



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Тракторь»

**В. П. Бойков
Ч. И. Жданович
А. М. Сологуб**

**КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТА**

Методическое пособие

Часть 2

**Минск
БНТУ
2015**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Тракторы»

В. П. Бойков
Ч. И. Жданович
А. М. Сологуб

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТА

Методическое пособие

В 2 частях

Часть 2

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Минск
БНТУ
2015

УДК 629.113.62.004 (075.8)

ББК 39.8 я 7

Б78

Рецензенты:

Г. А. Дыко, Г. М. Кухарёнок

Бойков, В. П.

Б78

Конструирование и расчет подвижного состава городского электрического транспорта : методическое пособие : в 2 ч. / В. П. Бойков, Ч. И. Жданович, А. М. Сологуб. – Минск : БНТУ, 2014–2015. – Ч. 2 : Лабораторные работы. – 2015. – 89 с.

ISBN 978-985-550-319-5 (Ч. 2).

Методическое пособие содержит шесть лабораторных работ, охватывающих порядок разработки новых изделий ГЭТ и основные темы дисциплины «Конструирование и расчет подвижного состава городского электрического транспорта» для обучающихся по специальности 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт». Полезно студентам при выполнении курсового и дипломного проектирования по данной дисциплине.

Часть 1 «Практические работы» вышла в 2014 г.

УДК 629.113.62.004 (075.8)

ББК 39.8 я 7

ISBN 978-985-550-319-5 (Ч. 2)

ISBN 978-985-550-070-5

© Бойков В. П., Жданович Ч. И.,
Сологуб А. М., 2015

© Белорусский национальный
технический университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Основные нормативные документы, применяемые при разработке и постановке на производство изделий городского электрического транспорта и разработка технического задания с конструкторской схемой «Трамвай шестиосный троллейбусной компоновки с двумя ведущими мостами».....	4
Лабораторная работа № 2. Геометрический расчёт прямозубой конической передачи.....	40
Лабораторная работа № 3. Расчёт на выносливость зубчатой конической передачи с прямым зубом.....	49
Лабораторная работа № 4. Межколёсные дифференциалы. Схемы, конструкции и расчёт.....	57
Лабораторная работа № 5. Нагрузочные режимы трансмиссии.....	67
Лабораторная работа № 6. Расчет параметров воздушной среды, микроклимата салона и кабины подвижного состава городского электрического транспорта.....	81

Лабораторная работа № 1

ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПОСТАНОВКЕ НА ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА, И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ С КОНСТРУКТОРСКОЙ СХЕМОЙ «ТРАМВАЙ ШЕСТИОСНЫЙ ТРЁХСЕКЦИОННЫЙ»

Цель работы: изучить основные нормативные документы, применяемые при разработке и постановке на производство изделий городского электрического транспорта (ГЭТ), а также разработать техническое задание с конструкторской схемой «Трамвай шестиосный троллейбусной компоновки с двумя ведущими мостами».

ТКП 424–2012 (02260). Порядок разработки и постановки продукции на производство (Технический кодекс)

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает порядок разработки и постановки продукции на производство новой или усовершенствованной продукции, предназначенной для использования в качестве средств промышленного и сельскохозяйственного производства, а также для удовлетворения потребностей населения и поставки на экспорт.

Положения технического кодекса распространяются на работы по созданию новой или усовершенствованной продукции (услуг, технологий), в том числе по созданию инновационной продукции.

Положения технического кодекса не распространяются на работы, связанные с созданием вооружения, военной техники, гражданских судов, продукции, создаваемой в инициативном порядке при отсутствии конкретного заказчика и по заказу конкретного потребителя (заинтересованных организаций, обществ, коммерческих структур).

Общие положения

Создание новой или усовершенствованной продукции (услуг) в рамках научно-технической деятельности (проектов) предусматривает:

- формирование целей, задач и методов реализации работ (проектов);
- разработку технической документации на изготовлении и испытание опытных образцов новой или усовершенствованной продукции (технологий);
- постановку продукции на производство или внедрение новых технологий.

Требования к организации и выполнению НИР, предшествующих разработке

С целью формирования целей, задач и методов реализации работ (проектов) предъявляются определенные требования к организации и выполнению НИР, предшествующих разработке.

В процессе выполнения НИР должно быть обеспечено соблюдение требований технического задания (ТЗ), в том числе разработаны и определены методы (меры, способы) реализации требований:

- по обеспечению безопасности для жизни и охраны окружающей среды, совместимости и взаимозаменяемости;
- стандартизации, унификации и метрологическому обеспечению;
- ограничению номенклатуры применяемых материалов и комплектующих изделий;
- экономному и рациональному использованию топливно-энергетических и материальных ресурсов при создании и эксплуатации создаваемой продукции;
- обеспечению конкурентоспособности создаваемой продукции и ее технологичности.

Процесс выполнения НИР состоит из следующих этапов:

- выбор направления исследований;
- теоретические и экспериментальные исследования;
- обобщение и оценка результатов исследований, выпуск отчетной научно-технической документации (ОНТД) по НИР;
- предъявление работы к приемке и ее приемка.

Для обеспечения своевременного выполнения НИР и ее этапов, осуществления оперативного контроля за выполнением работ и составлением ОНТД исполнитель НИР при необходимости разрабатывает, согласовывает с заказчиком и утверждает план совместных

работ на выполнение НИР, состав исполнителей, номенклатуру и сроки составления ОНТД по этапам НИР и НИР в целом, сроки приемки этапов НИР и НИР в целом.

Согласованный и утвержденный план совместных работ является обязательным для всех участников НИР.

При выявлении в процессе НИР нецелесообразности продолжения работ исполнитель предоставляет заказчику обоснованное заключение о прекращении работ. Основанием для прекращения НИР является совместное решение исполнителя и заказчика. Прекращение НИР по инициативе заказчика оформляют совместным решением исполнителя и заказчика.

Приемка этапов НИР включает рассмотрение и оценку результатов выполненных работ, качество представленной ОНТД и других материалов в соответствии с планируемыми документами.

Приемка НИР в целом включает рассмотрение и проверку результатов выполненных работ на соответствие ТЗ, анализ соответствия принятых технических решений поставленным целям и задачам.

Разработка технической документации

Разработка технической документации предусматривает разработку:

- конструкторской документации;
- технологической документации;
- программной документации;
- документации на автоматизированные системы управления (АСУ).

Разработка конструкторской документации в общем случае в соответствии с ГОСТ 2.103 включает следующие стадии:

- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- разработка рабочей конструкторской документации;
- изготовление опытного образца изделия;
- разработка технологической документации и технологическая подготовка производства.

Стадии разработки технологической документации в процессе выполнения ОКР определяются в зависимости от стадии разработки конструкторской документации и включают:

- предварительный проект;
- разработку документации:
 - а) опытного образца (опытной партии),
 - б) серийного (массового) производства.

Разработка требований к составу и содержанию документации на программы проводится в соответствии с Единой системой программной документации.

Разработка требований к составу и содержанию документации на АСУ приведены в Комплексе стандартов на автоматизированные системы.

Освоение производства

На этапе «Освоение производства» стадии «Постановка продукции на производство» предусматривают:

изготовление, в соответствии с договором или иным документом, количества единиц продукции в соответствии с требованиями конструкторской документации по технологическому процессу, организованному и оснащеному в соответствии с требованиями технологической документации;

– проведение квалификационных испытаний образцов установочной серии;

– отработку конструкции изделия на технологичность и технологического процесса на соответствие требованиям по рациональному использованию топливно-энергетических и материальных ресурсов, материалоемкости, экологическим и эргономическим показателям;

– корректировку (при необходимости) конструкторской и технологической документации по результатам изготовления и испытания установочной серии;

– определение необходимых мероприятий по дооснащению технологических процессов.

Объем установочной серии определяет изготовитель по согласованию с заказчиком.

Проведение квалификационных испытаний организывает и обеспечивает изготовитель. Для этого создается комиссия, в состав

которой включают представителя заказчика, разработчика продукции, разработчиков и поставщиков комплектующих изделий и, при необходимости, органов государственного надзора и заинтересованных общественных организаций.

Данные, полученные в результате квалификационных испытаний, отражают в протоколе с указанием фактических значений проверяемых характеристик (параметров), выявленных в процессе осмотров, контроля, измерений и других действий, которые должны быть подписаны всеми членами комиссии.

Результаты квалификационных испытаний считают положительными при условии, что образцы продукции установочной серии выдержали испытания по всем пунктам программы квалификационных испытаний, технологическая оснащенность производственных процессов и стабильность технологических процессов изготовления соответствуют требованиям выпускаемой продукции в заданных объемах.

Положительные результаты квалификационных испытаний оформляют актом испытаний.

Поставка продукции в период освоения производства может осуществляться при подтверждении изготовителем ее соответствия обязательным требованиям.

ТКП 1.0–2004 (04100). Правила разработки технических регламентов

Настоящий технический кодекс установившейся практики устанавливает правила разработки, включая утверждение, государственную регистрацию технических регламентов, а также правила их проверки, изменения, пересмотра, отмены, применения, официального издания, уведомления о ходе разработки и опубликования информации о технических регламентах.

Требования настоящего технического кодекса обязательны для субъектов, участвующих в процессе технического нормирования и стандартизации.

