты $V_л$, м/с, ширину $b_л$, м, и толщину $h_д$, м, слоя балласта на ней, можно найти максимально допустимую по условию нормальной очистки скорость поступательного движения железнодорожно-строительной машины $V_м$, м/с. Если производительность железнодорожно-строительной машины по рыхлому состоянию щебня (коэффициент разрыхления см. приложение 9), м^3/ч

$$П_м = KV_м b_c h_c, \qquad (2.4)$$

где K – коэффициент, учитывающий рыхление щебня (приложение 9);

b_c и h_c – ширина и толщина выгребаемого слоя щебня на железнодорожном пути, м;

а производительность ленты, м^3/ч

$$П_л = V_л b_л h_л ,- \qquad (2.5)$$

то после приравнивания последних двух выражений (4) (5) и преобразований получим выражение для максимально допустимой скорости движения щебнеочистительной машины, м/с:

$$V_м = \frac{V_л b_л h_л}{K b_с h_с}. \qquad (2.6)$$

Толщина слоя балласта на сетчатой ленте принимается (0,15 – 0,2) $b_с$, м.

Сопротивление перемещению груза и цепи [4]

$$S = q_м (B \cdot \omega + H) + q_л \cdot L; H. . \qquad (2.7)$$

где ω – коэффициент сопротивления движению опорных элементов тяговой цепи, ω = 0,25;

$q_л$ и $q_м$-вес погонного метра ленты и погонной нагрузки от материала, Н;

В-длина вырезного ножа, м;

Н-высота роликовой батареи, м;

L- длина сетчатой ленты, м.

Определяется максимальное усилие натяжения ленты

$$S_{max} = S \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}, H \ , \qquad (2.8)$$

Расчётное разрывное усилие (с коэффициентом запаса прочности k=10).

$$S_{расч.} = k \bullet S_{max} = 10 \bullet S_{max}; H. \qquad (2.9)-$$

Сравнивая расчетное и разрывное цепи 2ПР-50,8-453,6 усилия, принимается решение о соответствии или несоответствии выбранной конвейерной ленты исходным параметрам, исходя из условия

$$S_{пред.} \geq S_{расч}; кН \qquad (2.9а)$$

Если это условие не выдерживается, то выполняется новый расчет с измененными параметрами по конвейерной ленте или по расположению роликов на рабочей ветви.

Потребная мощность привода сетчатой ленты

$$N = \frac{q_м H + (q_м + 2q_л)L}{\eta} v_л, \text{ кВт.} \qquad (2.10)$$

2.3.2 Расчет роторного выгребного органа

Грунт: суглинок с примесью щебня (приложение 7)

удельное сопротивление резанию плугом (приложение 8)

коэффициент внутреннего трения (грунта по грунту) f = 0,6…0,9

коэффициент трения грунта по стали f_1=0,3…0,5

Балласт: щебень

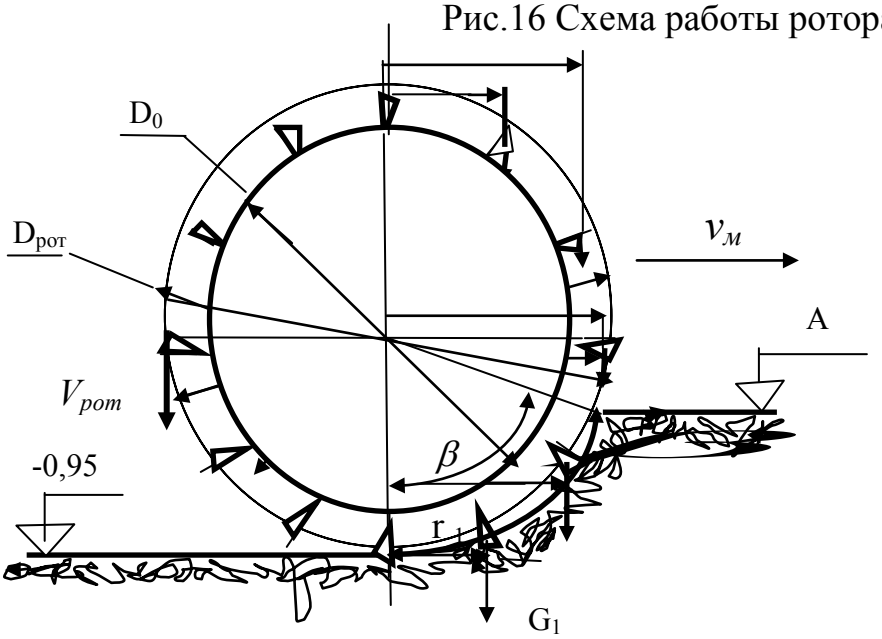
удельное сопротивление резанию плугом (приложение 8)

коэффициент внутреннего трения (балласта по балласту) f_2 = 0,8…0,85

коэффициент трения балласта по стали f_3 = 0,4…0,45

Угол естественного откоса $\varphi = 40^o$ (данные по грунтам см. приложения 7-9).

Рис.16 Схема работы ротора



Диаметр обечайки ротора -D_0

Диаметр ротора -$D_{рот}$

Скорость железнодорожно-строительной машины рабочая -$v_м$

Скорость ротора окружная -$V_{рот}$

Ширина ротора -b

Емкость ковша q

Коэффициент наполнения ковшей $k_{н1}= k_{н6} =0,5$; $k_{н2}= k_{н3}= k_{н4}= k_{н5}= 1$.

Расчет сил сопротивления:

-при работе ротора

При работе ротора на машину действуют силы:

-сопротивления грунта резанию ковшами ротора (приложение8);

-трения ротора по балласту;

-сопротивления балласта перемещению при резании.

Сила сопротивления балласта резанию ротором

Тангенциальное усилие резания на роторе (окружное усилие на роторе при резании балласта)

$$P_p = \frac{2M_p}{Д_p};(\text{Н})- \qquad (2.11)$$

Определяется полный момент сопротивления вращения ротора

$$M_p = (P_к + \mu \cdot P_{02}) \cdot \frac{Д_p}{2} + M_r + S_{\text{тр}} \cdot \frac{Д_0}{2},(Н \cdot м); \qquad (2.12)$$

Суммарная сила копания при m ковшей, участвующих в копании.

$$P_к = \sum_{l=1}^{m} F_l \cdot K_l;(k\text{Н}). \qquad (2.13)$$

$$P_к = K_l \cdot \sum_{l=1}^{m} F_l = K(b \cdot c_1 \cdot \cos\vartheta_1 + b \cdot c_2 \cdot \cos\vartheta_2); \quad \text{кН} \qquad (2.14)$$

где: F_l-площадь стружки резания грунта ковша, м^2.

ϑ_l –угол положения i –того ковша.

m- число ковшей, участвующих в копании.

$$m = \frac{\beta}{30^\circ} = (\arccos\frac{\frac{Д_р}{2} - H}{Д_p/2})/30^\circ, \text{ ковшей.} \qquad (2.15)$$

C- подача резания за время поворота ротора, м.

$$C = \vartheta_м \cdot t_1 = \vartheta_т \cdot \frac{\varphi}{\omega_р}; \qquad (2.16)$$

где: $\omega_р$ - угловая скорость ротора, c^{-1};

К- удельное сопротивление копанию для грунта lll категории ковшом ротора (приложение 8).

Определяется коэффициент трения грунта по стали в зависимости от влажности Ψ загрязненного балласта.

$F_{\circ} = 0{,}95;$

$A = 5{,}33;$

$\psi = 30\%;$

$$\mu = F_{\circ} \cdot \frac{l_n \psi}{A} = 0{,}95 \cdot \frac{l_n \cdot 30}{5{,}33} = 0{,}61 \qquad (2.17)$$

Определяется номинальная сила сопротивления копания.

$$P_{02} = (0{,}3...0{,}8) \cdot P_к, (кН) \qquad (2.18)$$

Момент, создаваемый весом грунта в ковшах относительно оси ротора.

$$M_r = \sum_{l-1}^{n} G_l \cdot r_l, , кН \qquad (2.19)$$

где n-число ковшей, наполненных грунтом (n=6).

$G_l = \gamma \cdot q_k \cdot K_{hl}$, кН -вес грунта в ковше, (2.20)

где $K_{нl}$-коэффициент наполнения ковша: $K_{H1} = K_{H6} = 0{,}5$

$$K_{H2} = K_{H3} = K_{H4} = K_{H5} = 1$$

$q_к = 0{,}035 м^3 -$ емкость ковша.

Сила трения грунта по обечайке ротора.

$S_{тр} = f_1(P_к + \mu P_{о2})$ кН (2.21)

Сила сопротивления грунта перемещению:

-при резании ротором:

$$W = f \bullet \gamma \bullet b \bullet \frac{(\pi \bullet \beta \bullet D_{рот})^2 v_м}{360^2 \bullet v_{рот}}, \text{ кН} \qquad (2.22)$$

2.3.3. Расчет выгребного устройства со скребковой цепью

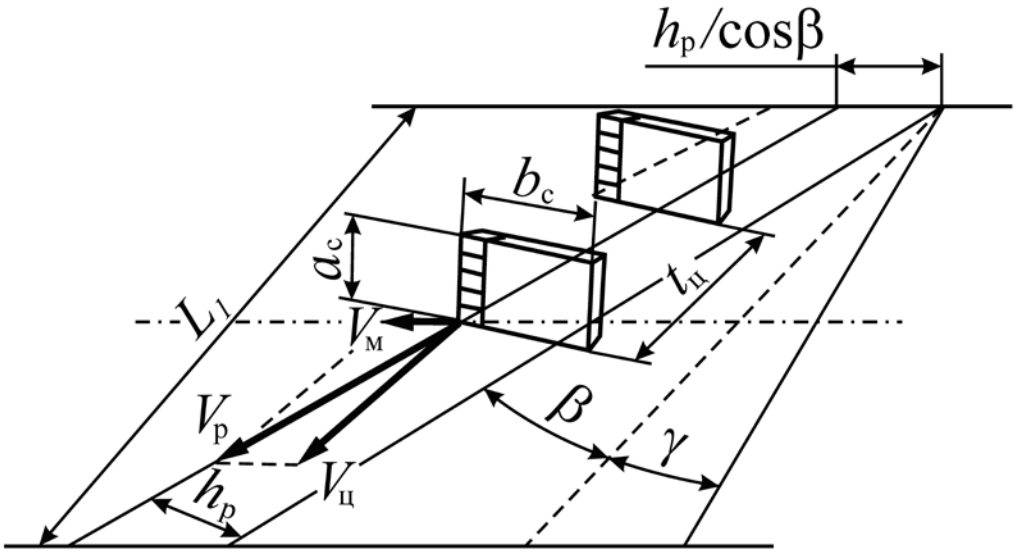


Рис.17. Расчетная схема к определению составляющей сопротивления движению выгребной цепи, вызванным резанием щебеночного балласта в забое

Производительность скребкового конвейера

$$Q_т = 3600\, F\, \rho\, v = 3600\, B_ж\, h_ж\, \psi\, c_и\, \rho\, v, \qquad (2.23)$$

где F – расчетная площадь сечения груза в желобе, м^2 (рис. 17);

ρ – плотность груза, т/м^3 (приложение);

v – скорость транспортирования, м/с;

ψ – коэффициент заполнения желоба, для легкосыпучих грузов $\psi = 0{,}5–0{,}6$, для плохосыпучих $\psi = 0{,}7–0{,}8$;

$c_и$ – коэффициент использования объема желоба, который учитывает уменьшение объема груза перед скребком при увеличении угла наклона конвейера, определяется по табл. 1.

Площадь поперечного сечения желоба

$$F = B_ж\, h_ж\, \psi\, C_и, \qquad (2.24)$$

где $B_ж$ и $h_ж$ – ширина и высота желоба, м.

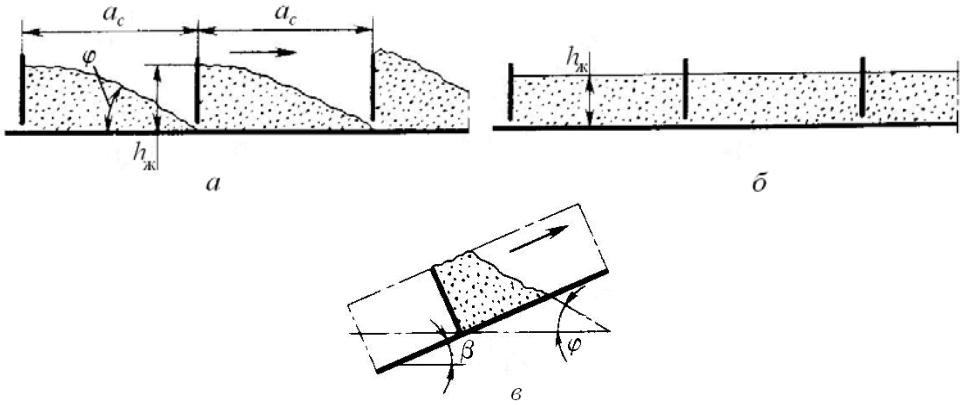


Рис. 18. Схема расположения насыпного груза перед высокими сплошными скребками:
а – при транспортировании легкосыпучего зернистого и пылевидного;
б –плохосыпучего кускового; *в* – на наклонном конвейере

Таблица 1

Значения коэффициента $c_и$

Транспортируемый груз	Угол наклона конвейера, град					
	0	10	20	30	35	40
Легкосыпучий	0,5–0,6	0,42–0,51	0,32–0,39	0,25–0,3	–	–
Плохосыпучий	0,7–0,8	0,69–0,75	0,59–0,68	0,52–0,6	0,42–0,48	0,35–0,4

Расчеты цепного скребкового выгребного устройства (см. рис. 17) могут преследовать различные цели: определить скорость движения выгребной цепи, согласованную со скоростью движения железнодорожно-строительной машины при заданных размерах цепи и подпутной балки; определить усилия, действующие на различных участках цепи с целью оценки прочности и надежности и размеров ее конструктивных элементов; найти мощность привода цепи в различных режимах работы; определить параметры гидроцилиндров перемещения желобов и др.

В качестве примера определим мощность, которую должен развивать приводной двигатель цепи. После анализа характера движения цепи и материала на различных участках, мощность двигателя, кВт:

$$N_{\text{дв}} = \frac{K_{\text{нс}} V_{\text{ц}}}{\eta}(T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5), \qquad (2.25)$$

где $K_{\text{нс}}$=1,2–1,5– коэффициент неучтенных сопротивлений, к которым относятся дополнительные сопротивления в шарнирах цепи, сопротивления, связанные со скольжением элементов цепи при поворотах звеньев в направляющих снизу желобов, сопротивления, возникающие при взаимодействии приводной звездочки и цепи; динамические факторы разгона балласта и т.д.;

$V_{\text{ц}}$ – линейная скорость движения выгребной цепи, м/с;

η – КПД передаточного механизма выгребной цепи;

T_1 – сопротивление, связанное с резанием балласта зубьями и кромками скребков в забое, кН;

T_2 – сопротивление, связанное с волочением материала скребками в забое (трение балласта о балласт), кН;

T_3 – сопротивление, связанное с волочением материала по рабочему желобу (трение балласт о сталь), кН;

T_4 – сопротивление, связанное с трением рабочей и холостой ветвей о желоб, кН;

T_5 – сопротивление, связанное с подъемом балластного материала по рабочему желобу, кВт.

Суммарная сила резания слежавшегося балласта в забое, кН:

$$T_1 = K_p n_1 F_c, \qquad (2.26)$$

где $K_{\text{р}}$ – удельное сопротивление резанию балласта в забое ($K_{\text{р}}$ = (50 – 90) кН/м^2); n_1 – число скребков, находящихся одновременно в забое; $F_{\text{с}}$ – поперечная площадь срезаемой одним скребком стружки, м^2.

Количество скребков в забое

$$n_1 = L_1 / t_ц \qquad (2.27)$$

где L_1 – длина активной части цепи на подпутной балке, м;

$t_{\text{ц}}$ – шаг расположения скребков на цепи, м.

Площадь срезаемой стружки определяется кинематикой движения скребка и углом наклона γ (рад) подпутной балки к направлению, перпендикулярному поступательному движению железнодорожно-строительной машины. Для магистральных железнодорожно-строительных машин γ=0, а у универсальных железнодорожно-строительных машин этот угол появляется вследствие наращивания подпутной балки при работе на стрелочном переводе и последующего поворота холостого желоба. Так как абсолютная скорость движения скребка (скорость резания) $V_{\text{р}}$ м/с является результатом геометрического сложения вектора скорости движения цепи $V_{\text{ц}}$, м/с, и вектора скорости поступательного движения железнодорожно-строительной машины $V_{\text{м}}$, м/с, то площадь срезаемой одним скребком стружки (с учетом угла γ) равна:

$$F_c = a_c h_p = a_c \frac{V_м}{V_ц} t_ц \cos[arctg(\frac{V_м}{V_ц}) + \gamma], \qquad (2.28)$$

где $a_{\text{с}}$ – высота скребка, м,

$h_{\text{р}}$ – толщина срезаемой стружки, м;

$t_{\text{ц}}$ – шаг цепи.

При перемещении кусковых грузов шаг скребков должен выбираться большим, чем размер наибольшего куска груза. Соотношения между высотой скребка и шагом их расположения связаны выражениями:

$$a_c = 2t_{\text{ц}} \quad \text{и} \quad a_c = (2–4)h_c, \qquad (2.29)$$

где $h_{\text{с}}$ –размер фракций кусковых грузов

При выборе соотношения поступательной скорости движения железнодорожно-строительной машины $V_{\text{м}}$ и скорости движения цепи $V_{\text{ц}}$ необходимо дополнительно анализировать заполнение пространства между скребками разрыхленным балластом (заполнение ячеек). При полном заполнении процесс резания прекратится, и прежде всего, в зоне, примыкающей к выходу скребком из забоя на рабочий желоб. Заполнение ячеек характеризуется коэффициентом заполнения:

$$K_{зап} = \frac{Q_{щ}}{Q_{я}} = \frac{V_{м}}{V_{ц}} \cdot \frac{L_1 \cos\gamma}{b_c} \frac{K_p}{K_c} < 0{,}2 - 0{,}4, \qquad (2.30)$$

где $Q_{щ}$, $Q_{я}$ – объемы: рыхлого щебня в ячейке и полезный объем с учетом заполнения части пространства скребком, м^3;

b_c – длина рабочей части скребка с учетом зубьев, м;

$K_р$ – коэффициент, учитывающий разрыхление щебня, $K_р$ = 1,2 – 1,3;

$K_с$ – коэффициент, учитывающий полноту заполнения пространства ячейки между скребками; $K_с$ = 0,7 – 0,8.

Сопротивление движению цепи, связанное с волочением балласта скребками в забое, кН:

$$T_2 = n_1 Q_{щ} \rho g f_{б-б} = K_c K_{зап} a_c b_c t_{ц} \rho g f_{б-б}, \qquad (2.31)$$

где ρ – плотность рыхлого балласта, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$f_{б\text{-}б}$ – коэффициент трения щебня по щебню, $f_{б\text{-}б}$ = 0,6 – 0,8.

Сопротивление движению цепи, связанное с волочением щебня по рабочему желобу, кН:

$$T_3 = n_2 Q_{щ} \rho g f_{б-с} \cos\alpha = L_2 K_c K_{зап} a_c b_c \rho f_{б=с} \cos\alpha, \qquad (2.32)$$

где n_2 – число объемов балласта на длине рабочего желоба,

$f_{б\text{-}с}$ – коэффициент трения балласта по стали, $f_{б\text{-}с}$ = 0,4 – 0,6;

α – угол наклона желоба к горизонту, рад.

Сопротивление движению цепи, связанное с трением скребков по рабочему и холостому желобу, кН:

$$T_4 = (L_2 + L_3) q_{ц} f_{с-с} \cos\alpha, \qquad (2.33)$$

где L_3 – длина холостого желоба, м;

$q_{ц}$ – погонный вес цепи со скребками, кН/м.

Сопротивление движению цепи, связанное с подъемом балластного материала по рабочему желобу (преодоление скатывающей силы на наклонной плоскости желоба), кН:

$$T_5 = n_2 Q_{щ} \rho g \sin\alpha = L_2 K_c K_{зап} a_c b_c \rho g \sin\alpha. \qquad (2.34)$$

По определенному значению мощности по (2.25) с учетом передаточного числа редуктора и геометрических размеров приводной звездочки определяются параметры приводного двигателя выгребной цепи (приложения 2 и 3).

Производительность П системы «выгребная цепь —рабочий желоб» равна произведению площади поперечного сечения желоба $F_ж$ на скорость выгребной цепи $V_ц$.

$$П = К_1 К_2 F_ж V_ц \qquad (2.35)$$

где $К_1$= 0,9-0,95 и $К_2$=0,6-0,7 [4].

Коэффициент $К_1$ учитывает объем, занимаемый в желобе элементами цепи. Коэффициент $К_2$ характеризует степень заполнения пространства в желобе вырезанным балластом.

3 Модернизация привода рабочего органа машины

В состав привода (силовой передачи) рабочего органа специального железнодорожного подвижного состава входят двигатель и устройство для передачи механической энергии от него к рабочему органу. Передача механической энергии может происходить без ее преобразования в другие виды энергии (механические передачи), или с преобразованием (гидравлические, пневматические и электрические передачи). Для преобразования энергий применяются насосы, компрессоры и генераторы и вторичные двигатели (гидравлические, пневматические и электрические), соединенные между собой каналами передачи энергии с соответствующей аппаратурой и вспомогательными устройствами. Привод рабочего органа должен в максимальной степени удовлетворять кинематическим, силовым и энергетическим характеристикам, условиям эксплуатации и ремонта, экономическим показателям рабочего механизма и железнодорожно-строительной машины в целом.

Для дальнейшего повышения механизации путевых работ требуется создание ряда новых железнодорожно-строительных машин и модернизация существующих и, в первую очередь, привода рабочих органов.

Модернизация привода рабочего органа железнодорожно-строительной машины – это введение таких усовершенствований, которые обеспечат после внедрения соответствие привода современным требованиям.

При модернизации привода рабочего органа железнодорожно-строительной машины необходимо решать комплексную задачу выбора и сравнения характеристик различных типов привода. Основные тенденции в модернизации привода рабочего органа следующие:

- повышение скоростей и усилий на рабочих органах, непрерывность действия для повышения производительности труда и снижение стоимости работ;
- широкое внедрение гидропривода, позволяющего упростить кинематику, плавно регулировать скорости движения, снижать массу и металлоемкость железнодорожно-строительных машин и защитить приводы от перегрузок;
- оборудование приводов автоматизированными системами, обеспечивающих оптимальные режимы работы и загрузку двигателя, контроль качества выполнения технологических процессов;
- создание типовых унифицированных приводов с возможностью широкого использования их на различных железнодорожно-строительных машинах для обеспечения высокой ремонтопригодности и повышения унификации агрегатов;
- увеличение надёжности и долговечности привода путем применения более прочных и износостойких материалов.

3.1. Объемный гидропривод рабочих органов.

Работа объемного гидропривода основана на использовании гидростатического напора рабочей жидкости (Марки рабочих жидкостей масел см. приложения 5 и 6). Рабочая жидкость попеременно заполняет рабочие камеры и вытесняется из них через подводящие и отводящие каналы. Рабочие камеры гидравлического насоса или двигателя образуются его конструктивными элементами и изменяют свой объем во время работы. Для преобразования энергии входного звена насоса в энергию потока жидкости при увеличении объема рабочие камеры сообщаются с всасывающей линией, идущей от гидравлического бака, а при уменьшении объема сообщаются с напорной линией. У гидравлических двигателей при увеличении объема камеры сообщаются с напорной линией, а при уменьшении объема – со сливной линией. Таким образом, у двигателя при увеличении объема рабочей камеры энергия потока жидкости преобразуется в механическую энергию выходного звена (штока гидроцилиндра или вала гидромотора).

Объемные гидравлические машины по конструктивному устройству механизма взаимного преобразования вращения вала и движения элементов, составляющих рабочую камеру, делятся на две больших группы – роторно-вращательные и роторно-поступательные. В первом случае рабочая камера образуется стенками корпуса и крышек и промежутками между зубьями ротора (шестеренчатые и героторные гидромашины), а во втором случае – поршнями и стенками цилиндров (аксиально-поршневые и радиально-поршневые гидромашины) или пластинами, поверхностями ротора и статора и прижимными дисками (пластинчатые гидромашины). Основные параметры выпускаемых фирмами-изготовителями гидравлических машин должны соответствовать параметрическим рядам, которые регламентированы государственными стандартами. Производные параметры получаются расчетным путем или в результате испытаний образцов. К основным параметрам относятся: V – рабочий объем – объем проходящей через гидромашину жидкости за один оборот ее вала, см ^{3}/об. $P_{ном}$ – номинальное

давление рабочей жидкости, МПа; $n_{ном}$ - номинальная частота вращения вала, обычно согласуемая с синхронной частотой вращения электродвигателей переменного тока, об/мин. Производными параметрами могут быть $Q_{ном}$ – номинальная подача или расход гидромашины, дм^3/мин; $N_{ном}$ – номинальная мощность, необходимая для привода насоса, кВт; $Q_м$ – расход рабочей жидкости гидромотором, дм^3/мин; M – развиваемый на валу гидромотора крутящий момент, кНм; η – полный коэффициент полезного действия (КПД) гидромашины.