Общие положения

Технический регламент – технический нормативно-правовой акт, разработанный в процессе технического нормирования, устанавли-

вающий непосредственно и (или) путем ссылки на технические кодексы установившейся практики и (или) государственные стандарты Республики Беларусь, обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью продукции, процессов её разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказания услуг.

При разработке технических регламентов необходимо обеспечить прозрачность процесса разработки и возможность участия в разработке всех заинтересованных сторон.

Разработку технических регламентов осуществляют республиканские органы государственного управления в соответствии с положениями о них, утвержденными Советом Министров Республики Беларусь, либо по их поручению – уполномоченные ими организации, технические комитеты по стандартизации.

Разработка технических регламентов осуществляется в соответствии с Программой разработки технических и взаимосвязанных с ними государственных стандартов, утверждаемой ежегодно Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь.

Разработка технического регламента

Разработка технического регламента включает следующие стадии:

- подготовка к разработке;
- разработка рабочего проекта технического регламента;
- разработка окончательной редакции проекта технического регламента;
- утверждение технического регламента;
- государственная регистрация технического регламента.

Проверка, пересмотр, изменение и отмена технического регламента

Для обеспечения соответствия технического регламента требованиям законодательных актов проводят его периодическую проверку. Проверку технического регламента проводят не реже одного раза в пять лет в соответствии с Программой. Проверку осуществ-

ляет республиканский орган государственного управления, который отвечает за его актуализацию.

Пересмотр технического регламента, его отмену или внесение в него изменений выполняют по итогам внеочередной проверки.

Изменения в технический регламент вносят путём разработки извещения об изменении.

Отмену технического регламента осуществляют путем разработки извещения об отмене. Отмена технического регламента может быть произведена без разработки взамен его нового технического регламента.

Опубликование и применение технических регламентов

Опубликование технических регламентов осуществляют в виде официальных печатных изданий. Обеспечение изданными техническими регламентами осуществляет Госстандарт в установленном им порядке.

Применение технического регламента осуществляется путем включения его требований в техническую документацию.

ТКП 1.2–2004 (04100). Правила разработки государственных стандартов

Настоящий технический кодекс установившейся практики устанавливает правила разработки государственных стандартов Республики Беларусь (далее – государственных стандартов) и предварительных государственных стандартов Республики Беларусь (далее – предстандартов), включая их утверждение и государственную регистрацию, а также правила проверки, пересмотра, изменения, переиздания и отмены государственных стандартов, уведомления об этом, правила перевода предстандартов в государственные стандарты или их отмены, официального издания, применения государственных стандартов и предстандартов.

Требования настоящего технического кодекса обязательны для субъектов технического нормирования и стандартизации, участвующих в процессе технического нормирования и стандартизации.

Общие положения

При разработке государственных стандартов необходимо обеспечить прозрачность процесса разработки и возможность участия в разработке всех заинтересованных сторон.

Разработку государственных стандартов осуществляют, как правило, технические комитеты по стандартизации, при их отсутствии – головные и базовые организации по стандартизации, ведущие научно-исследовательские институты, организации, любые заинтересованные юридические и физические лица, включая иностранные, имеющие опыт работы в стандартизируемой области деятельности (далее – разработчики).

Разработка государственных стандартов осуществляется согласно заданиям плана государственной стандартизации Республики Беларусь (ПГС). Разработка ПГС осуществляется в порядке, установленном Госстандартом.

При разработке государственных стандартов следует руководствоваться нормативными правовыми актами и техническими регламентами.

Информацию по вопросам разработки, в том числе утверждения, регистрации государственных стандартов публикуют в официальных периодических печатных изданиях Госстандарта.

Разработка государственного стандарта

Разработка государственного стандарта включает следующие стадии:

– подготовка к разработке государственного стандарта, которая включает заключение договора на разработку государственного стандарта с заказчиком, определение, при необходимости, соисполнителей для разработки государственного стандарта, разработку проекта технического задания на разработку государственного стандарта, подготовку и опубликование уведомления о начале разработки проекта государственного стандарта;

– разработка проекта государственного стандарта;

– разработка первой редакции проекта государственного стандарта. Разработчик разрабатывает первую редакцию проекта госу-

дарственного стандарта в соответствии с утвержденным техническим заданием;

– разработка окончательной редакции проекта государственного стандарта;

– утверждение государственного стандарта. Государственный стандарт утверждают и вводят в действие организационно-распорядительным документом Госстандарта. Государственный стандарт, как правило, утверждают без ограничения срока действия. При утверждении государственного стандарта устанавливают дату введения его в действие;

– государственная регистрация государственного стандарта. Госстандарт присваивает государственному стандарту обозначение, состоящее из индекса «СТБ», отделенного от него пробелом порядкового регистрационного цифрового номера, и отделённых от номера знаком тире четырёх цифр года утверждения государственного стандарта.

Проверка, пересмотр, изменение, переиздание, отмена государственного стандарта

Проверку научно-технического уровня (НТУ) государственного стандарта осуществляет разработчик или по решению Госстандарта другая уполномоченная им организация. При необходимости привлекаются другие заинтересованные организации. В соответствии с ПГС проверку НТУ государственного стандарта проводят не реже одного раза в пять лет.

Пересмотр государственного стандарта осуществляют при необходимости значительного изменения его содержания, изменения структуры и (или) наименования государственного стандарта, а также при установлении в нём новых требований. При пересмотре действующий государственный стандарт отменяют, а в пересмотренном государственном стандарте указывают, взамен какого государственного стандарта он разработан. Пересмотренному государственному стандарту присваивают обозначение отмененного государственного стандарта с заменой цифр года утверждения.

Изменения в государственный стандарт вносят путём разработки извещения об изменении. Разработку извещения об изменении государственного стандарта осуществляет разработчик или по реше-

нию Госстандарта другая уполномоченная ими организация. Изменения в изданные (на бумажном носителе) экземпляры государственного стандарта вносят путем прикрепления официально опубликованного извещения об изменении к первой странице государственного стандарта с соответствующей пометкой (с помощью штампа или от руки) на обложке государственного стандарта, содержащей порядковый номер изменения и источник официальной информации об изменении. Переиздание государственного стандарта осуществляется в случае, если количество внесенных в действующую редакцию изменений составляет более половины текста государственного стандарта либо внесение отдельных изменений технически сложно для изложения или восприятия.

Отмена государственного стандарта осуществляется Госстандартом на основании акта проверки НТУ государственного стандарта, предложений разработчика или субъектов технического нормирования и стандартизации.

К предложению об отмене государственного стандарта прилагают информацию о ТНПА, который будет действовать взамен отменяемого государственного стандарта, или информацию об отмене государственного стандарта без замены.

Разработка предварительного государственного стандарта

Разработка предстандартов осуществляется с целью:

– ускоренного внедрения международных, региональных и национальных стандартов промышленно развитых стран и проектов стандартов;

– ускоренного внедрения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых организациями республики;

– содействия устранению принципиальных разногласий, серьезных возражений по существенным вопросам у заинтересованных сторон;

– сокращения сроков разработки государственных стандартов путём их предварительной апробации в качестве предстандартов;

– апробации изложенных в предстандартах требований, накопления в процессе их применения необходимого опыта и информа-

ции об объекте стандартизации, на котором в дальнейшем может базироваться государственный стандарт;

– привлечения всех заинтересованных пользователей к участию в обсуждении через предстандарт проектов государственных стандартов.

Срок действия предстандарта не должен превышать двух лет и не подлежит продлению.

Проект предстандарта дорабатывается по результатам нормоконтроля и рассматривается на НТК Госстандарта с участием представителей заказчика и разработчика. Предстандарт утверждают и вводят в действие организационно-распорядительным документом Госстандарта. При утверждении предстандарта устанавливают дату введения его в действие и дату окончания действия. Утвержденный предстандарт вводится в действие после его государственной регистрации. Срок введения в действие предстандарта – не ранее 60 календарных дней со дня официального опубликования информации о его государственной регистрации.

Заинтересованные субъекты технического нормирования и стандартизации не позднее чем за полгода до истечения установленного срока действия предстандарта представляют разработчику замечания и предложения по предстандарту, а также предложения о целесообразности (нецелесообразности) перевода предстандарта в государственный стандарт. Разработчик на основании полученных замечаний и предложений составляет сводку замечаний и предложений по предстандарту, готовит заключение о целесообразности (нецелесообразности) перевода предстандарта в государственный стандарт.

Опубликование государственных стандартов и предстандартов осуществляют в виде официальных печатных изданий.

ТКП 1.3–2010 (03220). Правила разработки технических условий

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает порядок разработки, согласования, утверждения, регистрации, пересмотра, изменения и отмены технических условий на продукцию и услуги (далее – продукция).

Общие положения

Технические условия (ТУ) разрабатываются на конкретный тип, марку, модель, исполнение или вид продукции (включая комплектующие и полуфабрикаты), планируемой к изготовлению и предназначенной для реализации, а также оказываемую услугу.

При наличии технической (конструкторской, технологической) документации технические условия входят в комплект технической документации и являются его неотъемлемой частью.

Срок действия технических условий устанавливает держатель подлинника технических условий, но срок не может превышать пять лет.

Технические условия (извещения) должны вводиться в действие не ранее даты их государственной регистрации.

Учет и хранение подлинников технических условий осуществляет держатель подлинников технических условий в соответствии с ГОСТ 2.501 и порядком, установленным держателем подлинников.