КПД насоса $\eta = \frac{N_П}{N_В}$, где $N_п$, $N_в$ – мощность выходного потока рабочей жидкости (полезная мощность) и мощность, подводимая к валу насоса, кВт). КПД гидромотора: $\eta = \frac{N_П}{N_В}$. Для гидромотора полезной будет мощность, развиваемая на его валу. Полный КПД гидромашины $\eta=\eta_о\eta_м\eta_г$ ($\eta_о$ – объемный КПД, характеризуемый внутренними утечками рабочей жидкости в гидромашине, $\eta_м$ – механический КПД, обусловленный трением в подвижных частях, $\eta_г$ – гидравлический КПД, связанный с линейными и местными потерями напора при движении жидкости внутри гидромашины).

При выборе насоса и гидромотора (приложение 2) учитывают возможность реверсирования, регулирования величины потока рабочей жидкости и скорости вращения вала гидромотора, а также обратимость объемной гидромашины. Под обратимостью понимается свойство гидромашины работать в режиме наоса и мотора. Большинство объемных гидравлических машин обладают свойством обратимости. На железнодорожно-строительных машинах используют в основном объемный гидропривод с разомкнутой циркуляцией рабочей жидкости (рис. 19, *а*). В нем вся жидкость после прохода по системе возвращается в бак Б1. Такие системы используются при наличии на железнодорожно-строительной машине большого количества гидроцилиндров, когда объемы возвращаемой в бак жидкости с течением времени значительно изменяются.

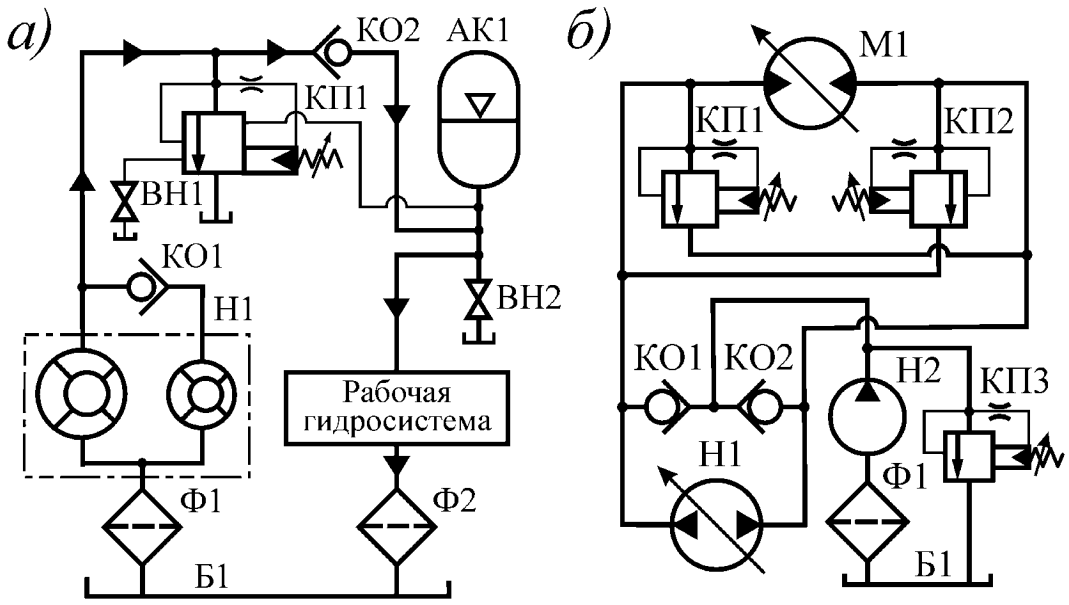


Рис.19. Объемный гидропривод с открытой (*а*) и закрытой (*б*) циркуляцией рабочей жидкости: Б1 – гидравлический бак; Ф1, Ф2 – всасывающий и сливной фильтры; Н1, Н2 – основной объемно-регулируемый реверсивный и подпиточный насосы; М1 – объемно-регулируемый реверсивный гидромотор; КО1, КО2 – обратные клапаны; КП1 – КП3 – предохранительные клапаны; ВН1, ВН2 – вентили разгрузки системы от давления; АК1 – гидропневмоаккмулятор

Гидросистемы с замкнутой циркуляцией (рис. 19, *б*) используются чаще всего для привода вращения механизма. В современных железнодорожно-строительных машинах они используются в приводах механизмов непрерывного движения или вибраций рабочего органа (выправочно-подбивочно-рихтовочные машины непрерывно-циклического действия, динамические стабилизаторы пути). Такие приводы обычно оснащаются дополнительными насосами Н2, подключенными к основной всасывающей линии для компенсации объемных потерь в замкнутом контуре и повышения всасывающей способности основного насоса Н1. Обычно насос в этом случае обеспечивает объемное регулирование и реверсирование потока.

Гидроцилиндры (рис.20)– это объемные гидродвигатели, которые преобразуют энергию потока рабочей жидкости в механическую энергию

линейно перемещаемого выходного звена (штока или корпуса). На железнодорожно-строительных машинах находят широкое применение гидроцилиндры различных типов: одностороннего и двустороннего действия, с односторонним (рис.20*а*) или двухсторонним выходом штока, многосекционные телескопические (рис.20*в*) и плунжерные (рис.20*б*). В тех случаях, когда это диктуется особыми условиями работы и конструкцией приводимых механизмов, используются гидроцилиндры специального исполнения (например, для привода рычагов подбоек подбивочного блока). В остальных случаях используются типовые гидроцилиндры.

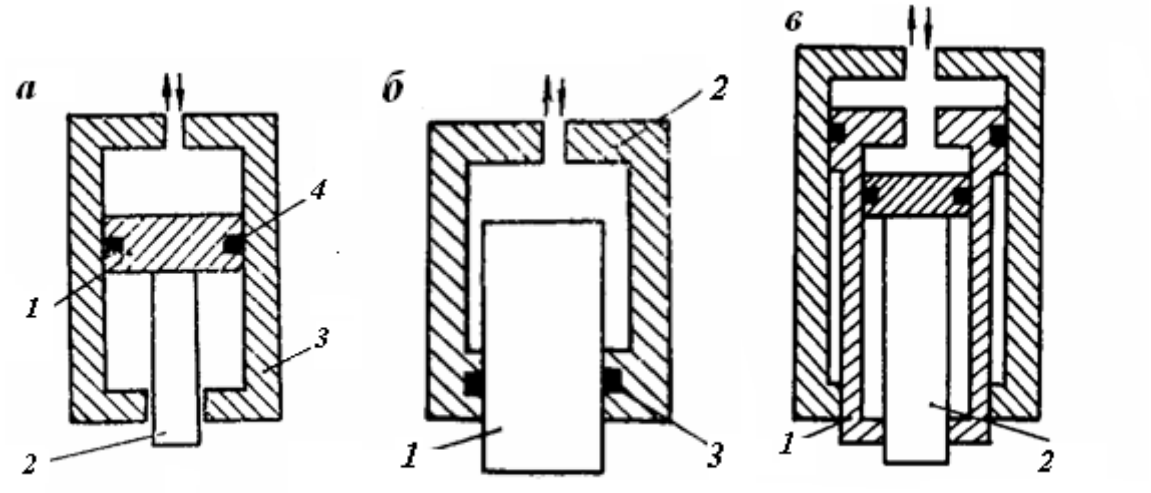


Рис.20. Гидроцилиндры одностороннего действия:
а-поршневой: 1-поршень, 2-шток, 3-корпус, 4-уплотнение;
б-плунжерный: 1-плунжер, 2-корпус, 3- уплотнение;
в-многосекционный телескопический: 1-поршень большего диаметра, 2-поршень меньшего диаметра.

Основными параметрами гидроцилиндра (рис.21) являются: $p_{ном}$ – номинальное давление, МПа; D, d – диаметр поршня и штока, м; L – ход штока, м.

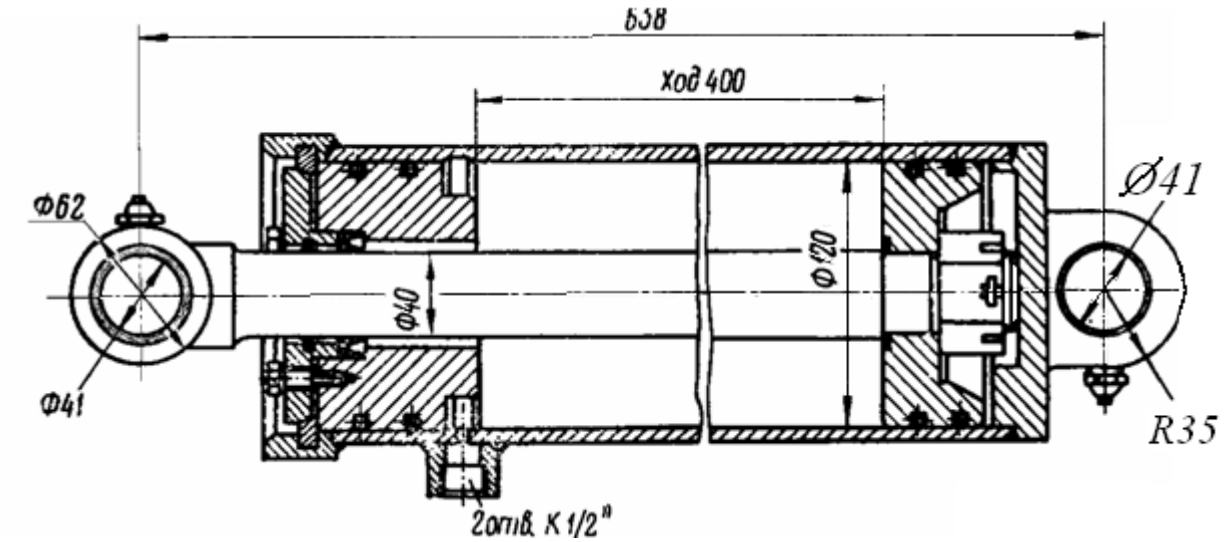


Рис.21.Гидроцилиндр одностороннего действия.

Во время работы гидравлический привод должен обеспечить работу приводимого механизма в заданном режиме, определяемом техническими и технологическими параметрами рабочего органа и железнодорожно-строительной машины в целом. Режим обеспечивается поддержанием или регулированием скорости и усилий гидроцилиндра, угловой скорости вращения вала и развиваемого вращающего момента гидромотора, возможностью изменить направление движения, зафиксировать механизм в заданном положении, или, наоборот, дать возможность механизму свободно перемещаться под действием внешних сил (плавающий режим), обеспечить требуемую последовательность переключений группы взаимосвязанных по технологическому процессу механизмов. В любых предусмотренных условиях работы железнодорожно-строительной машины должна быть обеспечена защита гидропривода и механизма от перегрузок, имеющих статический или динамический характер. Работа гидропривода и приводимого механизма в заданном режиме обеспечивается аппаратурой управления, регулирования и защиты: распределителями, обратными клапанами, односторонними и двухсторонними гидрозамками, переключательными клапанами, переключателями манометра и т.д. В гидроприводе рабочих органов железнодорожно-строительных машин в

основном применяются гидрораспределители с запорным элементом в виде цилиндрического золотника. Защита от перегрузок производится аппаратами регулирования давления рабочей жидкости: предохранительными, редукционными и перепускными клапанами, реле давления; устройства для кондиционирования, то есть поддержания в работоспособном состоянии рабочей жидкости - гидробаки, фильтры, маслоохладители, магнитные улавливающие устройства.

Поворотные гидродвигатели по конструкции можно разделить на два типа:

а) гидродвигатели с преобразованием поступательного движения во вращательное. Наиболее распространены поршневые поворотные гидродвигатели, в которых движение поршня преобразуется в поворотное движение выходного звена с помощью кулисной или зубчатой передачи (рис.22, а). Основой такого гидродвигателя является гидроцилиндр, и поэтому методика его расчета аналогична методике расчета поршневых гидроцилиндров;

б) гидродвигатели без преобразования характера движения; к ним относятся шиберные поворотные гидродвигатели. Последние в свою очередь делятся по числу шиберов на одношиберные (рис.22, б) и двухшиберные (рис. 22, в). За счет увеличения числа шиберов увеличивают крутящий момент на выходном валу гидродвигателя, но одновременно уменьшают возможный угол поворота.

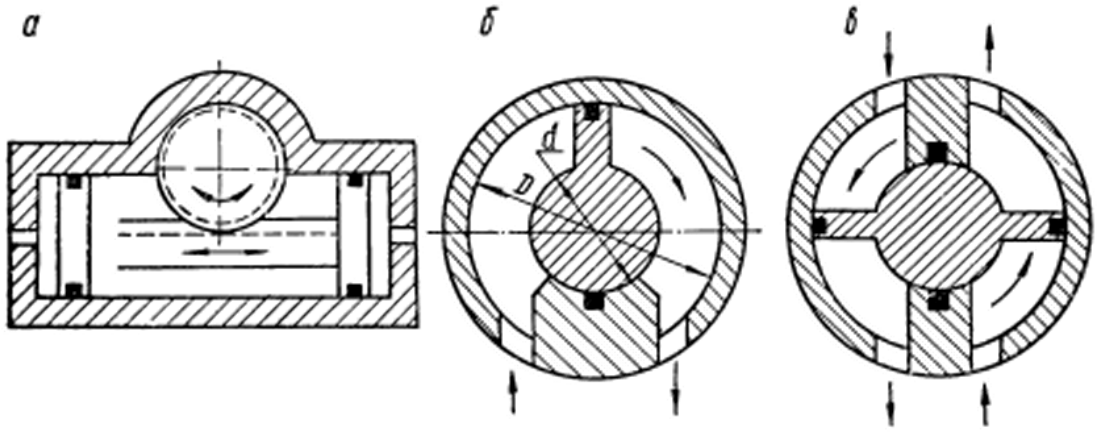


Рис.22. Поворотные гидродвигатели
а- преобразованием движения; *б*- одношиберный; *в*- двухшиберный.

Применение шиберных поворотных гидродвигателей ограничивается сложностью обеспечения надежной герметизации рабочих камер, особенно при высоких давлениях.

Важным элементом конструкции гидроцилиндров и поворотных гидродвигателей является уплотнение подвижных частей (поршня, штока, шибера, выходного вала). Для обеспечения высокой степени герметизации в машиностроении в основном применяют резиновые кольца и манжеты.

Резиновые кольца прямоугольного и круглого сечений используют для уплотнения узлов с прямолинейным движением. Наиболее широкое распространение благодаря простоте изготовления, надежности и долговечности получили кольца круглого сечения (ГОСТ 9833—73). Размеры резиновых колец и канавок выбираются из следующих соотношений; для прямоугольных колец h = 6-8 мм, b-4-6 мм, $b_к$-b(0,2—0,25) мм; для круглых колец b= (1,3—1,5)d, h=d-0,2d, внутренний диаметр кольца $D_к$=D-0,1d.
Для того чтобы при движении резиновые кольца не выдавливались в зазор и не разрушались, величина зазора δ должна быть 0,1 мм при давлении рабочей жидкости p<10 МПа; 0,06 мм — при p> 10 МПа. При p>20 МПа для увеличения надежности работы резиновых колец в систему уплотнения вводят предохранительные шайбы 2, препятствующие выдавливанию резинового кольца в зазор (рис.23, *а).* Шайбы изготовляют из твердой синтетической резины (твердость по Шору 95) или фторопласта толщиной 1—2 мм. Шероховатость поверхности деталей гидроцилиндра при уплотнении резиновыми кольцами показана на рис. 23, *б.*

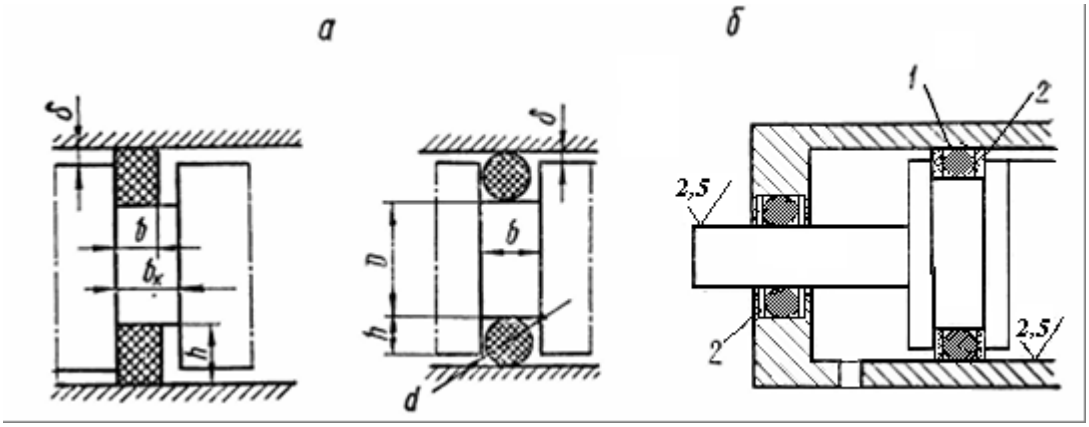


Рис. 23 Уплотнения: *а*- резиновые кольца; *b*- резиновые кольца с предохранительными шайбами: 1- кольцо резиновое, 2-предохранительная шайба.

Манжетой в общем случае называют упругое фигурное кольцо, которое прижимается давлением рабочей жидкости к соответствующим деталям и оказывает уплотняющее действие. Форма сечения манжет разнообразна, однако наиболее распространенными являются U-образные (рис. 24, а) и V-образные (шевронные) манжеты (рис.24, б). Эти типы манжет широко

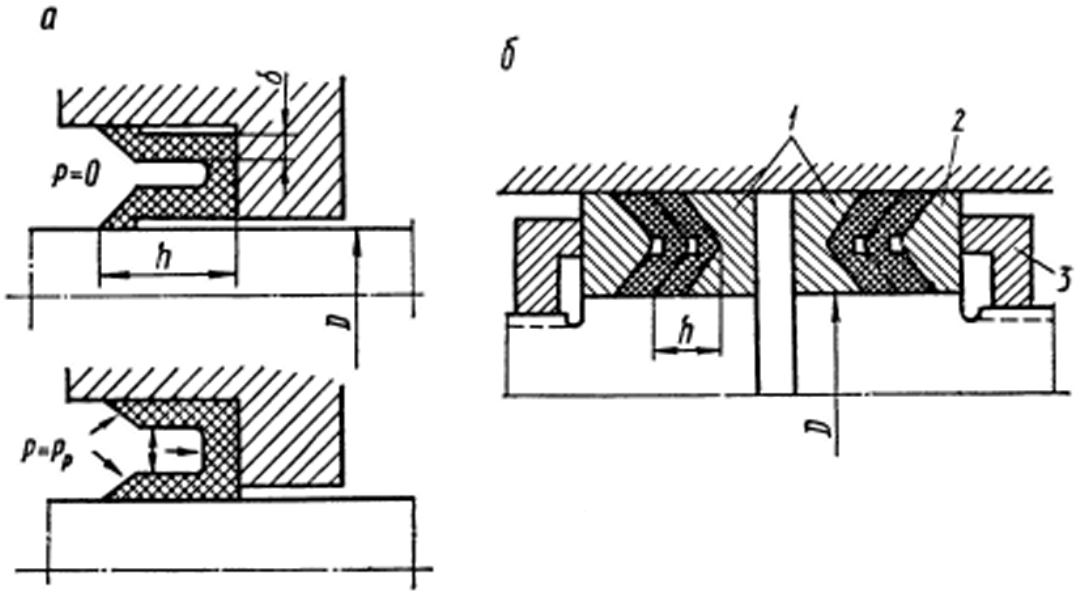


Рис. 24. Манжетные уплотнения:
а- U- образные манжеты, *b- V*- образные манжеты: 1-кольцо опорное, 2-кольцо распорное, 3-гайка.

применяются для герметизации узлов с прямолинейным и вращательным движением при давлении рабочей жидкости до 35 МПа. Как видно из схемы

действия манжетного уплотнения, представленной на рис. 24 *а,* герметизация манжетой осуществляется при движении под действием потока жидкости только в одном направлении. Поэтому в гидроцилиндрах двустороннего действия манжетные уплотнения поршня устанавливают по схеме рис. 24 *б*. Для улучшения начального контакта манжеты с уплотняемыми поверхностями при монтаже уплотнительного пакета используют опорные 1 и распорные 2 металлические и текстолитовые кольца, затяжку которых производят гайкой 3.

Размеры манжет h и δ выбирают по величине диаметра D согласно отраслевым нормалям. Рекомендуемые размеры резиновых манжет приведены в таблице 2. Количество манжет в пакете выбирается из условия рабочего давления и величины диаметра D. Рекомендуемое число манжет в пакете дано в таблице 3.

Таблица 2

Размеры манжетных уплотнений.

D,мм	До 30	До 60	До 150	До 300
h, мм	8	10	10-12	15-20
δ, мм	2	2,5	3	4

Примечание. Угол разворота шевронных манжет 90°.

Таблица 3

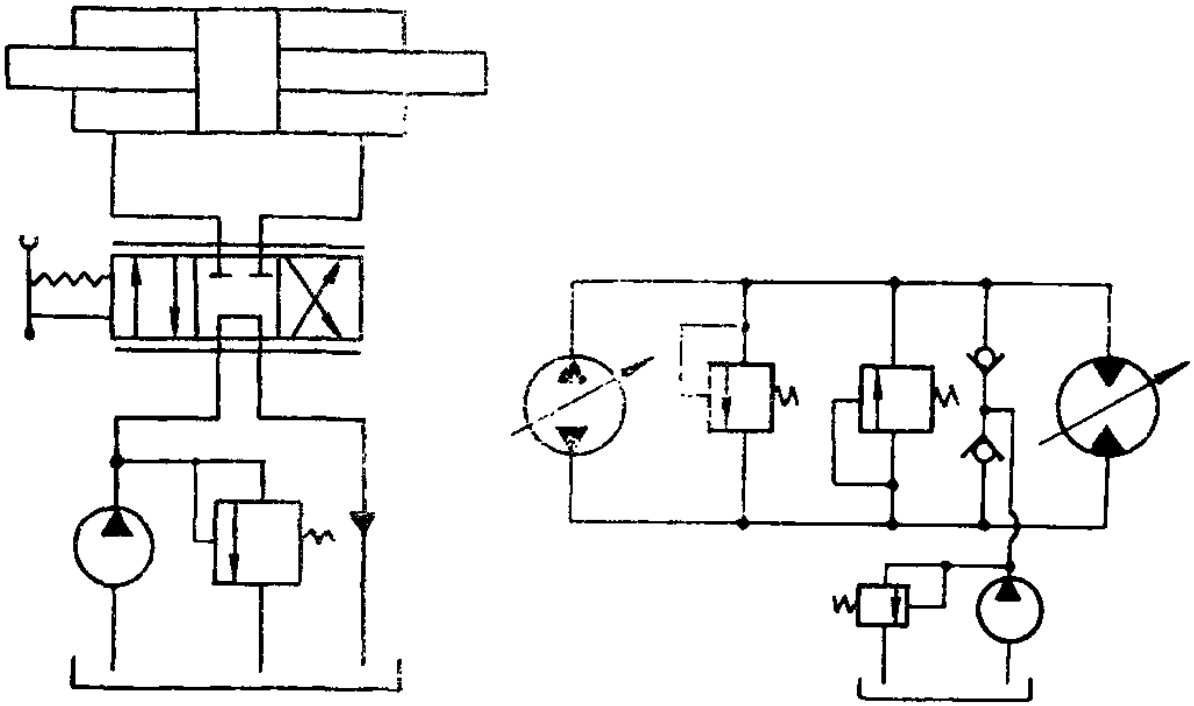
Количество манжет в пакете при различных давлениях

Диаметр, мм	Рабочее давление, мПа				
	До 3	До 6	До 10	До 20	До 35
До 50	2	3	4	5	6
50-100	3	4	5	6	7
100-300	3	4	5	6	7

Манжетные уплотнения в основном изготавливают из маслостойкой резины и прорезиненных тканей, причем манжеты из прорезиненных тканей более надежны и имеют больший срок службы.

В гидроприводах применяются дроссельное (рис.25*а*) и объемное (рис.25*б*) регулирование. На схеме (рис.25*а*) показано дроссельное регулирование, при котором влияние изменения нагрузки на скорость выходного звена минимально. В этой схеме гидрораспределитель сочетает функции дросселя и гидрораспределителя.

Регулирование изменением рабочих объемов насоса и гидромотора (рис. 25*б*) позволяет получить большой диапазон регулирования выходных параметров привода, так как диапазон регулирования равен произведению диапазонов регулирования насоса и гидромотора.



а *б*

Рис. 25. Схемы регулирования гидроприводов: а- дроссельное; б – объемное.

3.2. Гидродинамические передачи.

В гидродинамической передаче мощность от двигателя через кинетическую энергию потока рабочей жидкости передается без жесткого соединения ведущего и ведомого валов. Различают гидромуфты, гидротрансформаторы и комплексные гидротрансформаторы, которые позволяют значительно увеличить число ступеней переключения передач, по сравнению с чисто механическими трансмиссиями, обеспечивая плавное изменение крутящего момента и скорости вращения выходного вала.

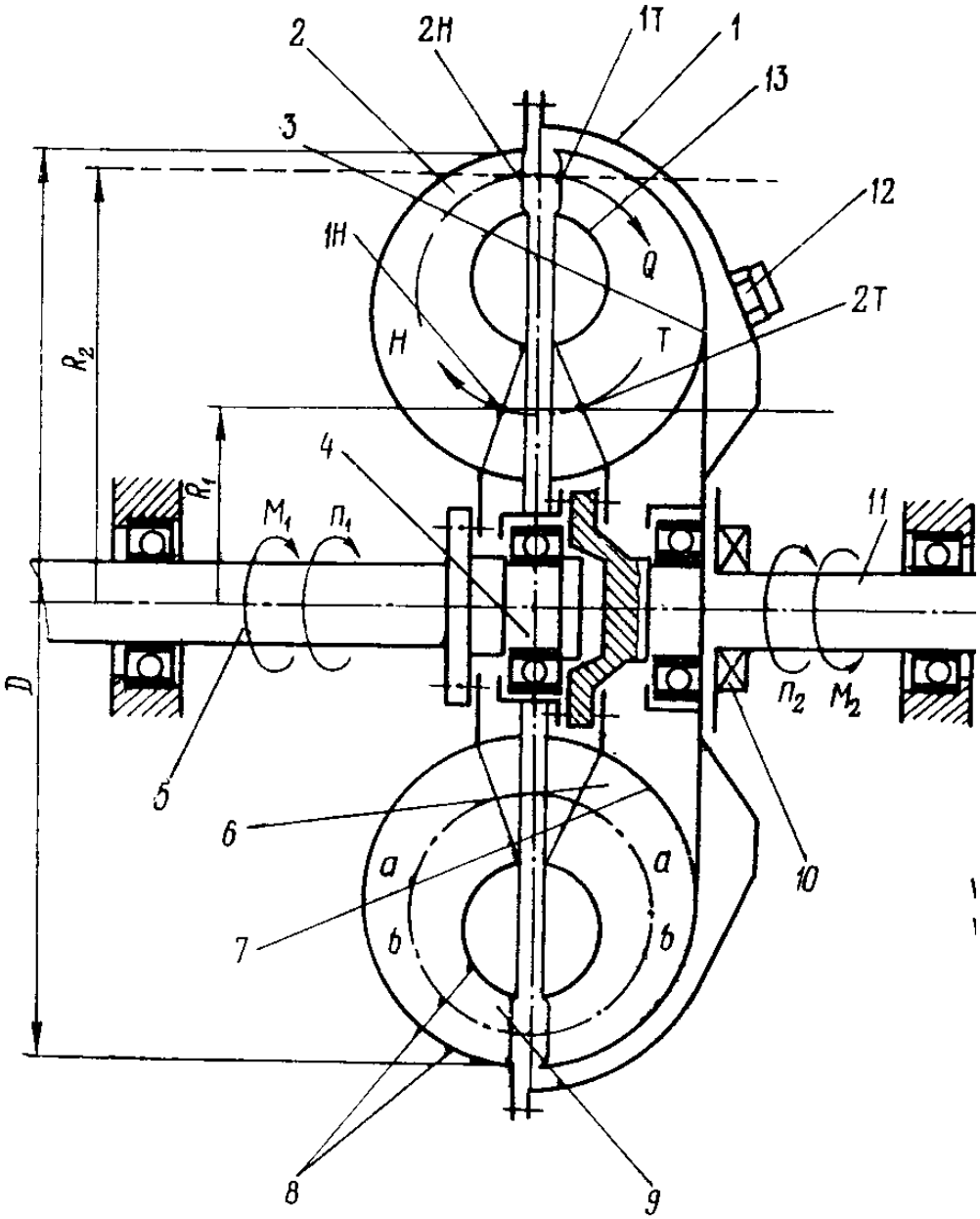


Рис.26. Гидромуфта: 1 -корпус; 2 – колес насосное; 3 – колес турбинное; 4-подшипник, 5-вал ведущий, 6-лопасти турбинного колеса, 7 и 8-направляющие поверхности, 9-лопасти насосного колеса, 10-уплотнение, 11-вал ведомый, 12-заглушка.

Гидромуфта (рис. 26) – передача, состоящая из расположенных в одном корпусе 1 двух колес: насосного 2, установленного на валу 5двигателя, и турбинного 3, соединенного с ведомым валом 11 общей силовой передачи. Масло поступает в замкнутый объем, образуемый корпусом 1, разгоняется лопастями насосного колеса и передает кинетическую энергию на лопасти турбинного колеса. При передаче вращающего момента угловая скорость вращения турбинного колеса всегда меньше скорости вращения насосного колеса. Это явление, по аналогии с асинхронными электродвигателями, называется скольжением. Если скорость вращения турбинного колеса превышает скорость вращения насосного колеса, то в приводе появляется тормозной момент, стабилизирующий скорость вращения выходного вала.

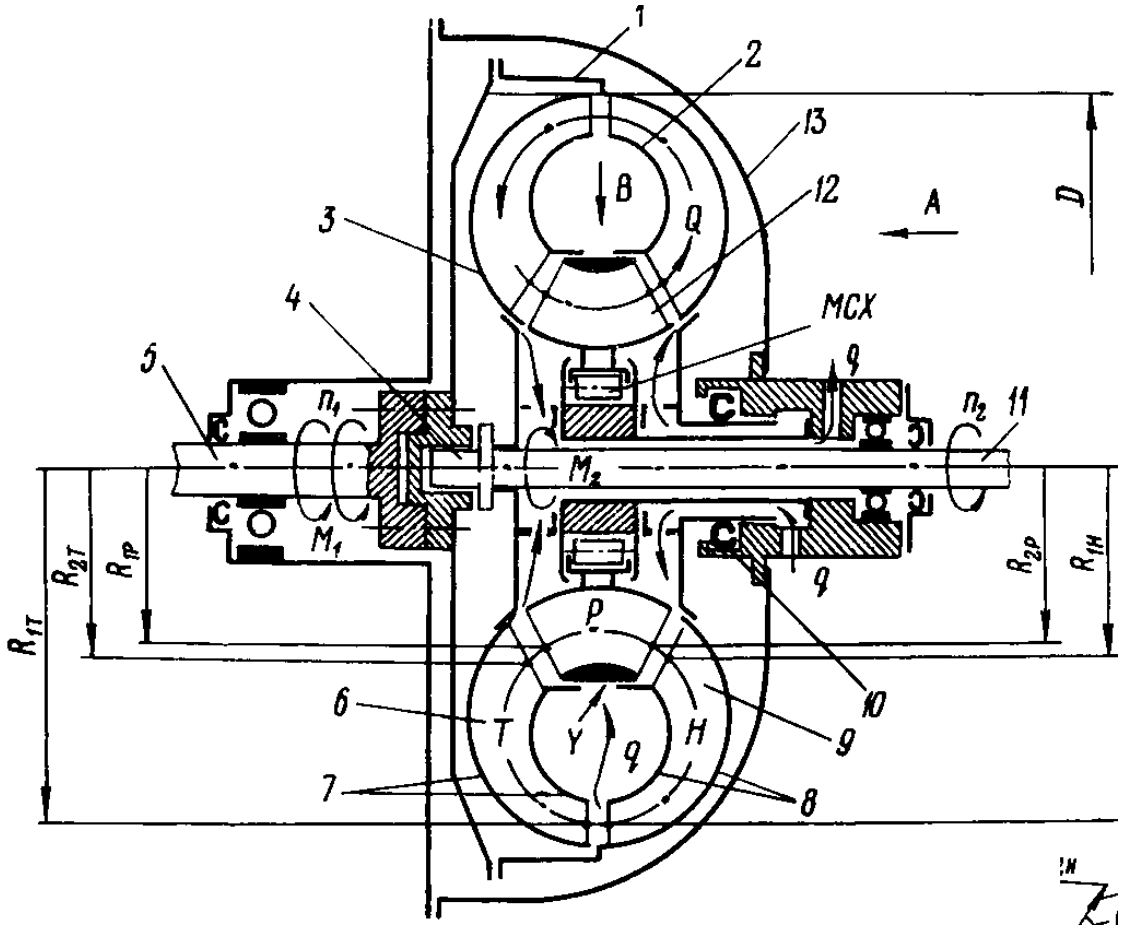


Рис.27. Гидротрансформатор: 1 -корпус; 2 – колесо насосное; 3 – колесо турбинное; 4-подшипник, 5-вал ведущий, 6- лопасти турбинного колеса, 7 и 8-направляющие поверхности, 9-лопасти насосного колеса, 10-уплотнение, 11- вал ведомый, 12-реактор, МСХ-муфта свободного хода.

Гидромуфта, у которой между насосным 3 и турбинным 2 колесами расположен реактор (неподвижный направляющий аппарат) 12, называется гидротрансформатором (рис. 27). Направляющий аппарат позволяет изменить направление потока масла, поэтому возможно получить увеличение крутящего момента на турбинном колесе в 3 – 5 раз. При этом он воспринимает реактивный момент, появляющийся вследствие разности вращающих моментов на входном и выходном валах. Гидротрансформатор выполняет функции своеобразного редуктора. Однако, при изменении направления потока масла происходит его нагревание и потеря энергии через рассеяние тепла системой циркуляции. КПД гидротрансформатора существенно ниже КПД гидромуфты.

Работа гидротрансформатора характеризуется коэффициентом трансформации вращающего момента $K = \frac{M_T}{M_H}$, где $M_\text{Т}$, $M_\text{Н}$ – вращающие моменты на турбинном и насосном колесах, и кинематическим передаточным отношением $i = \frac{\omega_T}{\omega_H}$, где $\omega_\text{Т}$, $\omega_\text{Н}$ – угловые скорости вращения турбинного и насосного колес.

Механические характеристики гидромуфт и гидротрансформаторов даны в [10]. Они отражают зависимости коэффициента трансформации вращающего момента K и коэффициента полезного действия (КПД) η от величины передаточного отношения i. Вначале устройство работает в режиме гидротрансформатора, позволяя получать в период разгона максимальную трансформацию вращающего момента с ростом КПД от нулевого значения (когда турбинное колесо стоит на месте) до максимального значения η_{max}, после чего КПД уменьшается. Преимущества гидротрансформатора начинают нивелироваться. При достижении значения

передаточного отношения i_M начинает вовлекаться во вращение реактор. Гидротрансформатор переключается на режим гидромуфты. Это позволяет при увеличении передаточного отношения до значения $i_{M\eta}$ (дальнейшем росте скорости вращения вала привода) достичь еще одного максимума КПД η_{Mmax}, который соответствует выходу приводного механизма на номинальный режим работы. Используются преимущества гидромуфты.

Гидротрансформаторы обычно работают в режиме трансформатора при передаточном отношении i = 0,4,…, 0,8, а в режиме гидромуфты при i = 0,80,…, 0,85.

В соответствии с особенностями механических характеристик, гидротрансформаторы бывают с прозрачной и с непрозрачной механической характеристикой. Непрозрачный гидротрансформатор позволяет защитить первичный двигатель от перегрузок, обеспечивая ему режим с постоянной нагрузкой на валу, независимо от нагрузки на выходном валу гидротрансформатора. Прозрачный гидротрансформатор позволяет максимально использовать силовые и энергетические возможности первичного двигателя для преодоления пиковых нагрузок, но это снижает его ресурс.

Приводы с гидромуфтами:

- обеспечивают запуск двигателя при включенной передаче,
- снижают динамическую нагрузку в системе,
- защищают двигатель от перегрузок, обеспечивают плавность разгона железнодорожно-строительной машины при запуске и при уменьшении нагрузки, а также плавное стопорение при возрастании нагрузки.

Недостатки гидромуфты состоят:

- в сильном снижении КПД при увеличении скольжения;
- в невозможности изменения величины передаваемого крутящего момента двигателя в зависимости от нагрузки.

Недостатками гидротрансформаторов являются:

- сравнительно низкий КПД;

- необходимость применять устройства для охлаждения масла, усложняющие конструкцию;
- сложность или невозможность изменять направление движения, для чего требуются дополнительные механические устройства.

3.3. Пневматический привод рабочих органов

Оборудование с пневмоприводами, рабочей средой в которых служит сжатый воздух, характеризуется простотой конструкции, легкостью обслуживания и эксплуатации, высоким быстродействием, надежностью и долговечностью работы, функциональной гибкостью, невысокой стоимостью, а также возможностью работы в агрессивных средах, взрыво-, пожаро- и влагоопасных условиях. Сжатый воздух легко аккумулируется и транспортируется, а его утечки через уплотнения хотя и нежелательны, но не создают опасности для окружающей среды и производимой продукции. По сравнению с электроприводами пневмоприводы отличаются большей удельной мощностью, возможностью воспроизведения линейных и поворотных движений без помощи преобразующих механизмов, а также сохранением работоспособности при перегрузках. При этом скорость срабатывания и максимальная выходная мощность пневматических исполнительных механизмов меньше.

В отличии от гидроприводов в пневмоприводах можно использовать централизованный источник сжатого воздуха, отсутствуют возвратные линии и коммуникации, более низкие требования к герметичности, отсутствии загрязнения окружающей среды, больших скоростях движения выходного звена. Для пневматических приводов характерны простота управления, свобода выбора места установки, малая чувствительность к изменениям температуры окружающей среды[3].

Большинство современных железнодорожно-строительных машин оснащается пневматическим приводом. Наряду с тормозными системами, пневматический привод используется как вторичный для основного рабочего

оборудования (плуговые снегоочистители, хоппер-дозаторы) и для вспомогательных систем (устройства перемещения и прижима тележек контрольно-измерительных систем, натяжение тросов, привод стопорных устройств и др.). Подача воздуха в пневмосистему может осуществляться от компрессора локомотива, тягового модуля, или установленного на самой железнодорожно-строительной машине. Пневмопривод позволяет формировать хозяйственные поезда из железнодорожно-строительных машин с общей компрессорной установкой на локомотиве.

Вместе с тем в пневмосистемах железнодорожно-строительных машин давление воздуха находится в пределах 0,4 – 0,7 МПа, т.е. значительно ниже уровня давлений в гидросистемах — до 60 МПа (600 бар), поэтому приводные цилиндры силовых рабочих органов имеют повышенные габаритные размеры. Пневмопривод не позволяет без применения дополнительных стопорных устройств зафиксировать исполнительный рабочий орган в промежуточных положениях. Зачастую наблюдается прерывистость хода штока. Пневматическая трансмиссия имеет низкий КПД, поэтому применяется в основном в системах, не требующих частых переключений механизмов. Скорость движения штока пневмоцилиндра обычно в среднем составляет 0,33 – 0,41 м/с, при этом минимальная скорость 0,08 – 0,1 м/с [10]. При меньшей скорости наблюдаются неравномерность хода и вибрации.

Пневматический привод, как и любой другой, состоит из двух взаимо-связанных основных частей:

а) силовой, в которой осуществляются энергетические процессы;

б) управляющей, реализующей информационные процессы

Управление энергией полученного сжатого воздуха, заключающееся в регулировании таких его параметров, как давление и расход, а также в распределении и направлении потоков сжатого воздуха, осуществляется посредством клапанов давления, дросселей, распределителей и других элементов направляющей и регулирующей подсистемы привода.

Полезная работа — выполнение различных рабочих перемещений или создание усилий в рабочих органах — совершается исполнительными механизмами (пневмоцилиндрами, пневмомоторами, захватами и т. п.), составляющими исполнительную подсистему привода.

В зависимости от условий эксплуатации, требований безопасности или степени сложности силовой части привода управляющая часть может быть реализована путем использования пневматических, электрических или электронных средств автоматизации.

В большинстве случаев исполнительные механизмы приводов железнодорожно-строительных машин имеют жесткую или кинематическую связь с объектом управления, что позволяет по состоянию их выходных звеньев судить о соответствующем состоянии объекта.

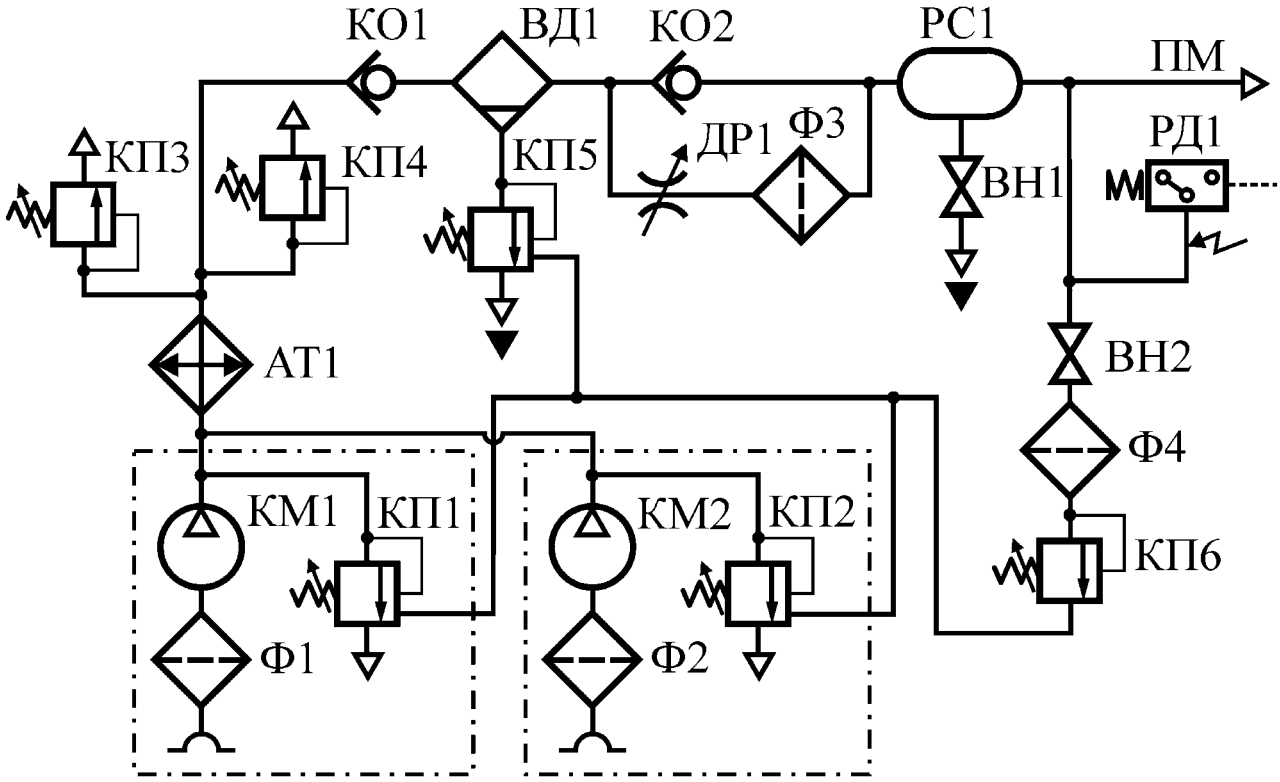


Рис. 28. Пневматическая система: АТ1-воздухоохладитель, ВН 1-вентиль выпуска конденсата; ВД 1- адсорбер; ДР1- дроссель, КМ1и КМ2-компрессоры, КО1 и КО2-клапаны обратные, КП1- КП5-клапаны холостого хода, КП6-регулятор давления, РС1-ресивер, Ф1-Ф4-воздушные фильтры, ПМ-пневмомагистраль.

Пневматический привод специального железнодорожного подвижного состава содержит компрессор, аппаратуру различного функционального

назначения, вспомогательные устройства (трубопроводы, резервуары, воздухоохладители и т.д.).

На рис. 28 показана принципиальная схема системы подготовки и подачи сжатого воздуха в тормозную и рабочую пневмосистемы. Воздух забирается из атмосферы через воздушные фильтры Ф1, Ф2 и включенными параллельно компрессорами КМ1 и КМ2, охлаждается в воздухоохладителе АТ1, проходит обратный клапан КО1, осушается в адсорбере ВД1 и через обратный клапан КО2 поступает в воздушный ресивер РС1.

Периодическое переключение компрессора на холостой режим работы производится клапанами холостого хода КП1-КП5, управляемые дистанционно от регулятора давления КП6. При достижении верхнего уровня давления в резервуаре РС1 регулятор давления КП6 подает воздух под давлением к клапанам КП1-КП5, которые соединяют нагнетательную линию компрессоров с атмосферой. Одновременно открывается и клапан холостого хода КП5, через который продувается адсорбер ВД1 для вывода из него накопившейся влаги. После снижения давления в резервуаре РС1 регулятор давления КП6 закрывает клапаны холостого хода КП1-КП5. Накопленный конденсат из ресивера РС1 выпускается через вентиль ВН1.

При работе пневмопривода воздух поступает в ресивер РС1 (рис. 28), а затем расходуется на привод механизмов.

3.4 **Электрический привод**

По конструктивному признаку можно выделить три основных типа электрического привода: одиночный, групповой и многодвигательный. Одиночный электрический привод применяют в ручных механизированных инструментах, рабочих органах простого действия, Групповой, или трансмиссионный, электрический привод применяется в многодвигательных электрических приводах — мономоторный тяговый электрический привод рельсовых транспортных средств, железнодорожные и укладочные краны. Кроме того, различают электрические приводы - реверсивные и нереверсивные, а по возможности управления потоком преобразованной

механической энергии — нерегулируемые и регулируемые (в том числе автоматизированные с программным управлением) и др.

В электрических приводах механизмов некоторых железнодорожно-строительных машин применяют асинхронные крановые электродвигатели трехфазного тока напряжением 220 В и 380В с короткозамкнутым ротором или с контактными кольцами. Они обладают значительной перегрузочной способностью, при этом удобны в управлении, хотя имеют большой пусковой момент при включении и невозможность регулирования скорости. Поэтому их применение возможно с преобразователями частоты.

Двигатели с контактными кольцами удовлетворительно работают при частых пусках и торможениях, допускают регулировку угловой скорости. Управление двигателями осуществляют специальными реостатами — контроллерами. Преимуществами электропривода являются: постоянная готовность к работе, простота пуска и реверсирования, высокий КПД, возможность получения «мягкой» характеристики и дистанционного автоматического управления. К недостаткам относятся зависимость от внешнего источника энергии, большая стоимость электрооборудования.

Электромеханические трансмиссии состоят из электрического генератора, тягового электродвигателя (или нескольких), электрической системы управления, соединительных кабелей. Основным достоинством электромеханических трансмиссий является обеспечение наиболее широкого диапазона автоматического изменения крутящего момента и силы тяги, а также отсутствие жесткой кинематической связи между агрегатами электротрансмиссии, что позволяет создать различные компоновочные схемы.

Недостатками электрических трансмиссий являются относительно большие габариты, масса и стоимость (особенно если используются электрические машины постоянного тока), пониженный КПД (по сравнению с чисто механической) и опасность поражения электрическим током.

С точки зрения бережливого производства и технологических преимуществ необходимо сравнить рассмотренные типы приводов по виду используемой энергии (таблица 4). Например, при низких требованиях к

Таблица 4

Критерий	**Электроприводы**	**Гидроприводы**	**Пневмоприводы**
Затраты на энергоснабжение	Низкие 1	Высокие 3…5	Высокие 7…10
Передача энергии	На неограниченное расстояние со скоростью до 300км/с	На расстояния до 100м,скорость- до 6 м/с,передача сигналов —до 100 м/с	На расстояния до 1000м, скорость — до 40 м/с, передача сигналов-до 40 м/с
Накопление энергии	Затруднено	Ограничено	Легко осуществимо
Линейное перемещение	Затруднительно, дорого, малые усилия	Просто,большие усилия, хорошее регулированиескорости	Просто,небольшие усилия,скорость зависит от нагрузки
Вращательное движение	Просто, высокая мощность	Просто, высокий крутящий момент, невысокая частота	Просто, невысокий крутящий момент, высокая частота
Рабочая скорость исполнительного механизма	Зависит от конкретных условий	До 0,5 м/с	1,5 м/с и выше
Усилия	Большие усилия, не допускаются перегрузки	Усилия до 3000кН, защищены от перегрузок	Усилия до 30 кН, защищены от перегрузок
Точность позиционирования	+1 мкм и выше	До +1 мкм	До 0,1 мм
Жесткость	Высокая (используются механические промежуточные элементы)	Высокая (гидравлические масла практически несжимаемы)	Низкая (воздух сжимаем)
Утечки	Нет	Создают загрязнения	Нет вреда, кроме потерь энергии
Влияние окружающей среды	Нечувствительны к изменениям температуры	Чувствительны к изменениям температуры, пожароопасны	Практически нечувствительны к колебаниям температуры, взрывобезопасны

точности позиционирования, потребных малых усилиях в сочетании с высокими скоростями на исполнительном механизме и жестких требованиях

по экологии предпочтительнее применение **пневмоприводов. Но при** обеспечении высокой точности позиционирования и потребных больших усилиях в сочетании с скоростями не более 0,5 м/с на исполнительном механизме оправдано применение **гидропривода.** При выборе типа привода в конкретном случае необходимо учитывать рабочие свойства разных приводов при колебаниях нагрузки, а также их точное позиционирование в любом промежуточном положении и реализацию заданного закона движения.