Порядок разработки технических условий

Построение, изложение и оформление технических условий следует осуществлять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.114, раздела 4 и ГОСТ 2.105; технических условий на отремонтированную продукцию – по ГОСТ 2.602, ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.114, раздел 4; Технических условий, создание, обращение, хранение, передача и прием которых осуществляются с помощью программных, программно-технических и технических средств, – по ГОСТ 2.114, раздел 4, ГОСТ 2.105, СТБ 1221, ГОСТ 2.051.

Порядок согласования и утверждения технических условий

Согласование технических условий с республиканскими органами государственного управления проводится в случае, если это установлено законами Республики Беларусь, декретами и указами Президента Республики Беларусь или постановлениями Совета Министров Республики Беларусь.

Необходимость согласования технических условий с заинтересованными организациями определяется в техническом задании на

разработку продукции либо в документе, заменяющем его, а при их отсутствии – разработчиком.

В случае необходимости согласования ТУ с несколькими организациями проекты ТУ могут направляться во все согласующие организации одновременно.

Согласование ТУ подтверждается подписью руководителя (заместителя руководителя) согласующей организации на титульном листе под грифом «СОГЛАСОВАНО».

Допускается проводить согласование ТУ письмом. При этом под грифом «СОГЛАСОВАНО» указывают наименование организации и реквизиты письма (СТБ 6.38).

Запись «Согласовано с замечаниями» не допускается.

Технические условия утверждает руководитель (заместитель руководителя), являющийся юридическим лицом, или индивидуальный предприниматель (держатель подлинника ТУ) путем проставления подписи на титульном листе под грифом «УТВЕРЖДАЮ».

При утверждении и согласовании ТУ указывается фактическая должность лица, утвердившего или согласовавшего их.

Утверждающие и согласующие подписи должны быть заверены печатью.

Обозначение технических условий

Обозначение техническим условиям присваивает разработчик. Обозначение состоит :

- из индекса вида ТНПА – ТУ;
 - международного буквенного кода Республики Беларусь – ВУ;
 - кода держателя подлинника технических условий по Единому государственному регистру юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (ЕГР) – девять знаков;
 - разделительного знака — точка;
 - порядкового регистрационного номера ТУ, присваиваемого держателем подлинника (далее – порядковый регистрационный номер), – три цифровых знака;
 - разделительного знака – тире;
 - года утверждения – четырех цифры.
- Пример – ТУ ВУ 100195503.015–2010.

*Проверка, изменение и отмена технических условий.
Проверка технических условий*

Проверка ТУ проводится не реже одного раза в пять лет.

По результатам проверки ТУ держатель подлинника устанавливает необходимость внесения изменений в ТУ, продления, ограничения срока их действия или отмены.

Изменение технических условий

При необходимости изменения или дополнения требований в ТУ, продления, ограничения срока их действия, изменения их структуры и содержания держатель подлинника осуществляет внесение изменений в ТУ на основании извещения.

Держатель подлинника оформляет извещение в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503 и настоящего технического кодекса.

Изменения вносят путём замены листов, добавления новых листов или исключения отдельных листов, кроме титульного листа. Изменения на титульном листе ТУ осуществляют путём внесения необходимых исправлений рукописным или машинописным способом.

Изменения на листе с основной надписью, связанные с изменением общего количества листов или литеры, допускается вносить рукописным или машинописным способом.

Изменения на листе регистрации изменений в виде необходимых исправлений вносят рукописным или машинописным способом.

Изменения в ТУ, создание, обращение, хранение, передача и прием которых осуществляются с помощью программных, программно-технических и технических средств, вносят в соответствии с СТБ 1221, раздел 9.

Извещение на продление срока действия ТУ согласовывают в порядке, установленном для технических условий.

Отмена технических условий

Отмену технических условий осуществляет держатель подлинника ТУ.

Отмена технических условий осуществляется на основании извещения или организационно-распорядительных документов в порядке, установленном держателем подлинника технических условий.

Государственная регистрация и информация о зарегистрированных технических условиях

Технические условия и извещения, оформленные и утвержденные в соответствии с требованиями настоящего технического кодекса, а также технические условия, держателями подлинников которых являются юридические лица или индивидуальные предприниматели других государств – участников СНГ, подлежат государственной регистрации, за исключением технических условий на оборонную продукцию и ТУ с грифом секретности или «Для служебного пользования».

ТУ представляются на государственную регистрацию в срок не более шести месяцев с даты их утверждения.

Государственную регистрацию ТУ осуществляет Госстандарт или по его поручению уполномоченные им организации.

На государственную регистрацию ТУ представляют:

- подлинник и копию ТУ;
- каталожный лист продукции, оформленный в соответствии с требованиями ТКП 35.1.

При государственной регистрации техническим условиям присваивается регистрационный (учетный) номер и информация о зарегистрированных ТУ включается в базу данных технических условий Республики Беларусь ИПС «Стандарт».

Подлинник ТУ, которому присвоен учетный номер государственной регистрации, возвращается держателю подлинника ТУ с оттиском штампа государственной регистрации в правом нижнем углу титульного листа.

После истечения срока действия технических условий по инициативе держателя подлинника ТУ в течение года их регистрация может быть восстановлена.

ТКП 5.1.02–2012. Сертификация продукции. Основные положения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает основные положения, регламентирующие процедуры сертификации продукции в Национальной системе подтверждения Республики Беларусь (далее – Система).

На основе настоящего технического кодекса при необходимости разрабатываются и применяются совместно с ним технические кодексы, устанавливающие процедуру сертификации групп однородной продукции, учитывающие особенности её производства, испытаний, поставок и эксплуатации.

Положения настоящего технического кодекса применяются в случае, если процедуры сертификации продукции не установлены в техническом регламенте.

Настоящий технический кодекс обязателен для всех субъектов оценки соответствия, участвующих в сертификации продукции.

Общие положения

Сертификацию продукции проводят аккредитованные органы по сертификации продукции (далее – органы по сертификации) в соответствии с их областью аккредитации.

Работы по сертификации осуществляются экспертами-аудиторами органов по сертификации, включенными в реестр Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь (далее – реестр Системы).

В Системе проводятся обязательная и добровольная сертификации продукции.

Обязательной сертификации подлежит продукция, в отношении которой данная форма установлена в техническом(-их) регламенте(-ах), включенная в перечень продукции, услуг, персонала и иных объектов оценки соответствия, подлежащих обязательному подтверждению соответствия в Республике Беларусь (далее – Перечень).

Добровольная сертификация продукции проводится в отношении продукции, на которую не распространяются технические регламенты и не включенная в Перечень.

При сертификации продукции должна сохраняться конфиденциальность информации, получаемой в результате взаимодействия субъектов оценки соответствия, кроме случаев, когда продукция может создать реальную угрозу безопасности жизни, здоровью, наследственности потребителя, сохранности имущества и безопасности окружающей среды.

Процедуры сертификации

Процедуры сертификация продукции в зависимости от схемы сертификации включают:

- подачу заявки на проведение работ по сертификации продукции (далее – заявка) с прилагаемыми документами;
- анализ представленных документов;
- идентификацию продукции и отбор образцов продукции;
- проведение аккредитованной испытательной лабораторией (центром) испытаний продукции;
- проведение исследования проекта продукции;
- проведение исследования типа продукции;
- проведение анализа состояния продукции;
- принятие решения выдачи сертификатов соответствия;
- выдачу заявителю сертификата соответствия;
- заключение соглашения по сертификации между органом по сертификации и заявителем;
- осуществление органом по сертификации инспекционного контроля за сертифицированной продукцией.

Подача заявки и анализ документов, представленных заявителем

Для проведения сертификации продукции заявитель направляет заявку в соответствующий орган по сертификации. Вместе с заявкой заявитель представляет документы, указанные в приложении к форме заявки, которые могут быть конкретизированы в порядке сертификации групп однородной продукции. В течение не более десяти рабочих дней орган по сертификации проводит анализ заявки и прилагаемых к заявке на сертификацию документов, в том числе проверку правильности заполнения заявки и достаточности представленных документов.

Анализ документов предусматривает:

- самостоятельный анализ требований законодательных актов Республики Беларусь и ТНПА с требованиями документов на продукцию;

- определение достаточности и анализа документов, прямо или косвенно подтверждающих соответствие продукции заявленным требованиям.

Анализ документов предусматривает:

- анализ соответствия требованиям актов законодательства Республики Беларусь представленных документов на продукцию;

- определение достаточности приведенных в эксплуатационной документации характеристик продукции, необходимых для ее безопасного применения;

- определение достоверности и анализ документов, прямо или косвенно подтверждающих соответствие продукции требованиям, подтверждаемым при сертификации.

Решение по сертификации должно содержать все основные условия сертификации продукции, в том числе:

- схему сертификации;

- указания по отбору образцов продукции;

- перечень ТНПА, на соответствие которым проводится сертификация;

- наименование аккредитованной испытательной лаборатории;

- наименование органа по сертификации, проводящего анализ состояния производства;

- наименование исполнителя исследования проекта продукции;

- условия оплаты работ по сертификации.

По результатам проведенных работ орган по сертификации принимает решение о выдаче (невыдаче) сертификата соответствия. Срок выдачи сертификата соответствия – не более 10 дней.

Сертификат соответствия выдается на продукцию серийного производства, партию продукции или на единичное изделие в зависимости от примененной схемы сертификации.

Сертификат соответствия вступает в силу с даты его регистрации в реестре Системы. Срок действия сертификата на продукцию серийного производства – пять лет.