3.5 Механический привод

Механические трансмиссии состоят из:

- зубчатых передач;
- коробок скоростей;
- валов;
- предохранительных и ограничительных муфт;
- реверсивных механизмов;
- тормозных устройств.

Достоинством механических трансмиссий являются:

- большая надежность;
- сравнительно высокий КПД (0,8-0,92);
- небольшая металлоемкость (3.2-5.5 кг на 1 кВт мощности машины);
- малая чувствительность к внешним температурам.

Недостатки - сложность бесступенчатого регулирования скорости.

Регулирование скорости в механических трансмиссиях происходит в основном ступенчато при помощи коробок передач.

Коробка передач — агрегат, предназначенный для изменения частоты и крутящего момента в более широких пределах, чем это может обеспечить двигатель машины.

Коробки передач классифицируются по нескольким признакам:

По способу передачи потока мощности:

- механические — коробки передач, в которых используются механические передачи, как правило, зубчатые;

- простые — выполнены с использованием цилиндрических и конических зубчатых передач;

- планетарные (ПКП) — выполнены с использованием планетарных рядов. Особенность этих коробок в том, что все шестерни в них находятся в постоянном зацеплении, а изменение передаточного числа происходит за счет торможения и блокирования отдельных вращающихся элементов;

- гидромеханические — коробки передач, в которых механические передачи используются в сочетании с гидродинамической передачей (гидромуфта, гидротрансформатор).

По способу управления:

- с ручным включением передач — передачу включает водитель (оператор);

- непосредственного действия — используется только усилие оператора. Приводы непосредственного действия бывают механическими и гидравлическими;

- сервоприводы — используется усилие оператора и сервоустройства, при этом основную часть работы выполняет сервоустройство, а усилие оператора необходимо для управления работой сервоустройства. В зависимости от источника (преобразователя) энергии сервоприводы подразделяются на гидравлические, механические, электрические, вакуумные, смешанные и др.;

- автоматические — в зависимости от внешних условий (например, частота вращения и нагрузка на коленчатом валу двигателя) передачи переключает автоматизированная система управления КП без участия водителя.

Для того чтобы трансмиссии были близки к бесступенчатым системам, необходимы коробки скоростей с большим числом передач, что усложняет конструкции коробок передач трансмиссии, увеличивает

габариты, металлоемкость и снижает КПД. Бесступенчатое регулирование скорости в механических трансмиссиях возможно с использованием вариаторов.

Вариатор — механическая передача, способная плавно менять передаточное отношение в некотором диапазоне регулирования. Изменение передаточного отношения производится вручную или автоматически.

Вариаторы по принципу работы различаются на:

а) Фрикционные вариаторы:

1) лобовые (рис.29*а*);

2) конусные;

3) шаровые;

4) многодисковые;

5) тороидные (рис.29*б*)

6) волновые;

7) клиноременные (рис. 29*в*).

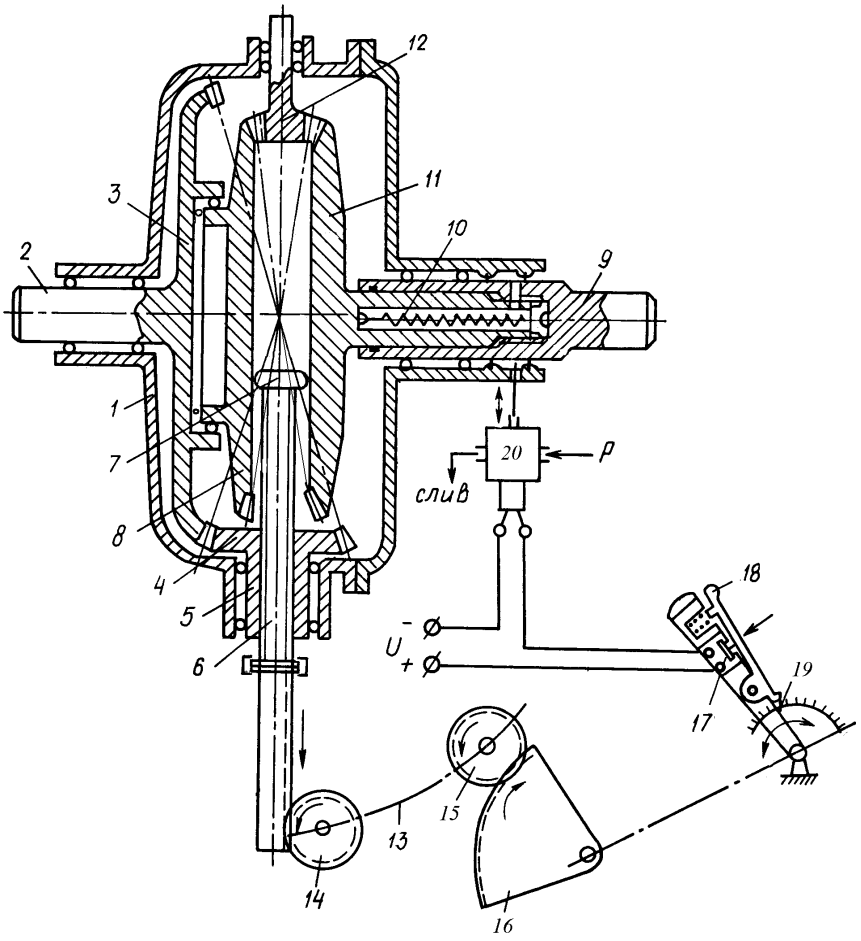
б) Вариаторы цепные (рис.30).

Цепной вариатор - механизм передачи вращения, который может быть плавно включен и выключен (выжат). Обеспечивает безрывковое трогание железнодорожно-строительной машины с места и бесшумное переключение передач. Функции сцепления могут выполнять гидромуфты и гидротрансформаторы.

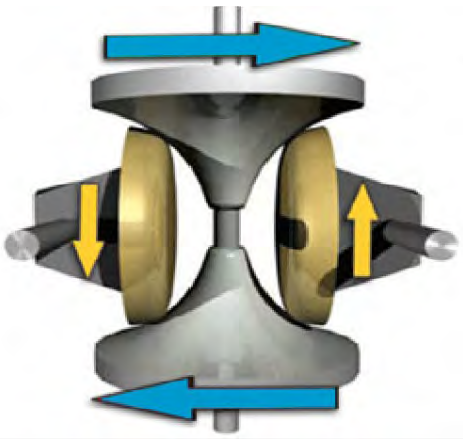
Достоинствами фрикционных передач являются: плавность и бесшумность в работе, простота конструкции, невозможность поломки при резком изменении крутящего момента на одном из валов благодаря проскальзыванию катков, возможность бесступенчатого регулирования скоростей ведомого звена на ходу без остановки передачи.

Недостатками являются: необходимость прижимного устройства; большие давления на валы и опоры от действия внешней силы прижимного устройства, что увеличивает их размеры и делает передачу громоздкой а также ограничивает величину передаваемой мощности; непостоянство

передаточного отношения из-за проскальзывания катков; сравнительно высокий износ.



а)



б)



в)

Рис.29. Фрикционные вариаторы: *а*-лобовой: 1-корпус, 2-вал ведущий, 3-шестерня коническая, 4 и 12-колесо коническое, 5-втулка, 6-вал ролика, 7-ролик, 8-диск упорный, 9-гидроцилиндр, 10-пружина, 11-диск прижимной, 13-вал гибкий, 14, 15 и 16 -привод регулятора угловой скорости, 17-

включатель прижима ролика, 18-ручка управления, 19-фиксатор, 20-гидропривод;

б –тороидный; *в*- клиноременный.

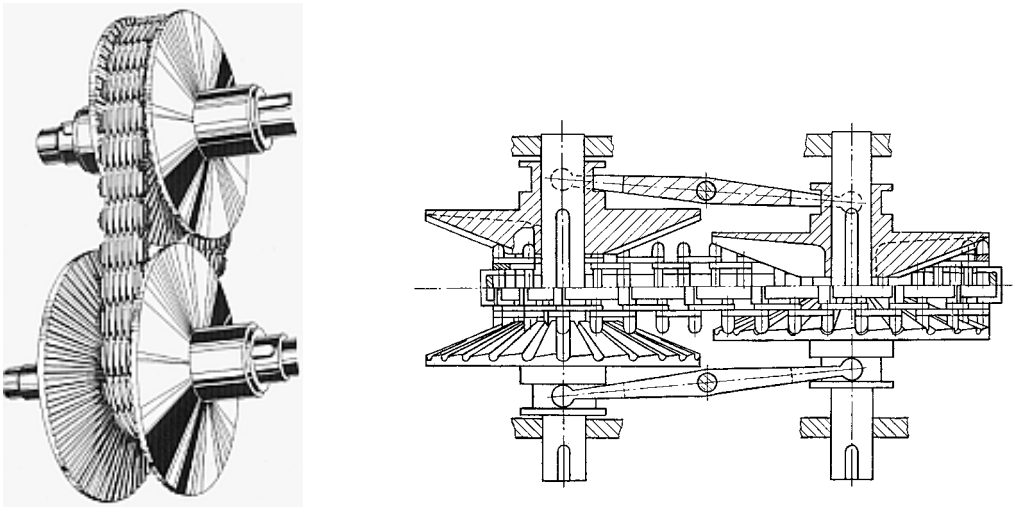


Рис.30. Цепные вариаторы.

Фрикционные вариаторы применяют как в кинематических так и силовых передачах в тех случаях, когда требуется бесступенчатое регулирование скорости (зубчатая передача не позволяет такого регулирования). Фрикционные вариаторы применяются в станкостроении, в подъемных и транспортных машинах, приводах летательных аппаратов и металлорежущих станках-роботах и манипуляторах цифровых следящих систем и механизмов. Один из катков фрикционного вариатора изготовляют из качественных сталей (40Х, 50Х, ШХ15 и т.д.) а другой – из серого чугуна, текстолита, фибры и других пластмасс. Из всех типов фрикционных бесступенчатых передач с твердыми телами касания лобовые фрикционные вариаторы конструктивно наиболее просты. В таком вариаторе возможно перемещать колесо по валу в направлениях, указанных стрелками, при этом передаточное отношение будет плавно меняться в соответствии с изменением рабочего диаметра диска.

Основной недостаток лобовых вариаторов – большое геометрическое скольжение. Поэтому в силовых передачах диапазон регулирования передаточного отношения приходится ограничивать в пределах Д=3-4.

Соединение дисков с валами рекомендуется осуществлять шариковыми, винтовыми или гидравлическими нажимными устройствами (рис. 29*а*). Во избежание чрезмерного скольжения центральную часть диска использовать не следует.

Расчет на контактные напряжения следует вести на минимальном диаметре диска при котором требуется наибольшая сила нажатия и скольжение достигает наибольшей величины.

3.6 Расчетная часть.

3.6.1 Расчет мощности электрического привода выгребного роторного устройства щебнеочистительной машины

Расчетная схема представлена на рисунке 31.

Производительность роторного устройства $П_Т$, м /ч:

$$П_Т = v_м \cdot b_Р \cdot D_Р, \qquad (3.1)$$

где $v_м$ - рабочая скорость железнодорожно-строительной машины, м/ч ;

b- ширина ротора, м ;

D- диаметр ротора, м .

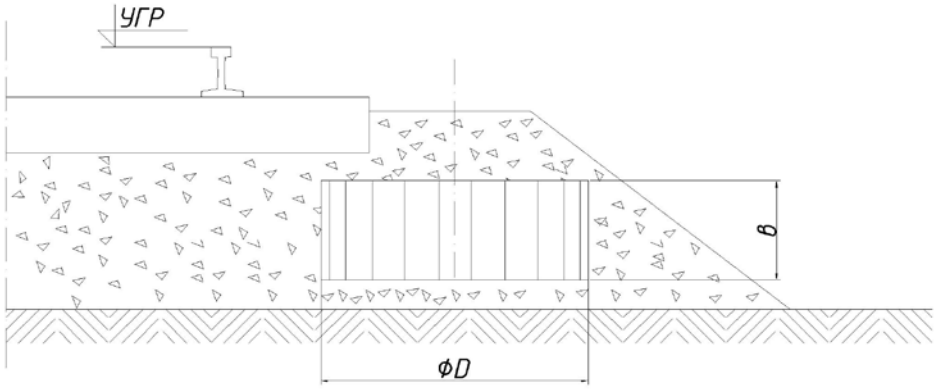


Рис. 31 –Расчетная схема

Целью расчета является определение мощности, затрачиваемой на привод роторного рабочего органа, и подбор элементов привода.

Мощность, потребляемая роторным рабочим органом $P_р$ Вт, складывается из затрат на копание, подъем и разгон щебня до скорости

ротора. Так как, проектируемые роторы работают на перемещение щебня в горизонтальной плоскости без подъема на высоту, в расчетах исключены затраты мощности на подъем щебня.

Мощность, потребляемая роторным рабочим органом на копание $P_{коп}$, Вт [8]:

$$P_{коп} = \frac{П_T \cdot E_V}{3{,}6 \cdot 10^3 \cdot \eta_{ро}}, \qquad (3.2)$$

где E_v - удельная работа копания уплотненного балласта, Нм/м^3 (для щебня E_v =400000 Нм/м^3);

$\eta_{ро}$ - коэффициент полезного действия (к.п.д.) рабочего органа (для роторного рабочего органа $\eta_{ро} = 0{,}9$).

Мощность, потребляемая роторным рабочим органом на разгон щебня до скорости ротора $P_{раз}$, Вт [8]:

$$P_{раз} = \frac{П_T \cdot \rho \cdot v_p}{3{,}6 \cdot 10^3 \cdot \eta_{ро}}, \qquad (3.3)$$

где ρ - объемная плотность щебня, кг/м^3 (для щебня ρ =2100 кг/м^3).

Требуемая мощность, потребляемая роторным рабочим органом, Вт:

$$P_p = P_{коп} + P_{раз}, \qquad (3.4)$$

Привод механизма состоит из мотор-редуктора и зубчатой пары (шестерня - зубчатый венец). Зубчатая пара внутреннего зацепления.

По требуемой мощности выбирается мотор-редуктор с требуемыми передаточным числом редуктора *и* и мощностью двигателя (приложение 3).

Необходимое общее передаточное число привода *и*:

$$u = \frac{n_{дв}}{n_p}, \qquad (3.5)$$

где $n_{дв}$ - частота вращения двигателя, об/с .

Передаточное число зубчатой пары внутреннего зацепления $u_{вн}$:

$$u_{зп} = \frac{u}{u_p}, \qquad (3.6)$$

где u_p - передаточное число редуктора .

По необходимому передаточному числу $u_{вн}$ из стандартного ряда выбирается зубчатая пара внутреннего зацепления.

3.6.2 Расчет гидравлического привода

При разработке гидропривода рабочего органа или железнодорожно-строительной машины в целом, после определения структуры рабочего цикла, нагрузок и скоростей движения механизмов, условий и режимов эксплуатации, диапазонов регулирования параметров, дополнительных требований к гидроприводу, решается комплекс взаимоувязанных задач: составляется принципиальная схема гидропривода, выбирается номинальное давление, производится расчет параметров гидравлических машин, гидроцилиндров, аппаратуры, устройств кондиционирования рабочей жидкости, трубопроводов, арматуры и т.п. С учетом определенных параметров по каталогам подбираются необходимые элементы гидропривода и производятся итерационные поверочные расчеты. Результаты расчетов используются для рабочего проектирования гидропривода и железнодорожно-строительной машины в целом.

Для гидропривода при его номинальной загрузке должен быть установившийся режим теплообмена с окружающей средой и режимы течения рабочей жидкости по элементам и трубопроводам. При длительных нагрузках давление в гидроприводе не должно превышать $p_{ном}$, а при выполнении рабочих операций предохранительные клапаны не должны пропускать жидкость в бак. Номинальное давление в гидросистеме выбирают из параметрического ряда ГОСТ 12445-80. На железнодорожно-строительных машинах отечественного производства обычно применяется

гидроаппаратура, имеющая $p_{ном}$ = 10; 16; 20; 25 и 32 МПа. Различают также максимальное давление p_{max}, которое допускается для кратковременной работы гидропривода, а также пиковое давление $p_п$, которое действует мгновенно, например при переключениях клапанов [8].

Для постоянно включенного механизма определяется суммарный расход рабочей жидкости всеми его двигателями, а для группы механизмов железнодорожно-строительной машины циклического действия составляется циклограмма изменения расхода. При отсутствии гидроаккумулятора подача насоса подбирается по максимальному расходу Q_{max}, так как механизм должен реализовать максимальную скорость, а при его наличии – по среднему расходу за цикл:

$$Q_{ср} = \frac{1}{T_ц} \sum_{i=1}^{N} Q_i t_i , \qquad (3.7)$$

где $T_ц$ – суммарное время рабочего цикла, с; Q_i,– расход рабочей жидкости, дм^3/с в течение времени t_i, с.

Стандартные значения номинальных значений расхода $Q_{ном}$ регламентированы ГОСТ 13825-80. Номинальные частоты вращения валов насосов и гидромоторов $n_{ном}$, об/мин установлены ГОСТ 12446-80.

Диаметр условного прохода гидроаппаратов, приблизительно равный внутреннему диаметру трубы [10], мм: $D_у = 35{,}63\sqrt{Q_т / v_т}$ ($Q_т$ – расход жидкости в трубопроводе, дм^3/с; $v_т$ – скорость течения жидкости в трубопроводе, м/с). Рекомендуется принимать: $v_т$ = 1,4 м/с – для всасывающих, $v_т$ = 2,25 м/с – для сливных и $v_т$ = 3,5 – 8,5 м/с – для напорных трубопроводов. Последний случай соответствует диапазону давлений $p_{ном}$ 6,3 – 32 МПа, в котором большему давлению соответствует большая скорость жидкости. По вычисленному $D_у$ в каталогах находятся гидроаппараты, в общем случае с большим условным проходом. Для отечественной гидроаппаратуры стандартные значения условных проходов приведены в ГОСТ 16516-80.

При движении рабочей жидкости по элементам гидросистемы проявляют себя гидравлические сопротивления, выражающиеся в потерях давления. Поэтому давление, развиваемое в выходном отверстии насоса, МПа:

$$\Delta p_{\text{н}} = \sum \Delta p_{\text{т}} + \sum \Delta p_{\text{м}} + \sum \Delta p_{\text{э}} + \sum \Delta p_{\text{д}}, \qquad (3.8)$$

где $\Delta p_{\text{т}}$, $\Delta p_{\text{м}}$, $\Delta p_{\text{э}}$, $\Delta p_{\text{д}}$, – потери давления жидкости вследствие ее течения через трубопроводы, местные сопротивления, элементы гидропривода и гидродвигатель, МПа.

В случае, если номинальное давление насоса $p_{\text{ном}} > \Delta p_{\text{н}}$ – выбранный насос можно использовать в гидроприводе в течение его ресурса, если $p_{\text{ном}} < \Delta p_{\text{н}} < p_{\max}$ – ресурс насоса будет снижен, так как он будет работать с допустимой перегрузкой. При $p_{\text{ном}} < \Delta p_{\text{н}}$ – необходимо выбрать насос с большим давлением нагнетания.

3.6.3 Расчет насоса и гидромотора

После выбора насоса по значению номинального давления в гидросистеме $p_{\text{ном}}$, МПа и требуемой производительности $Q_{\text{н}}$, дм^3/с определяются параметры режима насоса и его привода. Требуемая угловая скорость вращения вала насоса, рад/с:

$$\omega_{\text{н}} = 2\pi \frac{Q_{\text{н}}^3}{V_{\text{н}} \eta_{\text{о}}} 10^3, \qquad (3.9)$$

где $V_{\text{н}}$ – рабочий объем насоса, см^3/об; $\eta_{\text{о}}$ – объемный КПД насоса, который зависит от многих факторов, в том числе от угловой скорости вращения вала, и определяется по графикам гидромеханических характеристик насоса.

Мощность, которую необходимо подвести к валу насоса, кВт:

$$N_{\text{н}} = \Delta p_{\text{н}} \text{Q}_{\text{н}} / \eta_{\text{н}}, \qquad (3.10)$$

где $\Delta p_{н}$ – перепад давлений в выходном и входном отверстиях, МПа; $\eta_{н}$ – общий КПД насоса, также определяемый по гидромеханическим характеристикам.

Крутящий момент, приложенный к валу насоса, кНм: $M_{н} = N_{н} / \omega_{н}$.

Передаточное число кинематической цепи передачи вращения от вала первичного двигателя к валу насоса: $i_{д-н} = \omega_{д} / \omega_{н}$ ($\omega_{д}$ – угловая частота вращения вала двигателя, рад/с).

В результате расчета потерь в гидравлической цепи передачи давления от насоса к гидромотору определяется подводимое к его входному отверстию давление $p_{м}$, МПа. Из расчета рабочего органа или механизма определен требуемый от гидромотора крутящий момент при номинальном режиме работы, а также в момент начала движения. Расход рабочей жидкости гидромотором, дм^3/с:

$$Q_{м} = \frac{10^{-3} V_{м} \omega_{м}}{2\pi\eta_{o}}, \qquad (3.11)$$

где $V_{м}$ – рабочий объем гидромотора, см^3; $\omega_{м}$ – угловая скорость вращения его вала, рад/с.

Развиваемая валом гидромотора мощность $N_{м} = \Delta p_{м} Q_{м} \eta_{м}$, кВт ($\Delta p_{м}$ – перепад давлений между напорным и сливным отверстиями, МПа; $\eta_{м}$ – полный КПД гидромотора). Развиваемый на валу гидромотора вращающий момент $M_{м} = N_{м} / \omega_{м}$, кНм. Обычно в каталогах приводятся данные по пусковому моменту для номинального давления напора $p_{ном}$. В этом случае пусковой момент приблизительно можно оценить по соотношению: $M_{п} = M_{пн} p_{м} / p_{пн}$, кНм ($M_{пн}$ – пусковой момент, кНм при номинальном давлении $p_{н}$, МПа).

При выборе гидромотора (приложение 2) необходимо стремиться обеспечить близкий к номинальному режим работы. В этом случае

гарантируются оптимальные технико-экономические показатели ее работы, увеличивается ресурс.

3.6.4. Расчет гидроцилиндра

Гидроцилиндры железнодорожно-строительных машин подвергаются внешним нагрузкам со стороны приводимых механизмов, а также внутренним нагрузкам, связанным с наличием рабочих давлений в полостях. Различают максимальные нагрузки, обусловленные настройками предохранительных или редукционных клапанов давления, кратковременные пиковые нагрузки, связанные с динамическими характеристиками приводимого механизма или рабочего органа и характером переключений аппаратов, а также нагрузки, вызванные реакцией гидроцилиндра на внешние воздействия. Последние нагрузки возникают, например, в гидроцилиндрах ограничения хода подбоек современных выправочно-подбивочных машин циклического действия, в гидроцилиндрах-демпферах ударов при опасных сближениях сателлита и корпуса машины у выправочно-подбивочных машин непрерывно-циклического действия.

Гидроцилиндры могут приводить рычажные механизмы и совершать при работе активные возвратно-поступательные движения (например, привод рычагов подбоек, кранов-манипуляторов), механизмы, у которых гидроцилиндрами производится периодическая регулировка положения рабочего органа (подъемно-рихтовочные устройства, планировочные плуги), а также механизмы, не требующие при работе движений штоков (привод желобов выгребного устройства щебнеочистительной машины, привод заглубления виброплит машин типа ВПО). В каждом конкретном случае производится анализ действующих на гидроцилиндр нагрузок, определяются рабочие скорости выходного звена (штока или корпуса, в зависимости от схемы работы по рис.32).

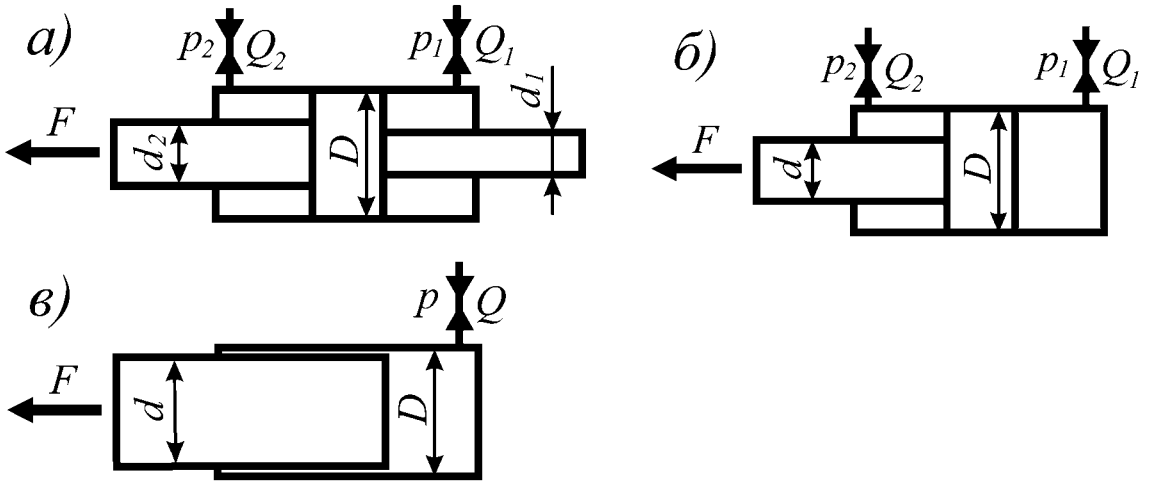


Рис. 32. Схемы гидроцилиндров: *а*- дифференциальный, *б*-односторонний, *в*-плунжерный.

Схема действия внешних и внутренних нагрузок на дифференциальный гидравлический цилиндр (рис. 32,*а*) обобщает большинство расчетных случаев. Из уравнения равновесия сил, действующих на поршень, определяется развиваемая штоком гидроцилиндра сила, кН:

$$F = \frac{\pi 10^3}{4}(D^2 - d_1^2)p_1 - \frac{\pi 10^3}{4}(D^2 - d_2^2)p_2, \qquad (3.12)$$

где D, d_1, d_2 – диаметры поршня и штоков, м; p_1, p_2 – давления рабочей жидкости в полостях, МПа.

Положительное направление силы F- справа – налево.

Направление силы F определяется знаком выражения: $[(D^2 - d_1^2)p_1 - (D^2 - d_2^2)p_2]$. Если $[(D^2 - d_1^2)p_1 - (D^2 - d_2^2)p_2] > 0$, то возникает сила F, перемещающая шток влево, а если $[(D^2 - d_1^2)p_1 - (D^2 - d_2^2)p_2] < 0$- то вправо. При $[(D^2 - d_1^2)p_1 - (D^2 - d_2^2)p_2]=0$ – сила $F=0$.

Для гидроцилиндра с двухсторонним штоком $d_1 = d_2$,

с односторонним штоком (рис. 32, *б*) - $d_1 = 0$, а для плунжерного гидроцилиндра (рис. 32, *в*) - $d_1 = 0$ и $d_2 = D$.

Сила, развиваемая гидроцилиндром с двухсторонним штоком диаметра d, кН:

$$F = \frac{\pi 10^3}{4}(D^2 - d^2)(p_1 - p_2). \qquad (3.13)$$

Сила F, развиваемая гидроцилиндром (рис.32,*б*) с односторонним штоком диаметром d, кН:

$$F = \frac{\pi 10^3}{4}[D^2(p_1 - p_2) + d^2 p_2]. \qquad (3.14)$$

Сила F, развиваемая плунжерным (рис.32,*в*)гидроцилиндром, кН:

$$F = \frac{\pi 10^3}{4} D^2 p. \qquad (3.15)$$

При дифференциальной схеме включения гидроцилиндра с односторонним штоком с подачей рабочей жидкости под давлением p в обе полости указанная сила, кН:

$$F = \frac{\pi 10^3}{4} d^2 p. \qquad (3.16)$$

Расход рабочей жидкости при ее подаче в i-ую полость гидроцилиндра или при вытеснении из этой полости:

$$Q_{\text{ц}i} = 10^3 V_{\text{ц}} S_{\text{ц}i}, \text{ дм}^3/\text{с} \qquad (3.17)$$

где $V_{\text{ц}}$ – скорость движения штока, м/с;

$S_{\text{ц}}$ – рабочая площадь поршня с учетом площади поперечного сечения штока, м^2.

Общая подача насоса определяется с учетом характера работы механизма или железнодорожно-строительной машины.

Гидроцилиндры обладают высоким КПД (0,95 – 0,98), поэтому, если не требуется высокая точность расчета, то потерями, возникающими при движении штока гидроцилиндра, можно пренебречь.

3.6.5 Расчет пневмопривода

При расчете пневмопривода необходимо определить параметры компрессоров КМ, необходимый объем ресивера $V_р$, время его полной зарядки в начале работы и подзарядки при работе, характеристики расхода воздуха из ресивера при работе пневмопривода, чтобы установить количество циклов работы механизмов железнодорожно-строительной машины при возможных отказах компрессоров.

Вначале определяется время полной зарядки и дозарядки ресивера. Для относительно невысоких давлений, характерных для пневмоприводов железнодорожно-строительных машин, справедливо характеристическое уравнение состояния газа [4]:

$$\frac{p}{\rho} = RT, \qquad (3.18)$$

где p – давление, Па;

ρ – плотность газа, кг/м^3;

R – универсальная газовая постоянная, R = 287,1 Дж/(кг^{0}К);

T – абсолютная температура воздуха, $T = 273 + t^oC$), К.

Плотность воздуха в расчетах можно принимать ρ_0 = 1,293 кг/м^3 [8], а абсолютная температура в большинстве расчетных случаев T = 293 К (20°С). Расчетное атмосферное давление p_0=0,1·10^6 Па.

При работе пневмопривода имеют место процессы течения воздуха с заполнением объемов, и одновременно происходит теплообмен с окружающей железнодорожно-строительную машину воздушной средой через стенки аппаратов и трубопроводов. Если скорость протекания процессов настолько велика, что теплообменом можно пренебречь, то процесс рассматривается как адиабатический. При нагнетании происходит повышение температуры, а при работе двигателей совершается работа и

температура понижается. Если процесс длительный и за время его протекания происходит полный теплообмен с выравниванием температуры воздуха в приводе и в окружающей среде, то он является изотермическим. Практически в большинстве пневматических приводов теплообмен неполный, и термодинамический процесс определяется как политропный. Для политропного процесса известно соотношение:

$$\frac{p_1}{\rho_1^n} = \frac{p_2}{\rho_2^n} = \text{const} \qquad (3.19)$$

где n – показатель политропического процесса; для изотермического процесса $n = 1$, для адиабатического процесса $n = 1{,}4$;

p_1, p_2 – давления воздуха до и после протекания процесса, Па;

ρ_1, ρ_2 – соответствующие плотности воздуха, кг/м^3.

Вместе с тем, если начальный процесс, например, поворот крыла снегоочистителя, происходит относительно быстро, то после поворота крыло длительное время остается в конечном положении, происходит полный теплообмен с частичным восполнением потери энергии вследствие охлаждения воздуха при его расширении. Получается, что пневмопривод за ресивером - это своеобразная «тепловая машина» с частичной рекуперацией энергии за счет поступления тепла из атмосферы.

Процесс зарядки ресивера РС компрессором КМ можно считать изотермическим, так как в системе обычно есть охладитель воздуха, а заполнение ресивера занимает достаточно длительный промежуток времени. Давление нагнетания, Па:

$$p_{\max} = RT\rho_{\max} = RTM_{\max} / V_{\text{р}}, \qquad (3.20)$$

где $\rho_{\max}$ – плотность воздуха в ресивере после нагнетания, кг/м^3;

$M_{\max}$ – масса воздуха в ресивере после нагнетания, кг;

$V_{\text{р}}$ – объем ресивера, м^3.

До нагнетания в ресивере (рис.33,*а*) находилась масса воздуха

$$M_{р0} = \rho_0 V_р \text{, кг.} \qquad (3.21)$$

Дополнительная масса воздуха, поступившего в ресивер при работе компрессора:

$$M_{нк} = k_п N_к V_{рк} \frac{\omega_к}{2\pi} \rho_0 t_з, \qquad (3.22)$$

где $k_п$ – коэффициент, учитывающий потери воздуха при нагнетании на кавитацию и утечки (в учебном проекте, если нет экспериментальных данных, можно принимать $k_п$ = 0,90 – 0,95);

$N_к$ – число одинаковых по параметрам компрессоров;

$V_{рк}$ – рабочий объем одного компрессора, м^3/об;

$\omega_к$ – угловая частота вращения вала компрессора, рад/с;

$t_з$ – время полной зарядки ресивера, с.

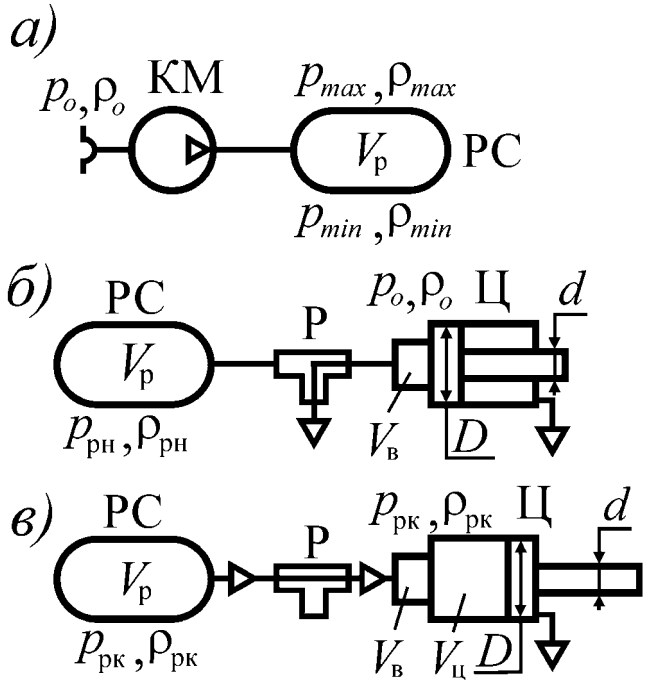


Рис. 33. Схемы расчета: *а*-для расчета заполнения ресивера, *б*-работа гидроцилиндра от ресивера (начало), *в*- работа гидроцилиндра от ресивера (окончание работы).

После подстановок в (3. 21), учитывая, что $M_{max} = M_{нк} + M_{р0}$, время полной зарядки ресивера до максимального рабочего давления равно;

$$t_з = \frac{2\pi V_р p^{м}_{max}}{RTk_п N_к V_{рк} \omega_к}, \text{ с}, \qquad (3.23)$$

где $p^{м}_{max}$ – максимальное манометрическое давление ($p^{м}_{max} = p_{max} - p_0$), Па.

Если давление в ресивере снижается до значения p_{min}, то производится дозарядка ресивера. Можно показать, что время на подзарядку равно:

$$t_з = \frac{2\pi V_р (p^{м}_{max} - p^{м}_{min})}{RTk_п N_к V_{рк} \omega_к}, \text{ с} \qquad (3.24)$$

где $p^{м}_{min}$ – минимальное манометрическое давление ($p^{м}_{min} = p_{min} - p_0$), Па.

При работе пневматического привода происходит расходование накопленного в ресивере запаса воздуха под давлением для совершения полезной работы пневматическими двигателями – пневмоцилиндрами и пневмомоторами. Рассмотрим газовые процессы при работе цилиндра Ц от ресивера РС (рис. 33*б*). До открытия распределителя Р в ресивере объемом $V_р$ м^3 воздух находится под абсолютным давлением $p_{рн}$ Па, а в объеме $V_в$ м^3, называемым вредным объемом, под атмосферным давлением p_0, Па. После соединения указанных объемов через распределитель происходит выравнивание давлений до значения $p_{рк}$ Па с уменьшением давления в ресивере и увеличением давления сначала во вредном пространстве. После начала движения цилиндра Ц (рис.33,*б*) результирующее давление продолжает снижаться. При адиабатическом процессе оно быстрее снижается, а при изотермическом процессе – медленнее за счет подвода тепловой энергии через стенки. Считая процесс политропным, можно написать уравнение [4]:

$$\frac{p_{рн}}{(\rho_{рн})^n} = \frac{p_{рк}}{(\rho_{рк})^n}, \text{ или } p_{рк} = p_{рн} \frac{(\rho_{рк})^n}{(\rho_{рн})^n}, \qquad (3.25)$$

где $\rho_{рн}$, $\rho_{рк}$ – начальная плотность воздуха в ресивере и конечная плотность воздуха после выравнивания давлений.

В газодинамическом процессе участвует общая масса воздуха

$M_{рн} + M_в = \rho_{рн} V_р + \rho_0 V_в$, кг.

Плотность воздуха после срабатывания цилиндра Ц, кг/м^3:

$$\rho_{рк} = \frac{\rho_{рк} V_р + \rho_0 V_Е}{V_Р + V_Е + V_Ц}, \qquad (3.26)$$

где $V_ц$ – рабочий объем цилиндра, наполняемый воздухом при срабатывании, м^3.

Принимая во внимание, что начальная плотность воздуха по характеристическому уравнению $\rho_{рн} = \frac{p_{рк}}{RT}$, давление Па в системе ресивер-цилиндр (рис.33,*в*) после срабатывания будет равно:

$$p_{рк} = (p_{рн})^{1-n} (RT)^{n-1} \frac{p_{рн} V_р + \rho_0 V_в RT}{V_р + V_в + V_ц}. \qquad (3.27)$$

В практических расчетах рекомендуется принимать показатель политропического процесса n = 1,30 – 1,35 [4]. В том же источнике отмечается, что для большинства обычных пневмоприводов с длинными воздухопроводами, способствующими эффективному теплообмену, процесс изначально можно считать изотермическим с n = 1. Тогда выражение (3.26) принимает вид:

$$p_{рк} = \frac{p_{рн} V_р + \rho_0 V_в RT}{V_р + V_в + V_ц}. \qquad (3.28)$$

В начале срабатывания цилиндра при заполнении вредного объема для расчета давления в формулах (3.26) и (3.27) $V_ц = 0$. Давления, получаемые по этим формулам – абсолютные. Манометрические давления будут меньше на велечину атмосферного давления p_0.

При работе пневматического цилиндра изменение давления p необходимо рассмотреть в функции времени t. Время t_1 соответствует начальному заполнению цилиндра воздухом до давления $p_{цс}$, при котором начинается движение штока. Далее в течение времени t_2 шток с механизмом

разгоняется, давление растет до $p_{цд}$ вследствие динамического разгона потока воздуха и замедления в полости цилиндра (гидравлический удар) и снижается до давления $p_{цп}$, которое определяется по политропному процессу (3.26). Далее происходит нагрев охладившегося воздуха вследствие теплообмена, давление повышается до значения $p_{ци}$, которое определяется по изотермическому процессу (3.27). Теоретически, время t_3 бесконечно большое, так как повышение температуры воздуха в цилиндре асимптотично. Разность $p_{рн} - p_{ци}$ - это безвозвратные потери давления в системе на работу пневмоцилиндра.

Количество полных циклов работы пневматического привода путевой машины вычисляется путем последовательного итерационного расчета снижения давления в ресивере от значения $p_{рн} = p_{max}$ до $p_{рк} = p_{min}$ и подсчета циклов. Решение такой задачи с использованием ПЭВМ тривиально.

Сила F, развиваемая пневмоцилиндром, определяется по формулам, аналогичным расчету гидроцилиндра. При этом необходимо учитывать, что эта сила меньше примерно на 10% чем развиваемое гидроцилиндром вследствие влияния трения уплотнений и поршня. При определении параметров пневмоцилиндра также учитывается, что фактическая нагрузка от механизма должна составлять 0,50–0,65 от максимального усилия, цилиндра. В этом случае получаются рациональные размеры цилиндра и гарантируется его устойчивая работа.

3.6.6 Расчет механических передач

3.6.6.1 Расчет клиноремённой передачи.

Бесконечные резинотканевые клиновые приводные ремни нормальных сечений применяются для привода рабочих органов специального подвижного состава (например, гайковертов ПМГ). Выпускают приводные ремни двух типов - собственно приводные (тип ремней О,А,Б и В по ГОСТ 1284.1-84) и для автотракторных двигателей (тип ремней 1,2,3,4 и 5 по ГОСТ 5813). Ремни того и другого типа несколько отличаются друг от друга по размерам. При выборе минимального диаметра шкива по ГОСТ 20889-88

необходимо обеспечить линейную скорость движения ремня не более 25...30 м/с (для большей долговечности ремня - 8...12 м/с). Выбирается сечения ремня по ГОСТ 1284.1-89 (или ГОСТ 5813, или 0, I, II, III и IV по ГОСТ 1284.2-89).

Диаметр меньшего шкива определяется по эмпирической формуле:

$$d_1=(3\ldots4)\sqrt[3]{T}\text{, мм} \qquad (3.29)$$

где $T=\frac{P}{\omega}$ - крутящий момент, Нм;

P - мощность на ведущем валу, Вт;

ω - угловая скорость ведущего вала, рад/с.

По диаметру ведущего шкива передачи определяется диаметр ведомого шкива:

$$d_2 = u_p\, d_1, \qquad (3.30)$$

u_p – передаточное число ременной передачи.

Полученные значение диаметров шкивов округляются до стандартного значения по ГОСТ 20889-88.

Межосевое расстояние (предварительное), мм;

$$a_{min} = 0{,}55\,(d_1 + d_2) + h, \qquad (3.31)$$

Расчетная длина ремня, мм:

$$Lp = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}, \qquad (3.32)$$

Найденное значение округляется до ближайшего стандартного по ГОСТ 1284.

Уточнение межосевого расстояния, мм:

$$a = 0{,}25[(L_p - W) + \sqrt{(L_p - W)^2 - 8y}], \qquad (3.33)$$

где $W=0{,}5(d_1+d_2)$ (3.34)

$$y = \left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)^2. \qquad (3.35)$$

Угол обхвата ремня малого шкива, градусы:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a}, \qquad (3.36)$$

Расчётная мощность, Вт.:

$$P_p = P_0 \frac{c_\alpha c_L}{c_p}, \qquad (3.37)$$

где C_α - коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата;

C_L - коэффициент, учитывающий влияние длины ремня;

C_p - коэффициент, учитывающий режим работы передачи.

Требуемое число ремней:

$$Z = \frac{P_1}{P_p \cdot c_Z}, \qquad (3.38)$$

где P_1 - мощность на ведущем валу передачи;

c_z– коэффициент, учитывающий число ремней.

Для определения коэффициента c_z предварительно принимают некоторое число ремней ($Z = 2 \div 4$).

Найденное значение Z округляют до целого числа.

Скорость ремня, м/с:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000}, \qquad (3.39)$$

Сила предварительного натяжения ремня, Н:

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot c_p \cdot c_L}{Z \cdot V \cdot c_\alpha} + \theta \cdot V^2, \qquad (3.40)$$

Коэффициент θ, учитывающий влияние центробежных сил, принимается в зависимости от сечения ремня.

Сила действующая на валы, Н:

$$F_П = \frac{2 \cdot F_0 \cdot Z \cdot \sin\alpha_1}{2}, \qquad (3.41)$$

Рабочий ресурс (долговечность) клиноремённой передачи, ч:

$$H_0 = N_{оц} \frac{L_P}{60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1}, \qquad (3.\ 42)$$

где $N_{оц}$- число циклов, выдерживаемых ремнём.

3.6.6.2. Расчет зубчатой передачи

Основным материалом для изготовления зубчатых колес служат термически обработанные стали. По сравнению с другими материалами они в наибольшей степени обеспечивают контактную прочность и прочность зубьев на изгиб.

В зависимости от твердости (или термообработки) стальные зубчатые колеса разделяют на две группы: твердостью НВ > 350 (с объемной закалкой, закалкой т.в.ч., цементацией, азотированием); твердостью НВ ≤ 350 (зубчатые колеса нормализованные или улучшенные).

Применение материалов с НВ > 350 позволяет существенно повысить нагрузочную способность зубчатых передач. Однако колеса из таких материалов плохо прирабатываются, поэтому требуют повышенной точности изготовления, повышенной жесткости валов и опор. Кроме того, нарезание зубьев при высокой твердости затруднено. Это обусловливает выполнение термообработки после нарезания зубьев. Часто некоторые виды термообработки вызывают значительное коробление зубьев. Исправление формы зубьев требует осуществления дополнительных операций: шлифовки, притирки, обкатки. Эти трудности проще преодолеть в условиях крупносерийного и массового производства, когда окупаются затраты на специальное оборудование, инструменты и приспособления.

Твердость материала НВ ≤ 350 позволяет производить нарезание зубьев после термообработки. При этом можно получать высокую точность без применения дорогих отделочных операций. Колеса этой группы хорошо прирабатываются и не подвержены хрупкому разрушению при динамических

нагрузках. Для лучшей приработки зубьев твердость шестерни рекомендуется назначать больше твердости колеса на 30 - 50 единиц:

$HB_1 \geq HB_2 + (30 - 50)$ НВ,

где HB_1 и HB_2 – твердости рабочих поверхностей шестерни и колеса соответственно.

Основным параметром зубчатой передачи соответствии с ГОСТ 21354-87 является межосевое расстояние a_ω

Межосевое расстояние, мм.

$$a_{\omega т} = K_a \cdot (V_т + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot K_{н\beta}}{V_T^2 \cdot \psi_{ва} \cdot \sigma_{нр}^2}}; \qquad (3.43)$$

где: K_a = 495 – вспомогательный коэффициент для прямозубых передач.

u – передаточное число.

T_3 – вращающий момент на ведомом валу передачи, Н·м.

$K_{н\beta}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца, принимаемый по [6] в зависимости от коэффициента ширины венца зубчатого колеса ψ_{bd} относительно делительного диаметра.

$$\psi_{bd} = 0.5\psi_{ba} \cdot (u + 1); \qquad (3.44)$$

где: ψ_{ba} – коэффициент ширины венца зубчатого колеса относительно межосевого расстояния, принимаемый из ряда: 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0. Контактное напряжение, для прямозубой передачи, МПа

$$\sigma_{нр} = \frac{\sigma_{н\lim b4} \cdot Z_N}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_L \cdot Z_X; \qquad (3.45)$$

где: $\sigma_{нlimb4}$ – предел контактной усталости поверхности зубьев, соответствующий базовому числу циклов напряжений колеса, МПа.

$$\sigma_{нlimb4} = 2 \cdot HB_4 + 70; \qquad (3.46)$$

где: HB_4 – твёрдость материала колеса, МПа.

Z_N – коэффициент долговечности.

$$Z_{N4} = \sqrt[6]{\frac{N_{H\lim 4}}{N_{K4}}} \le 2.6 \quad ; \text{ при } N_{K4} \le N_{Hlim4}; \qquad (3.47)$$

$$Z_{N4} = \sqrt[20]{\frac{N_{H\lim 4}}{N_{K4}}} \ge 0.75 \quad ; \text{ при } N_{K4} > N_{Hlim4}; \qquad (3.48)$$

где: N_{Hlim4} – базовое число циклов напряжений соответствующие пределу выносливости, миллионов циклов.

$$N_{Hlim4} = 30 \cdot HB_4^{2,4} \le 120 \cdot 10^6; \qquad (3.49)$$

N_{K4} – суммарное число циклов напряжений, миллионов циклов.

$$N_{K4} = 60 \cdot n_3 \cdot L_n; \qquad (3.50)$$

где: n_3 – частота вращения ведомого вала, об/мин.

L_n – ресурс (долговечность) передачи, часов.

Условие долговечности

$N_{K4} > N_{Hlim4}$;

Z_R – коэффициент, учитывающий влияние исходной шероховатости, сопряжённых поверхностей зубьев.

Z_V – коэффициент, учитывающий влияние скорости.

Z_L – коэффициент, учитывающий влияние смазочного материала.

Z_X – коэффициент, учитывающий влияние размер зубчатого колеса.

S_H – коэффициент, учитывающий влияние запаса прочности.

Модуль зубьев, мм:

$$m = (0.01 - 0.02)\, a_{\omega т}; \qquad (3.51)$$

Полученное значение модуля округляется до стандартного значения.

Сумма зубьев шестерни и колеса:

$$Z_C = \frac{2 \cdot a_{\omega T}}{m}; \qquad (3.52)$$

Полученное значение округляется до целого числа.

Число зубьев шестерни:

$$Z_3 = \frac{Z_c}{U_T + 1}; \qquad (3.53)$$

Полученное значение числа зубьев шестерни округляется до целого

Число зубьев колеса:

$$Z_4 = Z_C - Z_3; \quad (3.54)$$

Делительные диаметры, мм:

шестерни:

$$d_3 = m \cdot Z_3; \quad (3.55)$$

колеса:

$$d_4 = m \cdot Z_4; \quad (3.56)$$

Диаметры вершин зубьев, мм:

шестерни:

$$d_{a3} = d_3 + 2m; \quad (3.57)$$

колеса:

$$d_{a4} = d_4 + 2m; \quad (3.58)$$

Диаметры впадин зубьев, мм:

шестерни:

$$d_{f3} = d_3 - 2{,}5m; \quad (3.59)$$

колеса:

$$d_{f4} = d_4 - 2{,}5m; \quad (3.60)$$

Уточнённое межосевое расстояние, мм:

$$a_{\omega т} = 0{,}5(d_3 + d_4); \quad (3.61)$$

Рабочая ширина зубчатого венца, равная ширине венца колеса, мм:

$$b_\omega = b_4 = \psi_{ba} \cdot a_{\omega т}; \quad (3.62)$$

Полученное значение округляется до целого числа.