Действия в отношении выданных сертификатов соответствия

В отношении выданных сертификатов соответствия осуществляются следующие действия:

– вступление в силу с момента принятия решения органом по сертификации приостановления либо отмены действия сертификата соответствия;

– осуществление инспекционного контроля за сертифицированной продукцией в течение всего срока действия сертификата;

– на основании заявления заявителя внесение изменения и (или) дополнения в сертификат соответствия, приостановка (возобновление) или прекращение действия сертификата, выдача дубликата сертификата, продление срока действия сертификата, изготовление копии сертификата соответствия органом по сертификации;

– в случае прекращения деятельности органа по сертификации владелец сертификата соответствия обязан в произвольной форме обратиться в один из действующих органов по сертификации для проведения инспекционного контроля, который при положительных результатах должен выдать заявителю сертификат соответствия на новом бланке взамен выданного ранее с присвоением ему нового регистрационного номера в реестре Системы.

Информация о результатах сертификации

Копии документов об оценке соответствия с комплектом документов, подтверждающих результаты сертификации продукции, хранятся в органе по сертификации, выдавшем сертификат, в течение срока их действия и не менее пяти лет после окончания срока их действия.

Органы по сертификации ведут учет выданных ими сертификатов и внесенных изменений и дополнений, приостановлении, возобновлении, отмене, прекращении, продлении сроков их действия, выдаче дубликатов и в установленные сроки представляют данные в уполномоченную организацию для включения в реестр Системы согласно ТКП 5.1.10.

Признание иностранных сертификатов соответствия на продукцию

Порядок признания иностранных сертификатов соответствия на продукцию включает:

- подачу заявки на признание иностранного сертификата соответствия и документов, прилагаемых к ней;
- анализ заявки и прилагаемых документов;
- идентификацию продукции;
- принятие решения о возможности признания иностранного сертификата соответствия или обоснование отказа;
- переоформление иностранного сертификата соответствия на сертификат соответствия Системы и его выдачу.

Иностранные сертификаты на продукцию, произведенную в третьих странах, не признаются.

Подтверждение наличия сертификата соответствия при реализации продукции, подлежащей обязательной сертификации

При реализации продукции порядок подтверждения наличия сертификата соответствия на продукцию, подлежащую обязательному подтверждению соответствия, установлен законодательству Республики Беларусь.

Рассмотрение жалоб и апелляций

При возникновении спорных вопросов жалобы на деятельность органа по сертификации, проводившего сертификацию продукции, рассматривает Национальный орган по оценке соответствия – Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, орган по аккредитации, а в случае несогласия с их решением – суд.

Апелляции рассматриваются комиссией по апелляциям Национального органа по оценке соответствия Республики Беларусь.

СТБ 1080–2011. Порядок выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ по созданию научно-технической продукции

Настоящий стандарт устанавливает порядок выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ (далее – НИР, ОКР и ОТР) по созданию научно-технической продукции (далее – НТП) во всех областях деятельности, кроме связанной с созданием вооружений и военной техники.

Настоящий стандарт распространяется на НИР, ОКР и ОТР, выполняемые научными, научно-исследовательскими, проектными, конструкторскими организациями, высшими учебными заведениями, научно-производственными и производственными объединениями, унитарными предприятиями, акционерными обществами и другими организациями, а также временными научными коллективами.

Общие положения

Основанием для выполнения НИР, ОКР и ОТР являются:

– международные (межгосударственные, межправительственные) договоры и нормативные правовые акты Республики Беларусь, утверждающие межгосударственные целевые, президентские, государственные, государственные комплексные, республиканские и национальные программы;

– программы развития;

– специальные программы;

– программы научных исследований;

– научно-технические программы (государственные, региональные, отраслевые, межгосударственные);

– нормативные правовые акты, приказы или другие распорядительные документы органов государственного управления Республики Беларусь, иных организаций, подчиненных Совету Министров Республики Беларусь;

– приказы или другие распорядительные документы исполнителя, выполняющего НИР или ОКР в инициативном порядке.

Для выполнения НИР, ОКР и ОТР заказчик и исполнитель заключают договор в соответствии с действующим законодательством.

НИР, ОКР и ОТР подлежат государственной регистрации в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь «О государственной регистрации научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ».

Проект договора, подписанный и заверенный печатью, исполнитель (заказчик) с сопроводительным письмом представляет заказчику (исполнителю).

Заказчик (исполнитель) в десятидневный срок проводит согласование проекта договора и путем переговоров устраняет возникшие разногласия.

При отсутствии разногласий заказчик (исполнитель) подписывает договор, заверяет его печатью и возвращает исполнителю (заказчику) оговоренное количество экземпляров с сопроводительным письмом.

Руководитель НИР, ОКР и ОТР назначается приказом руководителя организации – исполнителя НИР, ОКР и ОТР.

Разработка технического задания на выполнение НИР, ОКР и ОТР

Техническое задание (ТЗ) на выполнение НИР, ОКР и ОТР является основным исходным документом, определяющим необходимые требования к создаваемой НТП.

Разработка ТЗ на выполнение НИР, ОКР и ОТР осуществляется на основании требований заказчика, анализа перспектив развития науки и техники в данной области с учетом прогнозируемых показателей научно-технического уровня и требований рынка.

Если по выполняемой теме НИР, ОКР и ОТР проводятся исследования и изготавливаются экспериментальные (опытные и др.) образцы нескольких изделий и требования по каждому изделию различны, то необходима разработка отдельных ТЗ на каждое изделие.

ТЗ разрабатывается одновременно с оформлением договора на выполнение НИР, ОКР и ОТР и должно входить в состав комплекта документов, прилагаемых к договору.

ТЗ на выполнение НИР, ОКР и ОТР утверждает заказчик. Срок утверждения ТЗ не должен превышать 10 дней с даты его получения.

ТЗ на выполнение ОКР и ОТР подлежат согласованию с изготовителем продукции, если он определен к моменту разработки ТЗ.

ТЗ на выполнение НИР, ОКР и ОТР хранится исполнителем вместе с договором. После окончания срока действия договора учет и хранение ТЗ осуществляются в порядке, установленном законодательством.

Порядок выполнения НИР

Процесс выполнения НИР предусматривает следующие этапы:

- выбор методик проведения исследований;
- разработка ТЗ;
- теоретические и экспериментальные исследования и апробация;
- обобщение и оценка результатов исследований.

Допускается уточнение этапов и их содержания в зависимости от характера, сложности НИР и степени предварительной проработки темы.

По результатам работ исполнитель составляет отчет о НИР, который должен содержать:

- обобщение результатов работ, проведённых на всех этапах НИР;
- данные об отчете о патентных исследованиях, зарегистрированных в Национальном центре интеллектуальной собственности (НЦИС) ГКНТ Республики Беларусь, если он предусмотрен ТЗ или тема является охраноспособной;
- документы, подтверждающие испытания опытных (экспериментальных) образцов, если они проводились;
- рекомендации по реализации НИР;
- данные об экономической и социальной эффективности НИР.

Структура и оформление отчета о НИР должны соответствовать ГОСТ 7.32. Утверждает отчет о НИР руководитель исполнителя НИР.

Порядок выполнения ОКР и ОТР

Процесс выполнения ОКР и ОТР предусматривает следующие этапы:

– разработка ТЗ в случае, когда работы выполняются по отдельному (без проведения НИР) договору;

– сбор, изучение и анализ материалов, определение необходимости экспериментальных (опытных) работ, апробация (хронометраж наблюдений) опытной эксплуатации (стендовых испытаний) и обработка результатов;

– техническое и организационное обеспечение экспериментальных (опытных) работ;

– выполнение экспериментальных (опытных) работ, изготовление, испытание опытных образцов и обработка результатов;

– обобщение и приёмка результатов ОКР.

Оформление технического отчета об ОКР и ОТР допускается проводить в соответствии с ГОСТ 7.32, аналогично отчету о НИР. Утверждает технический отчет руководитель ОКР и ОТР.

Порядок приёмки НИР, ОКР и ОТР

После завершения каждого этапа исполнитель НИР, ОКР и ОТР оформляет отчетную документацию, которая может включать следующие документы:

– справку-отчёт о выполнении работ по этапу НИР, ОКР и ОТР;

– отчет о НИР или пояснительную записку по ОКР и ОТР;

– акт сдачи-приёмки этапа НИР, ОКР и ОТР.

Приёмку НИР, ОКР и ОТР в целом осуществляет приёмочная комиссия, что должно быть оговорено в ТЗ.

Проект приказа (указания) о назначении приёмочной комиссии готовит исполнитель НИР, ОКР и ОТР с участием заказчика. Заказчик издает приказ (указание) о назначении приёмочной комиссии.

Приемка НИР, ОКР и ОТР может осуществляться в течение месяца с даты завершения НИР, ОКР и ОТР.

Приёмку инициативных НИР, ОКР и ОТР осуществляет комиссия, состав и председателя которой определяют приказом исполнителя НИР, ОКР и ОТР.

На приёмку НИР, ОКР и ОТР в целом исполнитель НИР, ОКР и ОТР представляет комплект документов, установленный ТЗ и договором, который включает:

– договор с комплектом документов;

– ТЗ на НИР, ОКР и ОТР при инициативной разработке;

- подписанные акты сдачи-приёмки этапов НИР, ОКР и ОТР (если проводилась приемка этапов);
- отчёт о НИР или технический отчет об ОКР и ОТР;
- протокол НТС или УС (если разработанная документация рассматривалась на НТС или УС);
- созданные экспериментальные (опытные) образцы;
- программу и методику испытаний;
- акты (протоколы) испытаний экспериментальных (опытных) образцов продукции;
- акт об использовании результатов НИР, ОКР и ОТР (если это предусмотрено договором).