Ширина венца шестерни:

$$b_3 = b_4 + m \quad (3.63)$$

Полученное значение округляется до целого числа.

Окружная скорость зубчатых колёс, м/с:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_3}{60 \cdot 1000}; \quad (3.64)$$

В зависимости от окружной скорости устанавливаем степень точности передачи.

После определения геометрических размеров рабочие поверхности зубьев необходимо проверить на контактную прочность. Для этого следует определить рабочие контактное напряжение $\sigma_н$ и сравнить с допускаемым $\sigma_{нр}$. Должно выполняться условие: $\sigma_н \leq \sigma_{нр}$.

Рабочее контактное напряжение, МПа:

$$\sigma_н = Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{F_{t3}}{b_3 \cdot d_3} \cdot \frac{U_T + 1}{U_T} \cdot K_A \cdot K_{HV} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \qquad (3.64)$$

где: Z_E – коэффициент, учитывающий механические свойства материалов сопряжённых зубчатых колёс, изготовленных из стали.

Z_H – коэффициент, учитывающий форму сопряжённых поверхностей зубьев в полюсе зацепления.

$$Z_H = \frac{1}{\cos\alpha_t} \cdot \sqrt{\frac{2}{tg\alpha_{t\omega}}}; \qquad (3.65)$$

где: α_t – делительный угол профиля в торцовом сечении, град.

$\alpha_{t\omega}$ – угол зацепления, град.

для прямозубых передач без смещения: $\alpha_t = \alpha_{t\omega} = 20^0$.

$$Z_H = \frac{1}{\cos 20^0} \cdot \sqrt{\frac{2}{tg 20^0}} = 2{,}495; \qquad (3.66)$$

Z_ε – коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий прямозубой передачи:

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}; \qquad (3.67)$$

где: ε_α – коэффициент торцового перекрытия;

$$\varepsilon_\alpha = [1.88 - 3.22 \cdot (\frac{1}{Z_3} + \frac{1}{Z_4})]; \qquad (3.68)$$

F_{t3} – окружная сила на делительном диаметре, Н:

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot T_2}{d_3}; \quad (3.69)$$

$К_А$ = 1,1 – коэффициент внешней динамической нагрузки при равномерном нагружении двигателя и ведомой железнодорожно-строительной машины.

$К_{HV}$ – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку.

$$К_{HV} = 1 + \frac{\omega_{HV} \cdot b_3}{F_{t3} \cdot K_A}; \quad (3.70)$$

где: $\omega_{нv}$ – удельная окружная динамическая сила, Н/мм:

$$\omega_{нv} = \delta_н \cdot q_0 \cdot V_2 \cdot \sqrt{\frac{a_{\omega T}}{U_T}}; \quad (3.71)$$

где: $\delta_н$ – коэффициент, учитывающий влияние вида зубчатой передачи.

q_0 – коэффициент, учитывающий влияние разности шагов зацепления зубьев шестерни и колеса 8-й степени точности:

$К_{нβ}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий:

$$К_{нβ} = 1 + (K^0_{H\beta} - 1) \cdot К_{нω}; \quad (3.72)$$

где: $К^0_{нβ}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий в начальный период работы передачи:

$К_{нα}$ – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями прямозубых передач,

$К_{нω}$ – коэффициент, учитывающий приработку зубьев;

$$К_{нω} = 1 - \frac{20}{(0.01 \cdot HB_4 + 2)^2 \cdot (V_2 + 4)^{0.25}}; \quad (3.73)$$

Для предотвращения усталостного излома зубьев для каждого колеса определяются местные напряжения от изгиба в корне зуба и сравниваются с допускаемыми

$\sigma_F \leq \sigma_{FP}$;

Расчётное местное напряжение при изгибе:

для шестерни –

$$\sigma_{F3} = \frac{F_{t3}}{b_3 \cdot m} \cdot K_F \cdot Y_{FS3} \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon; \quad (3.74)$$

для колеса –

$$\sigma_{F4} = \sigma_{F3} \cdot \frac{Y_{FS4}}{Y_{FS3}}; \quad (3.75)$$

где: K_F – коэффициент нагрузки.

$$K_F = K_A \cdot K_{FV} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha}; \quad (3.76)$$

где: K_{FV} – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении до зоны резонанса.

$$K_{FV} = 1 + \frac{\omega_{FV} \cdot b_3}{F_{t3} \cdot K_A}; \quad (3.77)$$

где: ω_{FV} – удельная окружная динамическая сила, Н/мм:

$$\omega_{FV} = \delta_F \cdot q_0 \cdot V_2 \cdot \sqrt{\frac{a_{\omega T}}{U_T}}; \quad (3.78)$$

где: $\delta_F = 0.16$ – коэффициент, учитывающий влияние вида зубчатой передачи,

$q_0 = 5{,}6$ при $m \le 3.55$ – коэффициент, учитывающий влияние разности шагов зацепления зубьев шестерни и колеса 8-й степени точности:

$K_{F\beta}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий,

$$K_{F\beta} = (K^0_{H\beta})^{N_F}; \quad (3.79)$$

где:

$$N_F = \frac{(\frac{b_4}{h})^2}{(\frac{b_4}{h})^2 + \frac{b_4}{h} + 1}; \quad (3.80)$$

где: h – для прямозубого зацепления:

$$h = \frac{2 \cdot m}{\varepsilon_\alpha}; \quad (3.81)$$

$K_{F\alpha}$– коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями:

Y_{FS3}, Y_{FS4} – коэффициенты, учитывающие форму зуба и концентрацию напряжений, определяемые для шестерни и колеса в зависимости от числа зубьев Z_3 и Z_4 по графику зависимости (рис. 34).

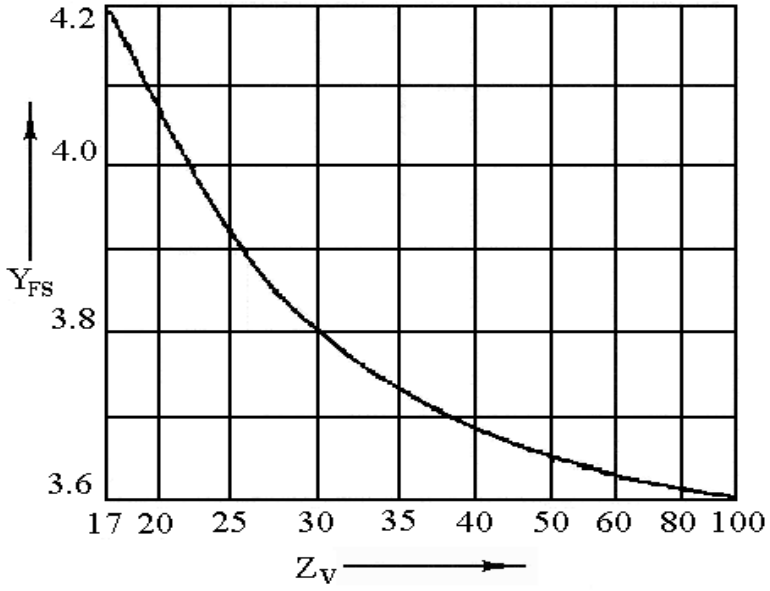


Рис. 34. Зависимость коэффициента формы зуба от числа зубьев зубчатого колеса.

Y_β– коэффициент, учитывающий наклон зуба прямозубых передач;

Y_ε– коэффициент, учитывающий перекрытие зубьев:

Допускаемое напряжение, МПа:

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{F\lim b}}{S_F} \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_X; \qquad (3.82)$$

где: σ_{Flimb} – предел выносливости зубьев при изгибе, МПа:

$$\sigma_{Flimb} = \sigma^0_{F\lim b} \cdot Y_T \cdot Y_Z \cdot Y_q \cdot Y_d \cdot Y_A; \qquad (3.84)$$

где: σ^0_{Flimb} – предел выносливости зубьев при изгибе, соответствующий базовому числу циклов напряжений, МПа:

$$\sigma^0_{Flimb} = 1{,}75 \cdot HB; \qquad (3.85)$$

Y_T– коэффициент, учитывающий технологию изготовления зубчатых колёс;

Y_Z– коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса (ковка или штамповка);

Y_q– коэффициент, учитывающий отсутствие шлифовки переходной поверхности зубьев;

Y_d– коэффициент, учитывающий отсутствие деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности;

Y_A– коэффициент, учитывающий влияние характера приложения нагрузки (односторонняя):

для шестерни:

$$\sigma^0_{Flimb3} = 1{,}75 \cdot HB_3; \qquad (3.86)$$

для колеса:

$$\sigma^0_{Flimb4} = 1{,}75 \cdot HB_4; \qquad (3.87)$$

Y_N – коэффициент долговечности:

для шестерни:

$$Y_{N1} = \sqrt[q_F]{\frac{N_{F\lim b}}{N_{K3}}} \le 4 \qquad (3.88)$$

для колеса:

$$Y_{N2} = \sqrt[q_F]{\frac{N_{F\lim b}}{N_{K4}}} \le 4 \qquad (3.89)$$

где $N_{Flimb} = 4 \cdot 10^6$ – базовое число циклов напряжений;

N_K – суммарное число циклов напряжений, определяемое для шестерни и колеса, миллионов циклов,

для шестерни:

$$N_{K3} = 60 \cdot n_1 \cdot L_h; \qquad (3.90)$$

для колеса:

$$N_{K4} = 60 \cdot n_2 \cdot L_h; \qquad (3.91)$$

где: n_1, n_2 – частоты вращения шестерни и колеса передачи.

q_F– показатель степени для зубчатых колёс с однородной структурой материала;

Y_δ – коэффициент, учитывающий чувствительность материала к концентрации напряжений;

$Y_\delta = 1{,}082 - 0{,}172 \cdot \lg m;$ (3.92)

Y_R– коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности (при нормализации или улучшении);

Y_X – коэффициент, учитывающий размеры зубчатого колеса;

$Y_X = 1{,}05 - 0{,}000125 \cdot d_i;$ (3.93)

где: d_i – диаметр делительной окружности зубчатого колеса, мм:

S_F– коэффициент запаса прочности, для углеродистой и легированной сталей, подвергнутых нормализации или улучшению.

Допускаемое напряжение, МПа:

для шестерни:

$$\sigma_{FP1} = \frac{\sigma_{F\lim b1}}{S_F} \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_X; \quad (3.94)$$

для колеса:

$$\sigma_{FP2} = \frac{\sigma_{F\lim b2}}{S_F} \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_X; \quad (3.95)$$

Получив все необходимые напряжения, проверяется выносливость зубьев, необходимую для предотвращения усталостного излома.

для шестерни:

$\sigma_{F1} \leq \sigma_{FP1}$;

для колеса:

$\sigma_{F2} \leq \sigma_{FP2}$;

Ориентировочный расчет валов на ранней стадии проектирования, когда изгибающие моменты еще не определены, выполняется на чистое кручение по пониженным допускаемым напряжениям $[\tau_к]$ и определяются диаметры отдельных ступеней валов.

Основным материалом для валов служат термически обрабатываемые среднеуглеродистые стали 35, 40, 45 или легированные 40Х, 40ХН и др.

Диаметр выходного вала, мм:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0.2[\tau_k]}}; \qquad (3.96)$$

где: T_1 – вращающий момент на валу, Н · мм:

$[\tau_K]$ = (20 ÷ 25) МПа – допускаемое напряжение кручения для среднеуглеродистых сталей 35, 40, 45:

Диаметр d_1 округляется до целого, стандартного значения.

Диаметр вала под уплотнение, мм:

$$d_{упл} = d_1 + 2 \cdot t; \qquad (3.97)$$

где: t = 2.2 – высота буртика, мм;

$d_{упл} = 28 + 2 \cdot 2{,}2 = 31, 4$ мм;

Диаметр $d_{упл}$ округляем до целого стандартного значения $d_{упл} = 32$ мм.

Диаметр вала $d_п$ в месте посадки подшипника может быть равен диаметру вала под уплотнением или больше его, но кратен пяти, т.е.

$d_п \geq d_{упл}$;

$d_п = 35$ мм;

Между подшипником и шестерней на том же диаметре, что и подшипник, располагают разделительное кольцо. Диаметральные размеры кольца определяются из условия контакта его торцов с колесом и внутренним кольцом подшипника.

Диаметр кольца со стороны подшипника, мм:

$$d_{\delta.п.} = d_п + 3 \cdot r; \qquad (3.98)$$

где: r = 2,0 – координата фаски подшипника:

Диаметр вала под шестерней, мм:

$d_{\delta.п.} \geq d_k > d_п$;

Диаметр разделительного кольца со стороны шестерни, мм:

$$d_{\delta.k.} = d_k + 3 \cdot f; \qquad (3.99)$$

где: f = 1 мм – размер фаски.

Диаметр $d_{\delta.k}$ округляем до целого стандартного значения.

Подшипники качения выбираются в зависимости от диаметров валов, начиная с легкой серии. Для опор валов с цилиндрическими прямозубыми колесами нужно использовать радиальные шариковые подшипники, для валов с цилиндрическими косозубыми, коническими и червячными колесами и для червяка – радиально-упорные или роликовые конические. Для выбранных подшипников из таблиц [4, с.103-116] и [8 с.392-406] выписать маркировку, наружный D и внутренний d диаметры, ширину B, величины статической C_{or} и динамической C_r грузоподъемностей.

Номинальная долговечность подшипника в млн. оборотах определяется по формуле

$$L=\left(\frac{C}{P_э}\right)^p \qquad (3.100)$$

где C-динамическая грузоподъемность подшипника;

$P_Э$-эквивалентная нагрузка, кН;

p –показатель степени: для шарикоподшипников p=3;

Номинальная долговечность подшипника в часах определяется по формуле

$$L_h=\frac{10^6 L}{60n} \qquad (3.101)$$

Эквивалентная нагрузка определяется по формуле

$$P_э = (XVF_r + YF_a)\, К_б К_т; \qquad (3.102)$$

где X и Y - коэффициенты соответственно радиальной и осевой нагрузки (приложение 10);

V – коэффициент вращения (V = 1,2 - при вращении наружного кольца, V = 1 - при вращении внутреннего кольца);

F_r и F_a – соответственно радиальная и осевая нагрузки;

$К_б$ – коэффициент безопасности, учитывающий влияние на долговечность подшипника характера внешних нагрузок, для путевых машин $К_б$=1;

$К_т$ – температурный коэффициент для путевых машин $К_т$=1.

Для изготовления стальных зубчатых колес рекомендуется применять кованые или штампованные заготовки, имеющие более высокие механические характеристики.

Шестерни изготавливают за одно целое с валом, если расстояние а (рис.35) от впадины зуба до шпоночного паза меньше 2,5m. Если а ≥ 2,5m, то шестерня выполняется съемной.

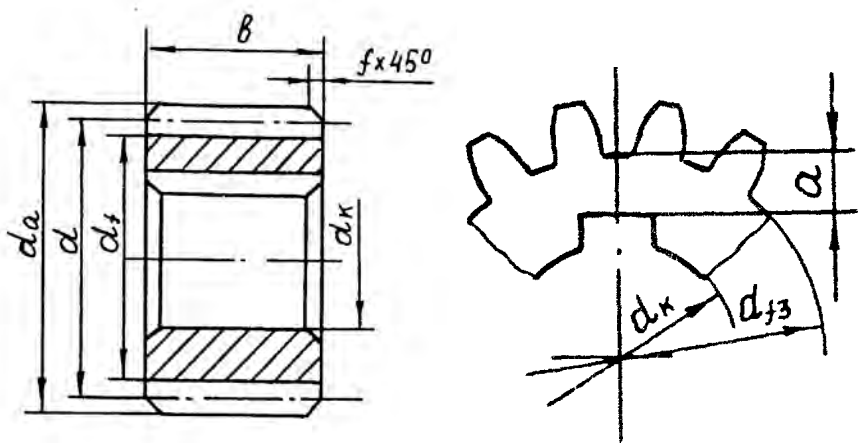


Рис. 35 Эскиз шестерни.

3.6.6.3 Расчет бесступенчатой передачи

Геометрическое скольжение вариатора определяют по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1+\beta}{2\beta\psi \pm 1}; \qquad (3.103)$$

знак «+» - для ведущего колеса и знак «-» - для ведущего диска (рис 1.2 а и б)

$$\psi = \frac{l}{b} = \frac{R_Д}{b}, \qquad (3.104)$$

где $R_Д$ - радиус ведущего диска: при $R_{Дmin}$ -скольжение максимальное;

b – ширина диска.

β=1,3- коэффициент запаса сцепления;

Радиус ведущего колеса его определяется по формуле:

$$R_1 = 0{,}444\sqrt[3]{\frac{\beta}{f} \times \frac{2M_1}{[\sigma]_k^2} \times E_{np} \times \frac{\psi}{i_{\min}}}; \qquad (3.105)$$

где $\psi = \frac{R_{2\min}}{b}$.

При проектном расчете принимают:

$\varepsilon_{\max} = 10\%;$

$\psi = 10;$

R_{2min}- минимальный рабочий радиус диска.

Рабочие поверхности стальных фрикционных колес выполняются шлифованными с шероховатостью Ra 0,63 - 0,32 мкм.

Изменение угловой скорости ведомого вала производится изменением диаметров обоих колес одновременно или одного из них.

Переменные и предельные передаточные отношения вариатора равны:

$$i_x = \frac{n_1}{n_{2x}} = \frac{D_{2x}}{D_{1x}(1-\varepsilon)};\ i_{max} = \frac{n_1}{n_{2\min}} = \frac{D_2}{d_1(1-\varepsilon)};\ i_{min} = \frac{n_1}{n_{2\max}} = \frac{d_2}{D_1(1-\varepsilon)}; \qquad (3.\ 106)$$

Частоты вращения ведомого вала:

$$n_{2x} = \frac{D_{1x} n_1 (1-\varepsilon)}{D_{2x}};\quad n_{2min} = \frac{d_1 n_1 (1-\varepsilon)}{D_2};\quad n_{2max} = \frac{D_1 n_1 (1-\varepsilon)}{d_2} \qquad (3.\ 107)$$

В передачах с постоянным ведущим ($d_1 = D_1 = D$) и переменным ведомым колесом $i_{max} = = \frac{D_2}{D(1-\varepsilon)};\ i_{min} = \frac{d_2}{D(1-\varepsilon)};$ (3. 108)

$$n_{2x} = \frac{D\, n_1 (1-\varepsilon)}{D_{2x}}; \qquad (3.\ 109)$$

$$Д = \frac{D_2}{d_2}; \qquad (3.\ 110)$$

В передачах с постоянным ведомым ($d_2 = D_2 = D$) и переменным ведущим колесом: $i_{max} = = \frac{D}{d_1(1-\varepsilon)};$ $i_{min} = \frac{D}{D_1(1-\varepsilon)};$ (3. 111)

$$n_{2x} = \frac{D_{1x} n_1 (1-\varepsilon)}{D}; \qquad (3.\ 112)$$

$$Д = \frac{D_1}{d_1}; \qquad (3.\ 113)$$

Относительная потеря скорости ε зависит от типа и конструкции передачи и находится в пределах 1-2% .

Наибольшие допускаемые по прочности скорости на ободе колеса определяются материалом и технологией изготовления:

-из серого чугуна -не более 30 м/с;

-из стального литья -не более 45 м/с;

-ковкой из стали -не более 60 м/с;

-штамповкой из стали -не более 80 м/с.

4 Задание на курсовой проект

Варианты заданий курсового проекта определяются преподавателем, так как задачи, решаемые по данной теме многовариантны. Кроме того возможна постановка обратных задач, что увеличивает количество возможных вариантов курсового проекта.

5. Экономическая часть

В этом разделе курсового проекта обучающийся должен выполнить расчет стоимости эксплуатации железнодорожно-строительной машины согласно варианту по формуле:

$$М = Р_п + Г_д + Г_р + Э_р + И + З_д + З_р , \qquad (5.1)$$

где: $Р_п = \frac{C \cdot a}{H \cdot 100}$ - постоянные расходы на полное восстановление первоначальной стоимости железнодорожно-строительной машины или оборудования, руб.,

здесь: С- балансовая стоимость железнодорожно-строительной машины (оборудования), руб;

а- норма амортизационных отчислений на полное восстановление в %;
Н- количество рабочих смен за год.

Стоимость горючего и смазок на железнодорожно-строительные машины во время следования от базы до места работ и обратно, руб.,

$$Г_д=К_д \cdot W \cdot t_р \cdot C_г + m \cdot t_р \cdot C_m + (h_1 \cdot t_р \cdot C_c + \ldots + h_n \cdot t_р \cdot C_c), \quad (5.2)$$

где: $К_д$- коэффициент использования номинальной мощности двигателя при движении железнодорожно-строительных машин от базы до места работ и обратно;

W- расход горючего в час при использовании номинальной мощности железнодорожно-строительной машины, кг/час.;

$C_г$, C_m, C_c- стоимость горючего, моторного масла и различного вида смазок, руб.;

$t_р$- время движения самоходных железнодорожно-строительных машин от базы до места работ и обратно, час.;

$h_1 \ldots h_n$- расход каждого вида смазки за час, кг/час [8, с. 24];

m- расход моторного масла, кг/час [8, с. 24];

Стоимость горючего, смазочных материалов, израсходованных при работе железнодорожно-строительной машины на перегоне в течение $t_р$ час, руб.,

$$Г_р = W \cdot t_р \cdot C_г \cdot m \cdot t_р \cdot C_m + (h_1 \cdot t_р \cdot C_c + \ldots + h_n \cdot t_р \cdot C_c) \quad (5.3)$$

где $Э_р$ – стоимость горючего, смазок и электроэнергии на работу железнодорожно-строительной машины в пределах машино-смены, руб.;

И – стоимость быстроизнашиваемых деталей за машино-смену в руб. определяется по таблице (приложение 4) или по формуле $И = \frac{C_д \cdot h}{T \cdot H}$; здесь: $C_д$ - стоимость быстроизнашиваемых деталей и материалов;

h - количество деталей;

T - количество лет, в течении которых детали приходят в негодность;

$З_д$ и $З_р$ – заработная плата обслуживающего персонала, сопровождающего самоходные железнодорожно-строительной машины от базы до места работ и обратно, и во время работы на перегоне в руб. состоит из:

- тарифной ставки [8, с. 24, том 1];

- премиальных выплат;

- доплат за разъездной характер работы, вредные условия труда и выслугу лет;

- районного коэффициента.

Сумма затрат за отчетный период определяется произведением стоимости машино-смены (или моточаса) на суммарное отработанное время в отчетном периоде.

Величина потерь из-за простоев железнодорожно-строительных машин в части текущих затрат учитывает все затраты на эксплуатацию железнодорожно-строительных машин за исключением затрат на топливо и определяется из выражения

$$C^{ТЗ} = (C_{мч} - C_{топ}) T_р \frac{П_м}{100} \qquad (5.4)$$

где: $C_{топ}$–стоимость топлива в стоимости машино-часа, руб.;

$П_м$–простои железнодорожно-строительных машин, в % к годовому фонду рабочего времени железнодорожно-строительных машин;

$C_{мч}$- стоимость машино-часа эксплуатации железнодорожно-строительной машины, руб.;

$T_р$ - нормативное число часов работы железнодорожно-строительной машины в году.

Недополученная прибыль $C^{нп}$ из-за простоев железнодорожно-строительных машин в течение года определяется размером коэффициента фактической эффективности капитальных вложений на приобретении железнодорожно-строительных машин $E_н$, стоимостью железнодорожно-строительных машин K и простоев железнодорожно-строительных машин в году $П_м$ в %%:

$$C^{нп} = E_н K \frac{П_м}{100}. \qquad (5.5)$$

6. Мероприятия по обеспечению охраны труда при техническом обслуживании и эксплуатации машины.

Раздел должен содержать основные правила по обеспечению охраны труда при ремонте, эксплуатации и техническом обслуживании железнодорожно-строительной машины-прототипа в соответствии с требованиями Руководства по эксплуатации специального железнодорожного подвижного состава [9, с. 68] и Инструкции [6, раздел 1].

Техническое обслуживание железнодорожно-строительной машины проводится согласно Руководству по эксплуатации и включает:

- осмотр всех элементов железнодорожно-строительной машины;
- проверку правильности их работы;
- регулировку и смазку механизмов;
- ремонт механизмов и деталей.