Тема считается выполненной и закрытой после утверждения акта приёмки НИР, ОКР и ОТР, проведения окончательных расчётов по акту сдачи-приёмки НИР, ОКР и ОТР и списания темы с баланса исполнителя в соответствии с законодательством Республики Беларусь и представления акта об использовании НИР, ОКР и ОТР.

Порядок регистрации НИР, ОКР и ОТР

Государственной регистрации подлежат НИР, ОКР и ОТР, имеющие значение для реализации приоритетов социально-экономического развития, разработки новых технологических процессов, наукоемкой, конкурентоспособной продукции, формирования перспективных научных направлений, которые выполняются организациями независимо от источников финансирования на территории Республики Беларусь в порядке, установленном Указом Президента Республики Беларусь «О государственной регистрации научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ».

Государственная регистрация ИР, ОКР и ОТР осуществляется по результатам экспертизы НИР, ОКР и ОТР, проводимой на основании процедуры идентификации, включающей установление соответствия результатов работы показателям и признакам критериев новизны, значимости для науки и практики, объективности, доказательства и точности в зависимости от сфер и видов научной деятельности. Примерный перечень результатов фундаментальных и прикладных исследований приведен в приложении Л к СТБ.

ТКП 8.001–2012. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Государственные испытания средств измерений. Организация и порядок проведения работ

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс):

устанавливает основные положения системы государственных испытаний, средств измерений, измерительных приборов, преобразователей, систем и установок;

описывает организацию и порядок проведения государственных испытаний, государственных приёмочных испытаний, государственных контрольных испытаний, признания результатов испытаний, планирования государственных испытаний;

содержит перечень документов, представляемых на государственных приёмочных испытаниях средств измерений, перечень документов, представляемых на государственных приёмочных испытаниях средств измерения, ввозимых из-за границы партиями, перечень документов, представляемых на государственных контрольных испытаниях средств измерений.

Основные положения

Государственные испытания проводятся с целью обеспечения единства измерений в Республики Беларусь, поставки на производство и выпуска в обращение средств измерений, технические характеристики и качество которых соответствует требованиям нормативных документов.

Организация и порядок проведения испытаний обеспечиваются Комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь. Информация о проведении Государственного приёмочного и контрольного испытания содержит, признание результатов испытаний.

Планирование государственных испытаний осуществляет Белстандарт в соответствии с предложениями организаций и предприятий, осуществляющих разработку, производство, испытания и реализацию средств измерения.

ГОСТ 2.601–2006. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

Настоящий стандарт устанавливает виды, комплектность и общие требования к выполнению эксплуатационных документов (далее – ЭД).

На основе настоящего стандарта допускается, при необходимости, разрабатывать стандарты, устанавливающие виды, комплектность и общие требования к выполнению ЭД на изделия конкретных видов техники с учётом их специфики.

Общие требования

Данные документы предназначены для эксплуатации изделий, ознакомления с их конструкцией, изучения правил эксплуатации (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования), отражения сведений, удостоверяющих гарантированные изготовителем значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, гарантий и сведений по его эксплуатации за весь период (длительность и условия работы, техническое обслуживание, ремонт и другие данные), а также сведений по его утилизации.

Сведения об изделии, помещаемые в ЭД, должны быть достаточными для обеспечения правильной и безопасной эксплуатации изделий в течение установленного срока службы. При необходимости в ЭД приводят указания о требуемом уровне подготовки обслуживающего персонала.

ЭД, поставляемые с изделием, должны полностью ему соответствовать.

При разработке следует использовать термины и определения в области обслуживания и ремонта в соответствии с ГОСТ 18322.

ЭД разрабатывают на основе:

- рабочей конструкторской документации по ГОСТ 2.102;
- опыта эксплуатации аналогичных изделий;
- анализа эксплуатационной технологичности изделий и их составных частей;
- результатов исследования надежности изделий данного типа и аналогичных изделий;

– результатов научно-исследовательских работ, направленных на повышение качества эксплуатации изделий (при наличии).

Изложение текста ЭД и титульный лист выполняют в соответствии с требованиями настоящего стандарта и ГОСТ 2.105. Схемы в ЭД выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.701.

Правила выполнения ЭД – по ГОСТ 2.610.

Виды и комплектность эксплуатационных документов

К эксплуатационным документам относят текстовые, графические и мультимедийные конструкторские документы, которые в отдельности или в совокупности дают возможность ознакомления с изделием и определяют правила его эксплуатации.

Эксплуатационные документы подразделяют на следующие виды:

1. *Руководство по эксплуатации*, как правило, состоящее из введения и следующих частей:

- описание и работа;
- использование по назначению;
- техническое обслуживание;
- текущий ремонт;
- хранение;
- транспортирование;
- утилизация.

2. *Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке* изделия. В инструкцию по монтажу включают сведения, необходимые для правильной подготовки к монтажу, проведению монтажных работ, пуска, регулирования и обкатки (при необходимости) изделий. В случае если подготовку к монтажу, монтаж, пуск, регулирование и обкатку изделия на месте его применения осуществляет персонал, который в дальнейшем будет его эксплуатировать, то все необходимые для этого сведения помещают в РЭ.

3. *Формуляр* – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик, техническое состояние изделия, сведения о сертификации и утилизации изделия, а также сведения, которые вносят в период эксплуатации (длительность и условия работы, техническое обслуживание, ремонт и др.).

4. *Паспорт* – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделия.

5. *Этикетка* – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделия.

6. *Каталог деталей и сборочных единиц* – документ, содержащий перечень сборочных единиц и деталей с иллюстрациями, сведения об их количестве, расположении в изделии, взаимозаменяемости, конструктивных особенностях и др.

7. *Нормы расхода запасных частей* – документ, содержащий номенклатуру запасных частей изделия и их количество, норму их расхода за период эксплуатации.

8. *Нормы расхода материалов* – документ, содержащий номенклатуру материалов и их количество, расходуемое на нормированное количество изделий за период эксплуатации.

9. *Ведомость комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей* – документ, содержащий номенклатуру, сведения о назначении, количестве и местах укладки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, расходуемых за срок службы изделия.

10. *Учебно-технический плакат* – документ, содержащий сведения о конструкции изделия, принципах действия, приемах использования, техническом обслуживании, областях технических значений с необходимыми иллюстрациями.

11. *Инструкции эксплуатационные специальные* – документы, содержащие специальные требования, относящиеся к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению, транспортированию и утилизации, оформленные в виде самостоятельных частей ЭД или в виде приложений к ним.

12. *Ведомость эксплуатационных документов* – документ, устанавливающий комплект эксплуатационных документов и место укладки документов с изделием или отдельно от него.

В ЭД на изделие включают сведения об изделии в целом и составных частях, установленных на изделии к моменту поставки его заказчику (потребителю).

В ЭД дают ссылки только на документы, включенные в ведомость эксплуатационных документов для данного изделия.

При указании сведений о материале и (или) изделии, изготовленных по стандартам или техническим условиям, в ЭД указывают обозначение соответствующих стандартов или технических условий.

Общие требования к изложению текста эксплуатационных документов

Общее построение ЭД следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105.

Порядок записи сведений о драгоценных материалах и цветных металлах выполнен в соответствии с ГОСТ 2.608 для драгоценных материалов и ГОСТ 1639 – для цветных металлов.

Правила комплектования и формирования

Комплектование ЭД осуществляют изготовители документации.

ЭД выполняют, как правило, на листах формата А4 по ГОСТ 2.301. Допускается применять и другие форматы.

В каждой папке с документами помещают:

- титульный лист документа;
- перечень основных структурных элементов документа, количество и номера папок;
- лист с содержанием папки;
- лист регистрации изменений;
- лист с перечнем принятых сокращений и условных знаков.

Пример технического задания

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Трамвай шестиосный трёхсекционный
(наименование изделия)

предприятие «Белкоммунмаш»
(предприятие-изготовитель)

предприятие «Белкоммунмаш»
(проектная организация)

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ (ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

Трамвай шестиосный трёхсекционный предназначен для внутригородских перевозок пассажиров на специально проложенных трамвайных линиях с шириной колеи 1524 мм в соответствии с государственным стандартом.

2 ЦЕЛЬ И НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ

Трамвай шестиосный троллейбусной компоновки с двумя ведущими мостами представляет собой транспортное средство, состоящее из совокупности систем и механизмов, движущееся по специально проложенному рельсовому пути, и предназначен для перевозки пассажиров по заданному маршруту.

3 КАКОЙ СУЩЕСТВУЮЩИЙ ТИП МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ ЗАМЕНЯЕТ ДАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ИЛИ ДЛЯ КАКОГО НОВОГО ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРУЕТСЯ

Трамвай шестиосный троллейбусной компоновки с двумя ведущими мостами в Республике Беларусь разрабатывается впервые взамен применяемых отечественных трамваев.

За аналог выбрана конструкция троллейбуса МАЗ-103Т.

4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1 Требования назначения

Трамвай предназначен для перевозки пассажиров в городских условиях по заданному маршруту.

4.2 Состав продукции

Основными узлами трамвайного вагона являются:

- приводные тележки;
- кузов вагона;
- электрооборудование;
- токоприёмник.

4.3 Конструктивные требования

Разрабатываемая конструкция трамвая должна соответствовать требованиям ИСО и ГОСТ по части обслуживания, эргономических и экологических показателей, а также технического обслуживания.

4.4 Требования экологического использования сырья, материалов и энергии

Кузов должен изготавливаться из материалов с малым удельным весом. Также в трамвае должны присутствовать средства экономии электроэнергии (рекуперация в сеть при работе двигателя в режиме генератора) и наличие тиристорно-импульсной системы управления ТЭД.

4.5 Требования к стойкости и внешним воздействиям

Кузов должен обладать достаточной жёсткостью, а также иметь жёсткие связи.

4.6 Требования надёжности

Трамвай должен иметь конструкцию, которая обеспечит безопасность пассажиров в случае аварии.

4.7 Требования технологичности

При изготовлении составных частей трамвая должна обеспечиваться полная взаимозаменяемость сборочных единиц и деталей.

4.8 Требования безопасности и охраны окружающей среды

Конструкция трамвая должна удовлетворять требованиям безопасности ГОСТ 12.2.011–75 и ГОСТ 12.1.003–83. Также должно быть наличие сигнальных знаков и цветов безопасности ГОСТ 8789–75.

4.9 Требования совместимости

По возможности применять детали, унифицированные с другими транспортными средствами (автобусами, автомобилями и т. д.).

4.10 Требования к взаимозаменяемости и унификации

Трамвай должен быть максимально унифицирован по сборочным единицам. Технология изготовления должна обеспечивать полную взаимозаменяемость составных частей сборочных единиц.

4.11 Требования эргономики

Уровень шума не должен превышать значений, приведённых в ГОСТ.

Уровень внутреннего шума в кабине водителя не должен превышать 77 дБ (А).

Уровень внутреннего шума в салоне вагона не должен превышать 82 дБ (А).

Также вагон должен иметь эстетичный вид в соответствии с ГОСТ, обеспечивать удобства работы водителя и удобства пассажиров.

4.12 Требования к патентной чистоте

По конструктивным решениям трамвай должен обладать патентной чистотой в отношении стран, в которые предполагается его экспорт.

Показатель территориального распространения – 1,0.

Показатель патентной чистоты – 0,1.

4.13 Требования к составным частям конструкции (при наличии), исходным и эксплуатационным материалам

Материалы должны быть пожаробезопасными, лёгкими, обеспечивающими эстетический вид и дизайн в соответствии с ГОСТ.

4.14 Условия эксплуатации (использования), требования к техническому обслуживанию и ремонту (при необходимости)

Техническое обслуживание и ремонт должны проводиться в соответствии с инструкцией по эксплуатации и ремонту, рабочими, имеющими квалификацию не ниже IV разряда.

Температурный диапазон эксплуатации трамвая от –40 до +40 °С.

4.15 Требования маркировки и упаковки должны выполняться по требованиям нормативно-технических документов, ГОСТ, СТБ и условий предприятия-изготовителя

4.16 Требования к транспортировке и хранению

Должно быть обеспечено транспортирование трамвайного вагона железнодорожными и другим видом транспорта, при этом:

а) трамвай должен вписываться в установленный габарит погрузки в соответствии с «Техническими условиями погрузки и крепления грузов»;

б) места соединения узлов должны быть предохранены от механических повреждений;

в) все сборочные единицы (узлы должны быть предохранены от механических повреждений), отправленные без упаковки, должны иметь маркировку и быть снабжены необходимыми подписями.

4.17 Требования к метрологическому обеспечению

Все измерительные приборы (инструменты), применяемые на изделия, должны измеряться приборами и инструментами, прошедшими метрологический контроль Госстандарта с отметкой (соответствующей) в паспорте.

4.18 Дополнительные требования

Можно установить переговорное устройство для водителя и пассажиров, матовые затемнённые стекла, дополнительное освещение в салоне, подушку безопасности у водителя и т. д.

5 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

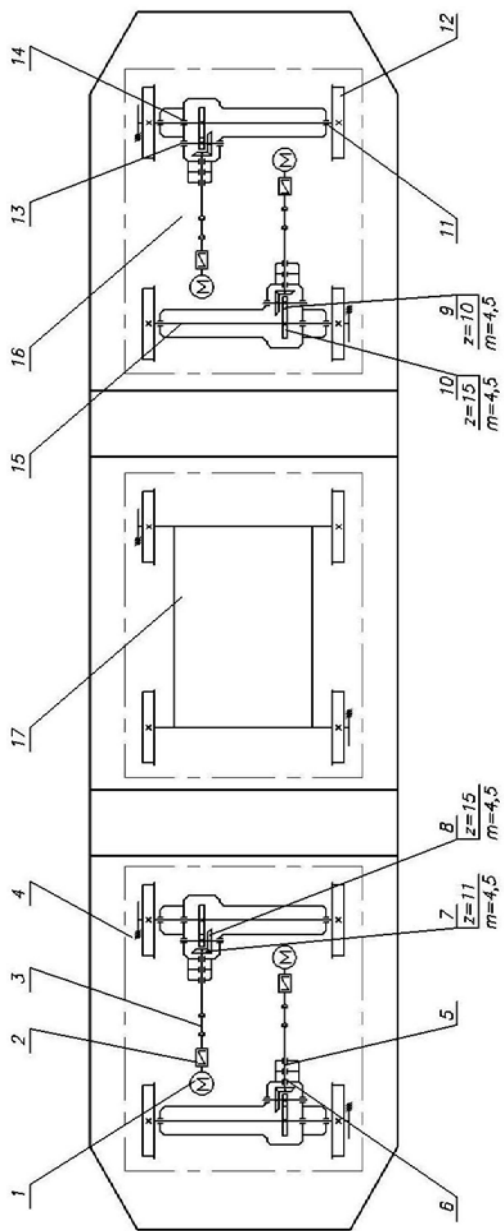
5.1 Срок окупаемости – три года.

5.2 Трамвай по технико-экономическим показателям должен отвечать современному уровню лучших зарубежных образцов, требованиям потребителя, внешнего и внутреннего рынков.

5.3 Количество изготавливаемых опытных образцов – 1.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Прилагается кинематическая схема «Трамвай шестиосный трёхсекционный» (рисунок) со спецификацией (таблица).



Трамвай шестисекционный: кинематическая схема

Спецификация

Зона	Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	1	Электродвигатель Д-263Б	4	
	2	Муфта	4	
	3	Карданный вал	4	
	4	Диск тормозной	6	
	5	Подшипник 7312А ГОСТ 27365–87	4	
	6	Подшипник 7313А ГОСТ 27365–87	4	
	7	Коническая ведущая шестерня	4	
	8	Коническая ведомая шестерня	4	
	9	Цилиндрическая ведомая шестерня	4	
	10	Цилиндрическая ведомая шестерня	4	
	11	Подшипник 3620 ГОСТ 5212–57	8	
	12	Колесо подрезиненное	12	
	13	Подшипник 7312А ГОСТ 27365–87	8	
	14	Подшипник 2313 ГОСТ 27365–87	4	
	15	Ось	6	
	16	Моторная тележка	2	
	17	Ходовая тележка	1	

Вывод: выполнение лабораторной работы позволяет изучить основные нормативные документы, применяемые при разработке и постановке на производство изделий ГЭТ, а также разработать техническое задание с конструкторской схемой «Трамвай шестиосный трёхсекционный».

Лабораторная работа № 2

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРЯМОЗУБОЙ КОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Цель работы: выполнить геометрический расчет прямозубой конической передачи центрального редуктора ведущего моста троллейбуса модели 201.

Общие сведения

Конические передачи применяются в машинах и механизмах, где по условиям компоновки передача движения осуществляется между валами, оси которых пересекаются.

Наибольшее распространение получили ортогональные передачи с межосевым углом

$$\Sigma = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ .$$

Особенности конических передач по сравнению с цилиндрическими:

большие массы и габариты;

большая сложность изготовления колес и корпусов;

поскольку необходимо дополнительно выдерживать допуски на углы Σ , δ_1 , δ_2 , конструкция передач должна позволять регулировку зазора в зацеплении и пятна контакта перемещением колес вдоль валов или вместе с ними, а также их точную и жесткую осевую фиксацию с тем, чтобы вершины делительных конусов совпадали с точкой пересечения осей.

Исходные данные:

- межосевой угол $\Sigma = 90^\circ$;
- число зубьев шестерни $z_1 = 9$;
- число зубьев колеса $z_2 = 27$;
- внешний модуль $m_e = 11$;

- угол зацепления $\alpha_w = 20^\circ$;
- коэффициент ширины колеса $k_{be} = 0,3$.

ГОСТ 13754–81 устанавливает следующие параметры исходного контура: $\alpha = 20^\circ$, $h_a^* = 1,0$, $h_f^* = 1,2$, $h_l^* = 2,0$, $c^* = 0,20$, $\rho_f^* = 0,30$.