Техническое обслуживание железнодорожно-строительной машины выполняется при холостом ходе и остановках во время передачи смены машинистами и дежурными слесарями. В ходе осмотра необходимо осмотреть и проверить исправность конвейеров (проверить наличие повреждений ленты, прочность стыка, состояние обкладки бортов, качество очистки ленты, прилегание ленты к роликам, правильность хода ленты, отсутствие чрезмерного провисания между роликоопорами), выгребного устройства, ПРУ и КИС.

Плохая очистка ленты ускоряет ее износ. Чрезмерное провисание ленты между роликоопорами вызывает увеличение натяжения ленты и пробуксовки ее на приводном барабане, что также ускоряет износ.

Сход ленты в сторону должен быть устранен, так как он ведет к повреждению кромок ленты и просыпанию груза на холостую ветвь.

Техническое обслуживание роликоопор ленточных конвейеров предусматривает их периодический осмотр, регулировку и замену. Техническое обслуживание барабанов ленточных конвейеров предусматривает их осмотр, регулировку и смазку. Натяжные устройства осматриваются и проверяются рабочими действиями.

7. Мероприятия по обеспечению безопасности движения поездов при выполнении путевых работ.

Материал этого раздела должен быть основан на действующих Правилах технической эксплуатации железных дорог и инструкциях ОАО РЖД [6, раздел 1], [7, раздел 3].

Мероприятия, которые должны быть выполнены персоналом, обслуживающим специальный железнодорожный подвижной состав, при выполнении работ при текущем содержании и всех видах ремонтов железнодорожного пути изложены в разделе 3 Инструкции [7].

Особое внимание необходимо уделить вопросам обеспечения безопасности движения при выполнении работ на железнодорожных путях машиной-прототипом согласно Руководству по эксплуатации [9], подготовке машины для включения в состав хозяйственного поезда и операциям, выполняемым при «зарядке и разрядке» машины-прототипа по Инструкции [6, раздел 1].

Необходимо знать обязанности обслуживающего персонала при подготовке железнодорожно-строительной машины к работе, во время работы и после окончания работ, основные возможные неисправности и способы их устранения, правила действия в аварийных ситуациях.

8. Рекомендации по конструированию рабочих органов и их приводов.

При проектировании рабочих органов и их приводов необходимо учитывать состав материалов балластной призмы по крупности, объёмную (насыпную) плотность, угол естественного откоса в покое (насыпанного

свободно без падения с высоты) и в движении (при отсыпке падением с высоты не менее 1м).

Компоновка рабочих органов и их приводов выбирается аналогично железнодорожно-строительной машине-прототипу [1], [3], [9] с учетом предложенных студентом усовершенствований, конкретных исходных данных и результатов расчета.

Конструкция подшипниковых узлов и основных деталей выбирается по рекомендуемой литературе [2], [4] и [8].

До начала составления компоновки и сборочного чертежа рабочих органов и их приводов необходимо изучить конструкции железнодорожно-строительной машины-прототипа и их рабочих органов согласно варианту, типовые чертежи приводов, ознакомиться с требованиями к конструированию подшипниковых узлов и смазке подшипниковых опор.

При разработке конструкции выгребного устройства особое внимание необходимо уделять центрированию скребковой цепи.

Разработанная конструкция рабочих органов и их приводов должна отвечать требованиям тенденций дальнейшего совершенствования и модернизации железнодорожно-строительных машин - создание рабочих органов с повышенными скоростями и усилиями на рабочих органах, обеспечивающих непрерывность рабочих движений, с уменьшенной массой и широкими пределами регулирования оптимальных рабочих параметров с обеспечением требуемых значений для повышения производительности труда и снижение стоимости работ.

При выполнении компоновки необходимо стремиться к максимальному применению стандартных изделий и типовых узлов.

9. Графическая часть.

Выполнение чертежей производится согласно ЕСКД. Для наиболее полного раскрытия конструкции и формы деталей и сборочных единиц рекомендуется применять местные виды, разрезы и сечения. В

спецификации сборочного чертежа стандартные и покупные изделия должны быть приведены с указанием стандартов или технических условий на их изготовление.

Для выполнения текстов и надписей рекомендуется применять соответствующий шрифту ГОСТ 2.304 шрифт ISOCPEUR (или шрифт, установленный в образовательной организации Стандартом предприятия).

Основная надпись выполняется по приложению 11 с учетом особенностей и стандарта по оформлению технической документации учебного заведения.

Приложение 1- вариант задания на курсовой проект (необязательное)

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
……техникум железнодорожного транспорта
……..института путей сообщения
Филиал государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования
«……..государственный университет путей сообщения»
….ИПС – филиала ….ГУПС

СОГЛАСОВАНО:
Председатель цикловой комиссии
_____Ф.И.О.
протокол №_____ от
«____»_____ 20...г

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора
по учебной работе
_____Ф.И.О.
«____»_____20...г

ЗАДАНИЕ
на курсовой проект студента … курса группы ….

Ф.И.О

Специальность: **23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования.**

1. Тема курсового проекта: выгребное устройство железнодорожно-строительной машины ЩОМ-4 для очистки балласта от засорителей
Вариант 06

2. Исходные данные для проектирования

_____
_____
_____

3. Состав курсового проекта

3.1 Пояснительная записка.

3.2 Графическая часть

А. Перечень основных вопросов, подлежащих разработке:

1 Описание устройства и работы машины (отметить внесенные по курсовому проекту усовершенствования).
2 Эскизный проект и описание конструкции спроектированного выгребного устройства
3 Охрана труда и безопасность движения при работе машины

4 Экономическая часть: Б Пояснительная записка:
-Титульный лист
-Задание на курсовое проектирование
-Содержание(штамп высотой 40 мм)
-Введение
1. Описание и работа машины .
1.1. Назначение и принцип работы машины.
1.2. Технические данные.
1.3. Общее устройство машины и его рабочих органов.
1.4. Кинематические схемы механизма.
2. Конструкционный расчет.
2.1 Исходные данные.
2.2. Назначение проектируемого механизма.
2.3. Устройство и работа механизма
2.4. Определение усилий, проверочные расчеты деталей механизма на прочность.
3 Экономическая часть:
4. Указания мер безопасности (по охране труда при эксплуатации машины и обеспечение безопасности движения поездов при выполнении путевых работ).
Заключение.
Литература.

В Графическая часть состоит из двух листов формата А1:

Лист 1 - Общий вид машины, спецификация основных сборочных единиц.
Лист 2 —Сборочный чертеж выгребного устройства с необходимыми размерами, видами, разрезами и сечениями. Спецификация входящих узлов и деталей.

Дата выдачи задания «…»……20…г

Срок окончания проекта «….» …… 20…г

Преподаватель _____ Ф.И.О.

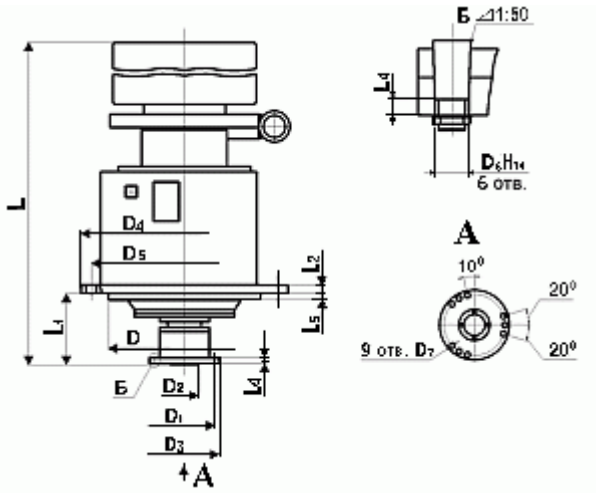
Задание подшивается к пояснительной записке выполненного курсового проекта.

Приложение 2-Аксиально-поршневые гидромоторы

Марки	Рабочий объем q, $см^3$	Давление на входе, МПа:		Частота враще-ния вала n об/мин,:		Крутящий момент не менее, Н·м:		Полный КПД, η
		номи наль ное	макс имал ьное	номи наль ная	макси мальн ая	номи наль ный	макс имал ьный	
Нерегулируемые **210.12**	11,6	20	35	2400	5000	36,2	46	0,88
210.16	28,1	20	35	1920	4000	87,6	113	0,82
210.20	54,8	20	25	1500	2240	174	218	0,87
210.25	107	20	25	1400	1800	340	425	0,87
210.32	225	20	25	1120	2000	715	895	0,86
Регулируемые **209.25**	31-113	20	32	1200	2500	341	546	0,91
309.25	31-107	20	32	1500	3000	323	517	0,91
309.32	75-225	20	28	900	1920	679	952	0,91
312.20	16,1 --56	20	32	1500	3000	165	330	0,91
312.25	32,2--112	20	32	1200	2400	332	664	0,91
312.32	73,6--224	20	32	960	1920	664	968	0,91

Примечание: Минимальная частота вращения вала регулируемых гидромоторов 50 об/мин.

Приложение 3- Мотор-редукторы фирмы УРАЛРЕДУКТОР



Геометрические размеры мотор-редукторов

тип мотор-редуктора	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
МР1-315-Ф1П МР1-315-Ф2П	350H9	150	100h9	180	450	400	22	16	1220	200	20	10	20	4
МР1-500-Ф1П	450h9	224	150h9	260	550	500	26	20	2100	300	30	10	22	5

Технические характеристики мотор-редукторов

тип мотор-редуктора	исполнение по монтажу	передаточное число	число оборотов на выход. валу в мин.	момент на вых. валу, Н•м	электродвигатель			масса мотор-редуктора, кг
					Типо размер	Мощность,кВт	масса, кг	
МР1-315-У-14–315	Ф-1П	4,6	315	1360 910	АИР200L4 АИМ180М4	45 30	275 280	465 540
МР1-315-У-14–250	Ф-1П	5,7	250 250 160	1720 1145 1790	АИР200L4 АИМ180М4 АИР200L6	45 30 18,5	275 280 260	465 540 465
МР1-315У-14–100	Ф-1П, Ф-2П	7,4	200 100 100	1430 1765 1430	АИМ180М4 АИР200М8 АИМ180М8	30 18,5 15	280 235 265	530 425 510
МР1-315–15–250	Ф-1П, Ф-2П	5,7	250 125	1145 1680	АИР180М4 АИР200М6	30 22	195 235	380 400
МР1-315–16–100	Ф-1П, Ф-2П	7,4	100	1050	АИР160М8	11	160	340
МР1-500–12–80	Ф-1П	11,2	80	5370	АИР250S6	45	395	905
МР1-500–13–250	Ф-1П	5,7	250	2100	АИР225М4	55	345	740
МР1-315–26–100	Ф-1П, Ф-2П	7,4	100	1050	АИМ160М8	11	215	430
МР1-315-У-14–200	Ф-1П	7,4	200	1765	АИР200М4	37	255	255
МР1-315–16–160	Ф-1П, Ф-2П	5,7	160	895	АИР160М6	15	160	340
МР1-315–26–160	Ф-1П, Ф-2П	5,7	160	895	АИМ160М6	15	215	430
МР1-315–15–160	Ф-1П, Ф-2П	5,7	160	1100	АИР180М6	18,5	185	380
МР1-315-У-25–160	Ф-1П, Ф-2П	5,7	160	1100	АИМ180М6	18,5	185	380

Приложение 4-Стоимость быстроизнашиваемых деталей по специальному подвижному составу

№ п/п	Наименование и марка специального подвижного состава для ремонта ж.д. пути	Стоимость		
		балансовая, руб.	быстроизнашиваемых деталей	
			руб	в %% от балансовой стоимости
1	ВПО-3-3000, ВПО-3000	2900000	35500	1,2
2	ПМА	38000000	1140000	3
3	Duomatic 09-32 CSM	64000000	1900000	3
4	ВПР-02М	41005000	1230150	3
5	Unimat Compact 08-275/3S	40000000	1900000	4,75
6	ВПРС-10	26000000	780000	3
7	ЩОМ-6	9050000	47500	2
8	ЩОМ-6У	5100000	102000	2
9	СЧУ-800	80150000	2404500	3
10	СЧ-600, СЧ-601	64000000	1900000	3
12	УК-25/9-18	23070000	346050	1,5
13	УК 25СП	46000000	1380000	3
14	УК 25/28СП	54000000	1620000	3
15	МПД	2850000	43750	1,5
16	МПД-2	3150000	47250	1,5
17	ПМГ	2750000	42750	1,5
18	ЭЛБ-1, ЭЛБ-3	4050000	15400	1,2
19	ЭЛБ-4	4950000	59400	1,2
20	ПБ -1	3150000	37800	1,2
21	РОМ–	2750000	55000	2
22	СЗП-600	55 000000	1650000	3
23	МНК, МКТ	22000000	660000	3
24	УМ-С, УМ-М	3000000	36000	1,2
25	СМ-2, СМ	21000000	25200	1,2
26	СМ-3,	9300000	111600	1,2
27	СДП, СДПм	1800000	18000	1,0
28	RM-80 UHR	90 000 000	2700000	3

Приложение 5- Свойства масел для гидросистем

Марка рабочей жидкости (масла)	Удельный вес, кгс/м³	Вязкость при +50°С, сСт	Температура, °С		Пределы рабочих температур, °С
			застывания	вспышки	
Индустриальное 20 (ГОСТ 1707—51)	890	17÷23	—20	170	0—90
Индустриальное 30 (ГОСТ 1707—51)	900	27÷33	—15	180	10—50
Индустриальное 50 (ГОСТ 1707—51)	920	42÷58	—20	200	10—70
Турбинное 22 (ГОСТ 32—53)	900	20÷23	—15	180	5—50
Турбинное 46 (ГОСТ 32—53)	920	44÷48	—10	195	10—50
Трансформаторное (ГОСТ 982—56)	880	9,6	—45	135	—30—+90

Приложение 6- Свойства рабочих жидкостей для гидросистем

Марка рабочей жидкости	Вязкость, сСт		Температура, °С		Пределы рабочих температур, °С
	при +50°С	при —50°С	застывания	вспышки	
Веретенное масло АУ (ГОСТ 1642—50)	12—14	—	—45	163	—40—+60
МВП (ГОСТ 1805—51)	6—8,5	23466	—60	120	—40—+60
АМГ-10 (ГОСТ 6794—53)	10	1250	—70	92	—60—+80
Силиконовая жидкость (ВТУ МХП 2416—54)	6	250	Ниже —70	110	—60—+100

Приложение 7- Удельные сопротивления при разработке грунтов ножевым рабочим органом

Наименование грунта	Категория грунта	Плотность грунта ρ т/м^3	Коэф рарыхления грунта k_p	Удельное сопротивление грунта резанию R_p, кПа
Песок сухой	I	1,2-1,6	1,05-1,1	10-40
Супесь,суглинок	I	1,4-1,7	1,1-1,2	20-100
Гравий , легкая глина	II	1,5-1,8	1,15-1,25	60-180
Глина	III	1,6-1,9	1,2-1,3	160-300
Тяжелая глина, щебень с суглинком	IV	1,9-2,0	1,25-1,3	150-400

Приложение 8- Удельные сопротивления при разработке грунтов ковшовым рабочим органом

Категория грунта	Удельное сопротивление грунта копанию R_k, кПа			
	Одиночный рабочий орган		Многоковшовый ротор	
	ковш	отвал	Попереч копания	Продоль копания
I	25-70	40-120	40-100	80-180
II	90-180	100-120	120-180	160-260
III	120-250	160-300	180-240	260-300
IV	250-400	300-500	240-300	300-400

Приложение 9- Приращение объемов грунтов при разрыхлении и углы естественных откосов

Наименование грунта	Категория грунта	Приращение объемов грунтов при разрыхлении		Углы естественного откоса грунтов в градусах		
		начал	остатч	сухих	влажных	мокрых
Песок сухой	I	8-17	1-2,5	30-35	28-30	25-27
Суглинок	I	20-30	3-4	40-50	35-40	25-30
Гравий	II	14-28	1,5-5	35-40	35	30
Глина	III	24-30	4-7	40-45	35	15-20
Тяжелая глина, щебень с суглинком	IV	26-32	2-3	40-50	35-40	25-30
Щебень	V-VI	30-50	1-2,5	35-40	32-40	30

Приложение 10-Коэффициенты радиальной и осевой нагрузок подшипников

Подшипники	Однорядные подшипники		Двурядные подшипники	
	X	Y	X	Y
Шариковый радиальный	0,6	0,5	0,6	0,5
Шариковый радиально-упорный при α:				
18^o		0,43		0,86
20^o		0,42		0,84
25^o		0,38		0,76
26^o	0,5	0,37	1	0,74
30^o		0,33		0,66
35^o		0,29		0,58
36^o		0,28		0,56
40^o		0,26		0,52
Шариковый самоустанавливающийся, роликовый самоустанавливающийся и конический	0,5	0,22 ctg α	1	0.44 ctg α

Приложение 11-Пример основной надписи графической части

Зона	Позиц	Обозначение	Наименование	Кол	Примеч
			Документация		
		УТЖТ.23.02.04 КП.021.00ПЗ.	Пояснительная записка		
		УТЖТ.23.02.04 КП.021.00Сб	Общий вид машины		
		УТЖТ.23.02.04 КП.021.01Сб	Конвейер		
			Сборочные единицы		
		……	……	……	
			Детали		
		……	……	……	
			Стандартные изделия		
			……	……	
			Покупные изделия		
			Пошипник и т.д.	……	

					УТЖТфилСамГУПС.23.02.04 .КП.021.00Сб				
изм	лист	№докум	Подпись	Дата	Курсовой проект по ПМ 02 «ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ». МДК 02.01	литера		масса	масш
Разраб									
Проов									
Принял						листов		лист	
Н.конт.					КОНВЕЙЕР	УТЖТ			
Т.контр									
Утвер.									

Приложение12-Пример основной надписи листа «Содержание» пояснительной записки

					УТЖТфилСамГУПС.23.02.04 .КП.021.00ПЗ			
изм	лист	№докум	Подпись	Дата	Курсовой проект по ПМ 02 «ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ, ДОРОЖНЫХ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ».	литера	масса	маш
Разраб								
Проов								
Принял						листов	лист	
Н.конт.					Пояснительная записка	УТЖТ		
Утвер.								

Приложение13- Пример основной надписи рядового листа пояснительной записки

					УТЖТфилСамГУПС.23.02.04 .КП.021.00ПЗ	лист
изм	лист	№докум	Подпись	Дата		

Перечень рекомендуемой литературы

Основная

1.Елманов В.Д. Конструкции машин для работы с балластом на железнодорожном пути. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2009.

2. Курмаз Л.В., Скойбеда А.Т. Детали машин - проектирование. Минск: УП «Технопринт»,2001

3. Путевые машины. Учебник для вузов ж.д. транспорта . Учебник /Под ред. М.В.Поповича, В.М. Бугаенко.-М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2009.

4. Ромакин Н.Е. Машины для непрерывного транспорта: уч.пособие.-М.: Издательский центр «Академия». 2008.-432 с.

5. Суздальский С.О. Перспективы совершенствования щебнеочистительных машин. Путь и путевое хозяйство. 2003,вып.№5.

6. ЦП-908 Инструкция по приведению в транспортное положение и порядку сопровождения специального подвижного состава. М.: Академкнига. 2003..

7. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ. Расп. № 2790р от 29.12.2012г..

8. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин.М.: ООО ТИД «Альянс» 2005.-416 с.

9. Щебнеочистительная баровая машина универсальная ЩОМ-6У. Руководство по эксплуатации 2635.2С.00.00.000 РЭ.

Дополнительная

10.Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. М.1986.416с.

11.Гапеенко. Ю.В. Модернизация щебнеочистителей. «Путь и путевое хозяйство». 1998, вып. №5.

12. Машины и механизмы для путевого хозяйства. Учебник для техникумов ж.д. транспорта. Под ред. С.А.Соломонова. М.: Транспорт. 1984.

13. Методические указания для расчета стоимости машиносмен путевых машин, механизмов и оборудования. Утв.ЦП МПС России 27.07.98

14. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций. М: Машиностроение .1987.

15. Еженедельная информационно аналитическая газета "Транспорт России" № 23 (415) 08 Июня, 2006 г. Непрерывный транспорт

16. Путь и Путевое хозяйство. №10 -2014

17. Охрана труда на железнодорожном транспорте. Сибарова. Ю.Г. 1981г-287с.

Весомы и сильны среда и случай,
но главное - таинственные гены,
и как образованием ни мучай,
от бочек не родятся Диогены.
И.Губерман

Содержание

Введение……3

1. Состав курсового проекта……5

2 Совершенствование рабочего органа……7

2.1 Пассивный рабочий орган для вырезки балласта с центробежной очисткой……9

2.2Активные вырезающие рабочие органы……....16

2.3Расчетная часть …… .32

3 Модернизация приводов рабочих органов машин…… 42

3.1 Объемный гидропривод рабочих органов…… .44

3.2 Гидродинамические передачи…….. 54

3.3 Пневматический привод ……. 58

3.4 Электрический привод……. 61

3.5 Механический привод…….. 64

3. Расчетная часть…… 69

4. Задание на курсовой проект……99

5. Экономическая часть……..... 99

6 Мероприятия по обеспечению охраны труда при техническом обслуживании и эксплуатации машины…… …… 102

7 Мероприятия по обеспечению безопасности движения поездов при выполнении путевых работ…… 103

8. Рекомендации по конструированию рабочих органов и их приводов….103

9 Графическая часть…… 105

Приложения…….…… 106

Перечень рекомендуемой литературы……..11

Для заметок

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

МДК 02.01

Организация технического обслуживания и ремонта подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в различных условиях эксплуатации

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению курсового проекта по теме

Организация и планирование технического обслуживания и ремонта путевых машин в условиях путевой машинной станции (ПМС)

специальность **23.02.04 (190629)**
Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям) (на железнодорожном транспорте)

базовая подготовка
среднего профессионального образования

2016

БИБЛИОТЕКА
ТТЖТ - филиал РГУПС
Инв. № бр 4478

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта рассмотрены и одобрены на заседании Учебно-методического совета по специальности 23.02.04 (190629) Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям) (на железнодорожном транспорте) Координационно-методического совета по подготовке специалистов со средним профессиональным образованием по профессиональной подготовке рабочих.

Председатель УМС *И.В. Свешников*
Протокол № 14 от 24–25 марта 2014 г.

Автор — *И.В. Акулова*, преподаватель Калужского техникума железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения»

Рецензенты — *А.П. Кравченкова*, преподаватель Тихорецкого техникума железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения»;

А.В. Кирпатенко, преподаватель Вологодского техникума железнодорожного транспорта — филиала ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Предложения и замечания по методическим рекомендациям просим направлять в филиал ФГБОУ «УМЦ ЖДТ» в г. Новосибирске по адресу: 630003, г. Новосибирск, ул. Владимировская, 15д.
Тел.: (383) 319-60-71, факс: 319-60-72, e-mail: novosib@umczdt.ru

© Акулова И.В., 2016
© ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2016

Введение

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта разработаны в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 23.02.04 (190629) Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям) (на железнодорожном транспорте) и согласно примерной программе профессионального модуля ПМ 02 Техническое обслуживание и ремонт подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в стационарных мастерских и на месте выполнения работ для обучающихся очной и заочной форм обучения.

В методических рекомендациях приводятся примеры выполнения курсового проекта по теме «Организация и планирование технического обслуживания и ремонта путевых машин в условиях путевой машинной станции (ПМС)» МДК 02.01 Организация технического обслуживания и ремонта подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования в различных условиях эксплуатации тема 1.5 Техническая эксплуатация путевых и строительных машин. Методические рекомендации служат руководством к выполнению курсового проекта.

В соответствии с ФГОС СПО основными целями этой работы являются:

— систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;

— формирование умений применять теоретические знания и использовать дополнительную нормативную, техническую и справочную литературу;

— развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

— подготовка к итоговой аттестации.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся при выполнении курсового проекта и преподавателей, руководящих курсовым проектированием по теме «Организация и планирование технического обслуживания и ремонта путевых машин в условиях путевой машинной станции (ПМС)».