Расчет конической прямозубой передачи по параметрам эквивалентных цилиндрических колёс

Определяемая величина	Формула для определения	Численное значение
l	2	3
Передаточное число u	$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{27}{9} = 3$	3
Угол начального конуса шестерни $\delta_{w1}, ^\circ$	$\delta_{w1} = \arctg \left(\frac{\sin \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma} \right) = \arctg \left(\frac{\sin 90^\circ}{\frac{27}{3} + \cos 90^\circ} \right)$	18,4349
Угол начального конуса колеса $\delta_{w2}, ^\circ$	$\delta_{w2} = \Sigma - \delta_{w1} = 90 - 18,4349$	71,5651
Число зубьев эквивалентной цилиндрической шестерни z_{v1}	$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos \delta_{w1}} = \frac{9}{\cos(18,4349^\circ)}$	9,4868
Число зубьев эквивалентного цилиндрического колеса z_{v2}	$z_{v2} = \frac{z_2}{\cos \delta_{w2}} = \frac{27}{\cos(71,5651^\circ)}$	85,3817
Внешнее начальное конусное расстояние R_{we} , мм	$R_{we} = \frac{z_1 m_e \cos \alpha}{2 \sin \delta_{w1} \cos \alpha_w} =$ $= \frac{9 \cdot 11 \cos 20^\circ}{2 \sin(18,4349^\circ) \cos 20^\circ}$	156,5231
Угол между образующими начального и делительного конусов шестерни $\Delta\delta_1, ^\circ$	$\Delta\delta_1 = \arctg \left(\left(1 - \frac{\cos \alpha_w}{\cos \alpha} \right) \operatorname{tg} \delta_{w1} \right) =$ $= \arctg \left(\left(1 - \frac{\cos 20^\circ}{\cos 20^\circ} \right) \operatorname{tg} 18,4349 \right)$	0

1	2	3
Угол между образующими начального и делительного конусов колеса $\Delta\delta_2, ^\circ$	$\Delta\delta_2 = \arctg \left(\left(1 - \frac{\cos\alpha_w}{\cos\alpha} \right) \operatorname{tg}\delta_{w2} \right) =$ $= \arctg \left(\left(1 - \frac{\cos 20^\circ}{\cos 20^\circ} \right) \operatorname{tg} 71,5651 \right)$	0
Угол делительного конуса шестерни $\delta_1, ^\circ$	$\delta_1 = \delta_{w1} - \Delta\delta_1 = 18,4349 - 0$	18,4349
Угол делительного конуса колеса $\delta_2, ^\circ$	$\delta_2 = \delta_{w2} - \Delta\delta_2 = 71,5651 - 0$	71,5651
Внешнее межосевое расстояние $a_{wve}, \text{ мм}$	$a_{wve} = \frac{m_e}{2} (z_{v1} + z_{v2}) \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} =$ $= \frac{11}{2} (9,4868 + 85,3817) \frac{\cos 20^\circ}{\cos 20^\circ}$	521,7768
Внешний делительный диаметр эквивалентной цилиндрической шестерни $d_{ve1}, \text{ мм}$	$d_{ve1} = m_e z_{v1} = 11 \cdot 9,4868$	104,3548
Внешний делительный диаметр эквивалентного цилиндрического колеса $d_{ve2}, \text{ мм}$	$d_{ve2} = m_e z_{v2} = 11 \cdot 85,3817$	939,1987
Внешний начальный диаметр эквивалентной цилиндрической шестерни $d_{wve1}, \text{ мм}$	$d_{wve1} = m_e z_{v1} \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} = 11 \cdot 9,4868 \cdot 1$	104,3548
Внешний начальный диаметр эквивалентного цилиндрического колеса $d_{wve2}, \text{ мм}$	$d_{wve2} = m_e z_{v2} \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} = 11 \cdot 85,3817 \cdot 1$	939,1987
Внешний диаметр впадин эквивалентной цилиндрической шестерни $d_{fve1}, \text{ мм}$	$d_{fve1} = d_{ve1} - 2m_e (h_a^* + c^* - x_1) =$ $= 104,3548 - 2 \cdot 11(1,0 + 0,2 - 0)$	77,9548

1	2	3
Внешний диаметр впадин эквивалентного цилиндрического колеса d_{fve2} , мм	$d_{fve2} = d_{ve2} - 2m_e(h_a^* + c^* - x_2) =$ $= 939,1987 - 2 \cdot 11(1,0 + 0,2 - 0)$	912,7987
Внешний диаметр вершин эквивалентной цилиндрической шестерни d_{ave1} , мм	$d_{ave1} = 2a_{wve} - d_{fve2} - 2c^* m_e =$ $= 2 \cdot 521,7768 - 912,7987 - 2 \cdot 0,2 \cdot 11$	126,3549
Внешний диаметр вершин эквивалентного цилиндрического колеса d_{ave2} , мм	$d_{ave2} = 2a_{wve} - d_{fve1} - 2c^* m_e =$ $= 2 \cdot 521,7768 - 77,9548 - 2 \cdot 0,2 \cdot 11$	961,1988
Внешняя высота зуба шестерни h_{e1} , мм	$h_{e1} = 0,5(d_{ave1} - d_{fve1}) =$ $= 0,5(126,3549 - 77,9548)$	24,2001
Внешняя высота зуба колеса h_{e2} , мм	$h_{e2} = 0,5(d_{ave2} - d_{fve2}) =$ $= 0,5(961,1988 - 912,7987)$	24,2001
Внешняя высота начальной головки зуба шестерни h_{awe1} , мм	$h_{awe1} = 0,5(d_{ave1} - d_{wve1}) =$ $= 0,5(126,3549 - 104,3548)$	11,0000
Внешняя высота начальной головки зуба колеса h_{awe2} , мм	$h_{awe2} = 0,5(d_{ave2} - d_{wve2}) =$ $= 0,5(961,1988 - 939,1987)$	11,0000
Внешняя высота начальной ножки зуба шестерни h_{fve1} , мм	$h_{fve1} = 0,5 \cdot (d_{wve1} - d_{fve1}) =$ $= 0,5(104,3548 - 77,9548)$	13,2000
Внешняя высота начальной ножки зуба колеса h_{fve2} , мм	$h_{fve2} = 0,5(d_{wve2} - d_{fve2}) =$ $= 0,5(939,1987 - 912,7987)$	13,2000
Внешняя высота делительной головки зуба шестерни h_{ae1} , мм	$h_{ae1} = 0,5(d_{ave1} - d_{ve1}) =$ $= 0,5(126,3549 - 104,3548)$	11,0000

1	2	3
Внешняя высота делительной головки зуба колеса h_{ae2} , мм	$h_{ae2} = 0,5(d_{ave2} - d_{ve2}) =$ $= 0,5(961,1988 - 939,1987)$	11,0000
Внешняя высота делительной ножки зуба шестерни h_{fe1} , мм	$h_{fe1} = m_e(h_a^* + c^* - x) = 11(1 + 0,2 - 0)$	13,2000
Внешняя высота делительной ножки зуба колеса h_{fe2} , мм	$h_{fe2} = m_e(h_a^* + c^* - x) = 11(1 + 0,2 - 0)$	13,2000
Внешняя делительная окружная толщина зуба s_e , мм	$s_e = m_e(0,5\pi + 2x_t g\alpha + x_\tau) =$ $= 11(0,5 \cdot 3,14 + 0 + 0)$	17,2788
Внешняя начальная окружная толщина зуба s_{we} , мм	$s_{we} = m_e \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} \times$ $\times \left[0,5\pi + 2x_t g\alpha + x_\tau + \frac{z}{\cos \delta_w} (\text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_w) \right] =$ $= 11 \frac{\cos 20^\circ}{\cos 20^\circ} [0,5 \cdot 3,14 + 0 + 0 + 0]$	17,2788
Угол начальной ножки зуба θ_{fw} , °	$\theta_{aw} = \arctg \left(\frac{h_{fwe}}{R_{we}} \right) = \arctg \left(\frac{13,2}{156,5327} \right)$	4,8202
Угол начальной головки зуба θ_{aw} , °	$\theta_{aw} = \arctg \left(\frac{h_{awe}}{R_{we}} \right) = \arctg \left(\frac{11}{156,5327} \right)$	4,0197
Угол конуса вершин шестерни δ_{a1} , °	$\delta_{a1} = \delta_{w1} + \theta_{aw} = 18,4349 + 4,0197$	22,4546
Угол конуса вершин колеса δ_{a2} , °	$\delta_{a2} = \delta_{w2} + \theta_{aw} = 71,5651 + 4,0197$	75,5848
Угол конуса впадин шестерни δ_{f1} , °	$\delta_{f1} = \delta_{w1} - \theta_{fw} = 18,4349 - 4,8202$	13,6147
Угол конуса впадин колеса δ_{f2} , °	$\delta_{f2} = \delta_{w2} - \theta_{fw} = 71,5651 - 4,8202$	66,7449
Внешний делительный диаметр шестерни d_{e1} , мм	$d_{e1} = m_e z_1 = 11 \cdot 9$	99