В рекомендациях изложены основные требования к разработке курсового проекта, а также основы методики по выполнению основных технико-экономических расчетов на путевых машинных станциях и дистанциях пути при эксплуатации специального железнодорожного под-

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«___» _____ 2016 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии по специальности 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Герасимов Сергей Васильевич *председатель*	Елецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал МИИТ
2	Гундарева Евгения Владимировна	Филиал СамГУПС в г. Ртищево
3	Добрынина Наталья Владимировна	Челябинский институт путей сообщения – филиал УрГУПС
4	Зеленская Людмила Ивановна	Ярославский филиал МИИТ
5	Кудасов Сергей Васильевич	Рязанский филиал МИИТ
6	Лиханова Ольга Владимировна	Пермский институт железнодорожного транспорта УрГУПС
7	Семенихина Марина Александровна	Воронежский филиал МИИТ
8	Танеева Татьяна Александровна	Филиал СамГУПС в г. Пензе
9	Литвинова Светлана Геннадьевна	Волгоградский техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС
10	Останина Лариса Александровна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Новосибирске

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«__11__» ____10____ 2016 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 11.02.06 Техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Одиноков Алексей Сергеевич *председатель*	Орловский филиал МИИТ
2	Кабанова Алеśя Александровна	Томский техникум железнодорожного транспорта – филиал СГУПС
3	Кравчук Светлана Ивановна	Колледж железнодорожного транспорта УрГУПС
4	Марчак Алла Викторовна	Ухтинский техникум железнодорожного транспорта – филиал ПГУПС
5	Польщиков Виктор Яковлевич	Оренбургский институт путей сообщения – филиал СамГУПС
6	Исаев Александр Николаевич	Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС
7	Тарелкина Маргарита Борисовна	Ярославский филиал МИИТ
8	Назаров Сергей Михайлович	Тамбовский железнодорожный техникум – филиал МИИТ
9	Бугакова Любовь Ивановна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Иркутске

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«16» марта 2017 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Южаков Борис Григорьевич *председатель*	Структурное подразделение СПО ОмГУПС Омский техникум железнодорожного транспорта –
2	Аблаев Владимир Валерьевич	Петрозаводский филиал ПГУПС
3	Дрожжина Любовь Ивановна	Филиал СамГУПС в г. Саратове
4	Мельникова Галина Леонидовна	Курганский институт железнодорожного транспорта - филиал УрГУПС
5	Попова Елена Викторовна	Вологодский техникум железнодорожного транспорта – филиал ПГУПС
6	Ройзен Ольга Григорьевна	Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение ПГУПС
7	Шелепо Татьяна Петровна	Техникум РГУПС
8	Гапонова Елена Викторовна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Ростов-на-Дону

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«16» марта 2017 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожном и автомобильном)

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Воронина Светлана Александровна *председатель*	Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение ПГУПС
2	Волочай Анна Геннадьевна	ГКПОУ Новокузнецкий горнотранспортный колледж
3	Журавлев Роман Владимирович	ГБОУ г. Москвы «Колледж автомобильного транспорта № 9»
4	Фрей Николай Яковлевич	ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж им. А. А. Николаева»
5	Смирных Наталия Григорьевна	Воронежский филиал МИИТ
6	Лавренюк Ирина Викторовна	Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение ПГУПС
7	Петровских Людмила Николаевна	Колледж железнодорожного транспорта – структурное подразделение УрГУПС
8	Глызина Ирина Васильевна	Челябинский институт путей сообщения – филиал УрГУПС
9	Дудченко Влада Александровна	Новосибирский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение СГУПС
10	Сажнева Валентина Михайловна	ТОГАПОУ «Колледж техники и технологии наземного транспорта им. М. С. Солнцева)
11	Крылова Елена Ивановна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Челябинске

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«__11__» _____10_____ 2016 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 23.02.02 Автомобиле- и тракторостроение

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Денисова Ольга Юрьевна *председатель*	ГБОУ СПО г. Москвы Политехнический колледж №31
2	Жидков Геннадий Николаевич	ГБОУ СПО г. Москвы Политехнический колледж №31
3	Клинов Иван Сергеевич	ГБОУ СПО г. Москвы Политехнический колледж №31
4	Кордуманова Наталья Савельевна	ГБПОУ Ростовской области «Таганрогский механический колледж»
5	Перепелкина Анна Васильевна	ГБПОУ «Миасский машиностроительный колледж», Челябинская область
6	Филюшкина Татьяна Борисовна	ГБОУ СПО г. Москвы Политехнический колледж №31

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«16» марта 2017 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1.	Лебедев Сергей Владимирович *председатель*	ГБПОУ г. Москвы «Колледж автомобильного транспорта №9»
2.	Тимофеев Геннадий Леонидович	ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж им. А. А. Николаева»
3.	Курманов Юрий Алексеевич	Учебно-методический комбинат ГУП «Мосгортранс»
4.	Лонцов Игорь Родионович	Московский колледж железнодорожного транспорта - структурное подразделение Института прикладных технологий МИИТ
5.	Виноградов Георгий Витальевич	ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж им. А. А. Николаева»
6.	Жучков Вячеслав Викторович	ОБПОУ «Железногорский горно-металлургический колледж»
7.	Скробот Владимир Геннадьевич	ГБПОУ Республики Хакассия «Хакасский политехнический колледж»
8.	Лебедева Елена Владимировна	КГБПОУ «Алтайский транспортный техникум»
9.	Хоробрых Наталья Александровна	ГАПОУ ТО «Тюменский колледж транспортных технологий и сервиса»
10.	Дунин Сергей Валерьевич	ГБПОУ Республики Хакассия «Хакасский политехнический колледж»
11.	Циулина Ольга Ильинична	ГБПОУ «Шумихинский аграрно-строительный колледж»
12.	Шатохин Владимир Иванович	ОГБПОУ «Боровичский автомобильно-дорожный колледж»
13.	Лапухин Владимир Иванович	ТОГАПОУ «Колледж техники и технологии наземного транспорта им. М. С. Солнцева»
14.	Чернышова Татьяна Викторовна	ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», Москва

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«11» ИЮЛЯ 2016 г.

ДОКУМЕНТОВ №1

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования»

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Сипаков Валентин Архипович *председатель*	Читинский техникум железнодорожного транспорта ЗабИЖТ ИрГУПС
2	Авласенко Леонид Анатольевич	Морское кадровое агентство г. С.-Петербург
3	Ахламенков Сергей Михайлович	Тайгинский техникум железнодорожного транспорта Тайгинского института железнодорожного транспорта - филиал ОмГУПС
4	Кирпатенко Александр Васильевич	Вологодский техникум железнодорожного транспорта – филиал ПГУПС
5	Загородный Андрей Юрьевич	Красноярский техникум железнодорожного транспорта Красноярского института железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС
6	Гулина Татьяна Васильевна	Калужский филиал МИИТ
7	Кравникова Анжела Петровна	Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС
8	Мольдерф Сергей Владимирович	Московский колледж железнодорожного транспорта - структурное подразделение Института прикладных технологий МИИТ
9	Мустафин Камиль Мазгарович	Уфимский техникум железнодорожного транспорта – филиал СамГУПС
10	Пронькин Георгий Степанович	Сибирский колледж транспорта и строительства – структурное подразделение ИрГУПС
11	Крошкин Николай Иванович	ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж им. А. А. Николаева»
12	Ващенко Ирина Николаевна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Новосибирске

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«16» марта 2017 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 23.02.05 Эксплуатация транспортного электрооборудования и автоматики (по видам транспорта за исключением водного)

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Горячев Вячеслав Николаевич *председатель*	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»
2	Кобозев Николай Вадимович	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»
3	Кулик Ольга Юрьевна	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»
4	Нечаев Станислав Викторович	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»
5	Попов Юрий Викторович	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»
6	Стрекалов Николай Николаевич	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»
7	Юшина Ольга Геннадьевна	ГБПОУ г. Москвы «Колледж железнодорожного и городского транспорта»

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС 23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«_11_» _____10_____ 2016 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог (локомотивы)

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Сидакова Людмила Владимировна *председатель*	Тайгинский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»
2	Сафонов Василий Германович	Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение ПГУПС
3	Данилов Сергей Николаевич	Московский колледж железнодорожного транспорта - структурное подразделение Института прикладных технологий МИИТ
4	Мукушев Турлыбек Шайзадинович	Структурное подразделение СПО Омский техникум железнодорожного транспорта ОмГУПС
5	Липина Ольга Юрьевна	Сводненский техникум железнодорожного транспорта Амурского института железнодорожного транспорта – филиала ДВГУПС в г. Свободном
6	Белозеров Игорь Николаевич	Хабаровский техникум железнодорожного транспорта ДВГУПС
7	Лапицкий Василий Николаевич	Тайгинский техникум железнодорожного транспорта Тайгинского института железнодорожного транспорта - филиал ОмГУПС
8	Сергеева Ирина Ивановна	Колледж железнодорожного транспорта – структурное подразделение УрГУПС
9	Вакер Любовь Александровна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Хабаровске

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии
наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«_11_» _____10_____ 2016 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог (вагоны)

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Воронова Нина Игнатьевна *председатель*	Институт прикладных технологий ФГБОУ ВО «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II»
2	Астахов Кирилл Лассальевич	Самарский колледж железнодорожного транспорта имени А. А. Буянова – структурное подразделение СамГУПС
3	Гладкова Агата Викторовна	Тайгинский институт железнодорожного транспорта - филиал ОмГУПС
4	Кондрашова Ирина Федеровна	Приморский институт железнодорожного транспорта - филиал ДвГУПС в г. Уссурийске.
5	Кобаская Ирина Анатольевна	Рославльский железнодорожный техникум – филиал МИИТ
6	Джанаева Елена Эдуардовна	Владикавказский техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС
7	Понкратов Юрий Иванович	Ожерельевский железнодорожный колледж – филиал МИИТ
8	Сальников Александр Анатольевич	Новосибирский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение СГУПС
9	Вакер Любовь Александровна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Хабаровске

УТВЕРЖДАЮ
Председатель ФУМО СПО по УГПС
23.00.00 «Техника и технологии наземного транспорта»

_____ О. В. Старых

«__» 11 2016 г.

СОСТАВ
учебно-методической комиссии
по специальности 27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Образовательная организация
1	Копай Игорь Геннадьевич *председатель*	Приморский институт железнодорожного транспорта – филиал ДВГУПС в г. Уссурийске
2	Акбарова Светлана Александровна	Санкт-Петербургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение ПГУПС
3	Вяткин Виктор Геннадьевич	Структурное подразделение СПО «Омский техникум железнодорожного транспорта»
4	Зуева Надежда Петровна	Пермский институт железнодорожного транспорта- филиал УрГУПС в г. Перми
5	Панова Ульяна Олеговна	Волгоградский техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС
6	Пашкевич Марина Николаевна	Томский техникум железнодорожного транспорта – филиал СГУПС
7	Рыжов Дмитрий Александрович	Новосибирский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение СГУПС
8	Савельев Александр Николаевич	Улан-Удэнский институт железнодорожного транспорта ИрГУПС
9	Сидорова Елена Николаевна	Филиал СамГУПС в г. Пензе
10	Гапонова Елена Викторовна	Филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Ростов-на-Дону
11	Меньшикова Светлана Николаевна	Колледж железнодорожного транспорта УрГУПС ФГБОУВО «Уральский государственный университет путей сообщения»

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВПО РГУПС)

ВОСПИТАТЬ ГРАЖДАНИНА-ПАТРИОТА: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ФОРМЫ И МЕТОДЫ РАБОТЫ С МОЛОДЕЖЬЮ

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИИ

Ростов-на-Дону
2014

ББК 74.58 + 06

Рецензенты: доктор исторических наук, профессор Д.В. Сень (ЮФУ);
кандидат филологических наук, доцент А.Ю. Голобородько (ЮФУ);
академик РАН, доктор технических наук, профессор В.И. Колесников (РГУПС)

Воспитать гражданина-патриота: современные технологии, формы и методы работы с молодёжью: материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции / под ред. Е.Г. Шепиловой [и др.]; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2014. – 200 с.
ISBN 978-5-88814-366-7

Редколлегия: Е.Г. Шепилова, Г.П. Субботина, В.Г. Тахтамышев, М.А. Кравченко.

Сборник статей подготовлен по итогам работы Всероссийской научно-практической интернет-конференции «Воспитать гражданина-патриота: современные технологии, формы и методы работы с молодёжью». Участники конференции обсудили вопросы формирования патриотизма и российской гражданской идентичности у современной молодёжи, культуры межнационального общения в молодёжной среде, обменялись опытом работы по патриотическому воспитанию молодёжи.

Материалы сборника отражают основные цели, задачи, формы, методы и условия формирования у современной молодёжи духовности, нравственности, патриотического сознания, высокой гражданственности, подтверждают, что воспитание гражданина-патриота является одной из приоритетных задач образовательной системы России.

Книга будет полезна специалистам по воспитательной работе, педагогам-психологам, социальным педагогам, кураторам учебных групп, студенческому активу, представителям молодёжных общественных организаций и объединений, а так же всем тем, кто интересуется проблемами формирования патриотического самосознания личности.

Оргкомитет конференции: А.Н. Гуда, проректор по научной работе ФГБОУ ВПО РГУПС, доктор технических наук, профессор (председатель); Е.Г. Шепилова, проректор по воспитательной работе и социальному развитию ФГБОУ ВПО РГУПС, кандидат технических наук, доцент (заместитель председателя); Г.П. Субботина, начальник Управления воспитательной работы; В.Г. Тахтамышев, заведующий кафедрой «Философия и история Отечества», доктор философских наук, профессор; М.А. Кравченко, декан гуманитарного факультета, кандидат филологических наук, доцент; И.А. Яицков, заместитель директора научно-исследовательской части, кандидат технических наук, доцент.

ISBN 978-5-88814-366-7

© ФГБОУ ВПО РГУПС, 2014

Уважаемые коллеги!

Благодарю за проявленное внимание и участие во Всероссийской научно-практической интернет-конференции «Воспитать гражданина-патриота: современные технологии, формы и методы работы с молодёжью». Наша конференция затронула актуальные вопросы воспитания молодёжи в современном обществе, такие как: формирование патриотизма и российской гражданской идентичности: современные технологии, формы и методы; патриотическое воспитание молодёжи как фактор укрепления общности народов России; формирование российской гражданской идентичности как средство гармонизации межнациональных отношений на Северном Кавказе; консервативные ценности в структуре общероссийской гражданской идентичноети и многие другие.

Главная цель проведения конференции заключалась в обмене передовым опытом и знаниями в сфере патриотического воспитания и образования молодых граждан России.

Основным содержанием воспитания, социализации и духовно-нравственного развития являются консервативные базовые национальные ценности. Эти ценности мы храним в семейных и культурных традициях, их мы передаем от поколения к поколению. Когда у общества существует единая система нравственных ориентиров, только тогда оно способно ставить и решать масштабные национальные задачи. А эти ориентиры есть там, где бережно хранят уважение к памяти своих предков, каждой странице отечественной истории, своей национальной культуре и самобытным культурным ценностям, к своему родному языку.

Проведение нашего интернет-форума, несомненно, внесёт вклад в совершенствование процесса воспитания подрастающего поколения, создаст стимулы для дальнейшей плодотворной работы. Надеюсь, что полученные результаты будут полезны всем участникам, а предложенные рекомендации действительно найдут своё применение в практической деятельности.

Желаю всем успехов в научно-исследовательской и практической деятельности, организации конструктивного диалога всех участников воспитательного процесса, эффективного взаимодействия в дальнейшей плодотворной работе.

Всего вам самого наилучшего!

Ректор РГУПС
В.Д. Верескун

Много патриотических поступков совершается в наши дни самыми разными людьми с разным достатком. Покровительство и участие в военно-патриотических клубах, покупка вывезенных из страны ценностей и передача их музеям и случаи героизма при исполнении воинского долга. Дух наживы и потребительства, вторгшись в нашу жизнь, не одолел исконных корней благородства и патриотизма нашего народа. Чтобы противостоять всему порочному, идущему извне, надо работать в следующем направлении: каждому в себе самом лелеять и укреплять любовь к своей Малой Родине, к близким людям и своим согражданам. Только этим можно добиться уважения и единения с людьми разных национальностей.

Большую популярность приобрело поисковое и краеведческое движение молодежи под руководством ветеранов вооруженных сил, педагогов. Это все клубное движение нуждается в централизации, объединении на федеральном уровне под эгидой возрожденного ДОСААФ.

На ниве патриотизма именно живые контакты помогают крепнуть и взрослеть, становиться и оставаться достойными и здоровыми людьми. В туристских и патриотических клубах юноши и девушки практикуют здоровые традиции межличностных отношений. Бесценно дружеское плечо, например, в трудном походе. Удовлетворяется стремление молодых к экстриму на слетах и соревнованиях по горному туризму. В какой бы кавказской республике они не проходили, всегда они проводятся и на русском языке. И участники, как правило, разных национальностей.

Но в досуговой части очень желательна именно профессиональная культурная составляющая. В Дагестане это блестяще решили. С какой самоотдачей и вдохновением выступают народные артисты! Но хорошо дополняли бы выступление русский народный танец или песня. Необходимо привлекать артистов на Кавказ. И чтобы люди не опасались ехать, об этом надо говорить на федеральном уровне.

Патриотизм и единение идут вместе. Который год проходит Международный фестиваль экстремальных видов туризма «Ярыдаг», проводимый Агентством по туризму Республики Дагестан! Это прекрасный и красивый праздник! С истинно кавказским гостеприимством и с прекрасной организацией! Побывав там и воочию увидев стремление наших народов общаться, приходит убеждение острой необходимости в единении наших народов. Фестивали, выставки, взаимные поездки и экскурсии, совместные восхождения в горы не ушли в прошлое. Просто в новых экономических условиях поменялась форма их организации. Появился институт спонсорства. А когда это на уровне правительства, то это и качественно, и глобально. Как «Ярыдаг». Это освещается по местному телевидению и распространяется среди туристов и альпинистов.

Вместе с представителями местного населения они устанавливают обелиски павшим Защитникам Родины и ухаживают за ними. Зная, как это трудно в суровых условиях гор, мы по достоинству ценим эти поступки. И по праву Кавказ гордится своими героями! Например, в дагестанском высокогорном селении Куруш на монументе высечены более трехсот фамилий не вернувшихся с войны героев-земляков. И в селении чуть более трехсот домов! И так повсюду.

А.П. Кравникова

Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС

Экскурс в историю как метод патриотического воспитания

«Только тот, кто любит, ценит и уважает накопленное и сохранённое предшествующим поколением, может любить Родину, узнать её, стать подлинным патриотом».
С. Михалков

Патриотизмом принято считать нравственный и политический принцип, социальное чувство, содержанием которого является любовь к Отечеству и готовность подчинить его интересам свои частные интересы. Патриотизм предполагает гордость достижениями и культурой своей Родины, желание сохранять её характер и культурные особенности и идентификация себя с другими членами народа, стремление защищать интересы Родины и своего народа.

Патриотизм как идеология характеризуется наличием возвышенного отношения к символам социальной группы, к которой относится человек. Представления о патриотизме связываются с трепетным отношением к историческим событиям, памятникам, символике, культурным различиям и великим предкам.

Интересно, патриотами становятся или рождаются, или, может, нужен особый ген, или патриотов можно клонировать? Известно, если часто повторять слово, оно теряет смысл. Может, его следует произносить к случаю и к месту, без надрыва…

Классный час «Герои среди нас». О таких же мальчишках, которые окончили техникум и волею судеб попали в горячие точки. Многие вернулись невредимыми, есть что рассказать. А тот, кто не вернулся? Расскажем за него…

Смотрим видеоролик, в котором мать невернувшегося в мирное время героя второй чеченской компании, героя, её сына, такого простого и незаметного, рассказывает с высохшими от горя глазами о том, как он любил голубей, как по вечерам, запершись в комнате, ночи на пролет зачитывал до дыр томик стихов Высоцкого, как не роптал, что единственные кроссовки прохудились… И не вернулся домой, потому что не бросил в бою раненного товарища…

Ты видишь, как на глазах крепких на вид мальчишек 17-20 лет наворачиваются слезы. И вот уже они готовы рваться в бой, защищая собой вся и всех, свою малую Родину, мать, сестру, престарелую бабушку и деда, который много раз рассказывал, как принимал присягу, как служил на границе и чего только не натерпелся, но пошел бы служить ещё и ещё тысячу раз.

Теперь его товарищ, мой выпускник, уже с висками, подернутыми серебром, рассказывает о том, как они сбегали с математики, плавали в бассейне, собирали яблоки, помогая тогда ещё колхозам, знакомились с девчонками. Теперь он и сам отец двоих девчонок, а его друг Виктор смотрит на него с фотографии весёлым открытым взглядом, как бы говоря: «Жизнь прекрасна, проживи её и за меня…»

Можно прибегать к любым методам и формам педагогического воздействия в сфере воспитания на тему патриотизма тысячу раз, но будет ли результат, неизвестно, пока вы не нащупаете в душе подростка ту тонкую струну, которая отзовется в его душе и многократно приумножится до звона в ушах, до боли в сердце и не превратится в набат, зовущий проснуться, отвлечься от ежедневных дел обывателя и сказать: «Да, я боюсь, да мне страшно, но кроме меня кто же?».

Мы мирные люди, и мы хотим ими оставаться. Для этого нужны сила и разум.

Говорить о патриотизме надо. Но как? Какая технология существует для разговора с душой человека, с его разумом? Думаю, говорить надо тихо, незатейливо, без штампов и призывов. Так, чтобы вспомнилось что-то своё близкое, родное, дорогое душе.

Разговор начался просто. Рассказала о ребятах, которые учились в разное время в стенах нашего учебного заведения. Калениченко Сергей – Афган. Посмертно герой. Мироненко Витя - первая чеченская компания - посмертно. Воробьев Евгений – вторая чеченская - посмертно. Последние двое мои студенты. Не бывшие. Мои студенты.

Женя ушел в армию, будучи уже сам отцом. Теперь уже его дочь – красавица, заканчивает школу, готовится поступать в вуз. Она не любит, когда её спрашивают об отце. Говорит - он был как все. Разговор ушел в другую плоскость - почему, как, за что…Не угомонить… Вместе ищем причину. Ярость в глазах, слова-плетки, так можно зайти далеко. Не люблю слово «толерантность», в последнее время оно приобрело «желтый цвет», т.е. всё можно, а вы потерпите, отведите взгляд, не акцентируйте внимание…

Не следует забывать, что свобода одного человека заканчивается там, где начинается свобода другого человека. Вот бы все об этом помнили. Отпала бы необходимость в толерантности, политкорректности и прочей несусветице…

Возвращаемся к разговору. Вперемешку с мальчишечьим негодованием, девичьими всхлипами приходим к выводу, что нет людей конкретной национальности, настроенной воинственно против всех. Есть люди, не умеющие или не желающие жить в ладу с собой и с окружающими.

Придет срок, и мальчишки уйдут служить в армию. Скажу, что хотят служить все - совру. Почему - причин много. Но точно знаю, все, кто уходит в армию из техникума, понимают, зачем и для чего они там.

Формы, методы, технологии… какие, как применить, какого результата ждать?

Посмотри в глаза матери, отцу, сестре, любимой девушке и реши, патриотизм это далеко, громко и не для тебя… или ты хочешь слышать их смех, неспешные беседы, а может и нравоучения. Чтобы рассказать, не стесняясь, об устройстве мира, следует самому хорошо знать его устройство.

Растить патриотов можно лишь в среде, пропитанной уважением к своей истории, любовью к ближнему, верой в будущее свое Родины, нации, малой родины.

Следует говорить то, что услышит подросток, а не то, что

следует научиться думать и выражать мысли в их информационном и интеллектуальном пространстве, научить их выражать свои мысли на родном языке их Родины, научить их гордиться собой, своими достижениями не как индивидуума в персоналии, а индивидуума в сообществе равных себе по гражданской принадлежности.

Часто слышу - потерянное поколение, нет идеалов, нет стремлений, цели в жизни. Думаю, так говорят люди, которые не сталкиваются с подростками, которым нечего им сказать. А ведь они слушают. Впитывают жадно, как губка, каждое твое слово, внимательно отслеживая каждое твое слово, поступок.

Классный час закончился десять минут назад, только никто не уходит, не хотят, задают вопросы товарищу Виктора: «А какой он был, он был необыкновенным, может, он был героем?». «Да, нет» - звучит в ответ: «Таким же, как и вы, жизнелюб, скромный, даже немного застенчивый. Такой же, как Вы…»

В современных условиях, когда происходят глубочайшие изменения в жизни общества, одним из центральных направлений работы с подрастающим поколением становится патриотическое воспитание.

Чувство патриотизма многогранно по своему содержанию: это и любовь к родным местам, и гордость за свой народ, историческая память и ощущение неразрывности с окружающим, и желание сохранить, приумножить богатство своей страны.

Быть патриотом – значит ощущать себя неотъемлемой частью Отечества.

Список использованной литературы

1. Безрукова В.С. Педагогика. Проективная педагогика: учебник для индустриально-педагог. техникумов и для студентов инженерно-педагогических специальностей. - Екатеринбург: Деловая книга, 1999. - 344 с.
2. Боголюбов Л.Н. Идеи концепции гражданского образования [Текст] // Воспитание патриотизма, дружбы народов, гражданственности: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., 25-26 ноября 2003. — М.: РАО, 2007 — С. 155-159.
3. Новичкова И.Ю. Социоисторический контекст становления российской гражданственности. — М.: Маркетинг, 2002.

З.Т. Кубалова

Владикавказский техникум железнодорожного транспорта – филиал РГУПС

Патриотические аспекты формирования гражданской идентичности в полиэтнической среде Северного Кавказа

Аннотация: Рассмотрены некоторые аспекты патриотического воспитания, формирования гражданской идентичности, значимости чувства гордости и уважения к своей стране, толерантности и дружеских отношений между народами в условиях Северо-Кавказского региона.