1	2	3
Внешний делительный диаметр колеса d_{e2} , мм	$d_{e2} = m_e z_2 = 11 \cdot 27$	297
Внешний начальный диаметр шестерни d_{we1} , мм	$d_{we1} = m_e z_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} = 99 \cdot \frac{\cos 20^\circ}{\cos 20^\circ}$	99
Внешний начальный диаметр колеса d_{we2} , мм	$d_{we2} = m_e z_2 \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} = 297 \cdot \frac{\cos 20^\circ}{\cos 20^\circ}$	297
Внешний диаметр вершин зубьев шестерни d_{ae1} , мм	$d_{ae1} = d_{we1} + 2h_{awe} \cos \delta_{w1} =$ $= 99 + 2 \cdot 11 \cos 18,4349^\circ$	119,8710
Внешний диаметр вершин зубьев колеса d_{ae2} , мм	$d_{ae2} = d_{we2} + 2h_{awe} \cos \delta_{w2} =$ $= 297 + 2 \cdot 11 \cos 71,5651^\circ$	303,9569
Расстояние от вершины делительного конуса до плоскости внешней окружности вершин зубьев шестерни B_1 , мм	$B_1 = R_{we} \cos \delta_{w1} - h_{awe} \sin \delta_{w1} =$ $= 156,5327 \cos 18,4349^\circ - 11 \sin 18,4349^\circ$	145,0215
Расстояние от вершины делительного конуса до плоскости внешней окружности вершин зубьев колеса B_2 , мм	$B_2 = R_{we} \cos \delta_{w2} - h_{awe} \sin \delta_{w2} =$ $= 156,5327 \cos 71,5651^\circ - 11 \sin 71,5651^\circ$	39,0645
Угол профиля на внешней окружности вершин зубьев шестерни α_{ae1} , °	$\alpha_{ae1} = \arccos \left(\frac{d_{e1}}{d_{ae1}} \cos \alpha \right) =$ $= \arccos \left(\frac{99}{119,8710} \cos 20^\circ \right)$	39,0969
Угол профиля на внешней окружности вершин зубьев колеса α_{ae2} , °	$\alpha_{ae2} = \arccos \left(\frac{d_{e2}}{d_{ae2}} \cos \alpha \right) =$ $= \arccos \left(\frac{297}{303,9569} \cos 20^\circ \right)$	23,3378

1	2	3
Окружная толщина зуба на внешней окружности вершин шестерни s_{ae1} , мм	$s_{ae1} = \frac{d_{ae1}}{\cos \delta_{w1}} \times$ $\times \left(\frac{s_{we1}}{d_{we1}} \cos \delta_{w1} + \operatorname{inv} \alpha_w - \operatorname{inv} \alpha_{ae1} \right) =$ $= \frac{119,8710}{\cos 18,4349^\circ} \times$ $\times \left(\frac{17,2788}{99} \cos 18,4349^\circ + 0,0149 - 0,1302 \right)$	6,3527
Окружная толщина зуба на внешней окружности вершин колеса s_{ae2} , мм	$s_{ae2} = \frac{d_{ae2}}{\cos \delta_{w2}} \times$ $\times \left(\frac{s_{we2}}{d_{we2}} \cos \delta_{w2} + \operatorname{inv} \alpha_w - \operatorname{inv} \alpha_{ae2} \right) =$ $= \frac{303,9569}{\cos 71,5651^\circ} \times$ $\times \left(\frac{17,2788}{297} \cos 71,5651^\circ + 0,0149 - 0,0241 \right)$	8,8407
Ширина зубчатого венца b , мм	$b = k_{be} R_{we} = 0,3 \cdot 156,5327$	47
Среднее конусное расстояние R_w , мм	$R_w = R_{we} - 0,5b = 156,5327 - 0,5 \cdot 47$	133,0327
Внутреннее конусное расстояние R_{wi} , мм	$R_{wi} = R_{we} - b = 156,5327 - 47$	109,5327
Средний модуль, мм	$m = \frac{R_w}{R_{we}} m_e = \frac{133,0327}{156,5327} \cdot 11$	9,3486
Средний делительный диаметр шестерни d_{m1} , мм	$d_{m1} = m z_1 = 9,3486 \cdot 9$	84,1374
Средний делительный диаметр колеса d_{m2} , мм	$d_{m2} = m z_2 = 9,3486 \cdot 27$	252,4122

Основные размеры и геометрические параметры конической передачи приведены на рис. 2.1 и 2.2.

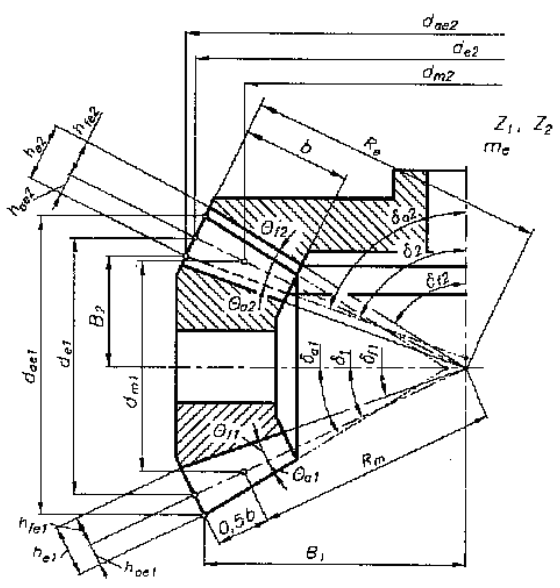


Рис. 2.1. Основные геометрический параметры конической передачи

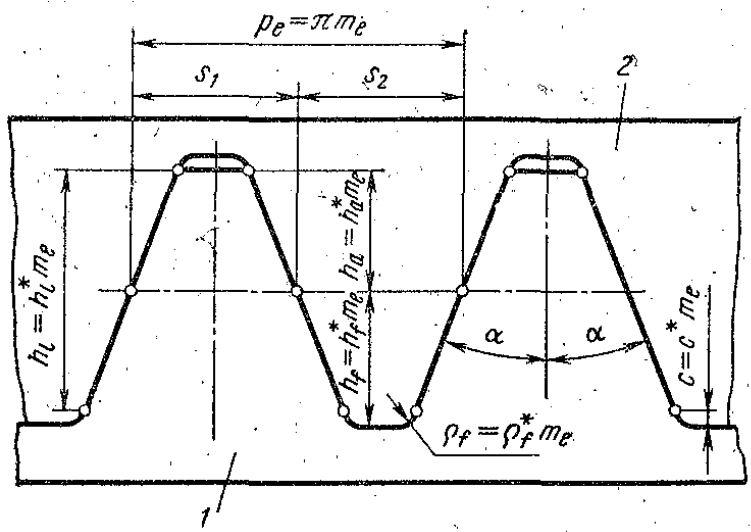


Рис. 2.2. Теоретический реечный контур для конической прямозубой передачи:
 1 – исходный; 2 – исходный производящий

Вывод: выполнение лабораторной работы позволяет рассчитать прямозубую коническую передачу центрального редуктора ведущего моста троллейбуса модели 201.

Литература

Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / под ред. И. А. Болотовского. – М. : Машиностроение, 1986. – 448 с.

Лабораторная работа № 3

РАСЧЕТ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ ЗУБЧАТОЙ КОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПРЯМЫМ ЗУБОМ

Цель работы: рассчитать на выносливость коническую зубчатую передачу с прямым зубом центрального редуктора ведущего моста троллейбуса модели 201.

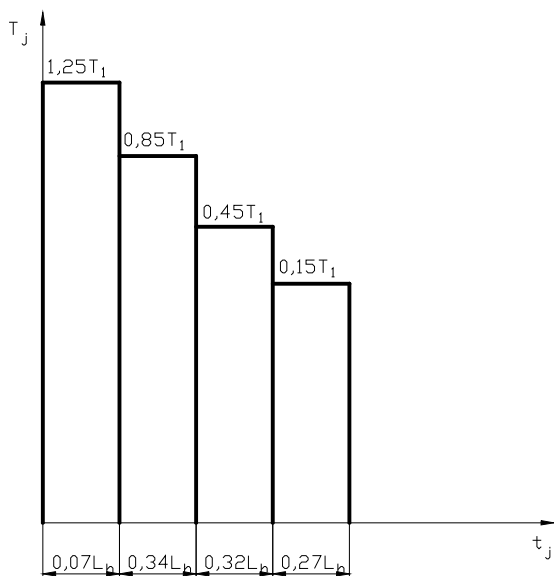
Исходные данные:

- межосевой угол $\Sigma = 90^\circ$;
- число зубьев шестерни $z_1 = 9$;
- число зубьев колеса $z_2 = 27$;
- внешний модуль $m_e = 11$;
- угол зацепления $\alpha_w = 20^\circ$;
- коэффициент ширины колеса $k_{be} = 0,3$;
- материал шестерни – сталь 40Х;
- материал колеса – сталь 45;
- твердость активных поверхностей зубьев шестерни $H_1 = 256$ НВ;
- твердость активных поверхностей зубьев колеса $H_2 = 212$ НВ;
- частота вращения шестерни $n_1 = 1430$ об/мин;
- мощность тягового электродвигателя $P_{дв} = 115$ кВт.

Крутящий момент на шестерне

$$T_1 = \frac{30P_{дв}}{\pi n_1} = \frac{30 \cdot 115000}{3,14 \cdot 1430} = 768,340 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Циклограмма нагружения для изделий ПС ГЭТ имеет следующий вид:



**Расчет на выносливость зубчатой конической
прямозубой передачи**

Определяемая величина	Основания для определения	Численное значение
1	2	3
Проверочный расчет на контактную выносливость		
Коэффициент Z_H , учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев в полюсе зацепления	Рис. 12.1 [1]	1,77
Коэффициент Z_M , учитывающий механические свойства материалов, $H^{1/2}/\text{мм}$	С. 259 [1]	275
Коэффициент Z_ϵ , учитывающий суммарную длину контактных линий	$Z_\epsilon = \sqrt{\frac{1}{0,95 \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right]}} =$ $= \sqrt{\frac{1}{0,95 \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{27} \right) \right]}}$	0,8653

1	2	3
$\frac{K_{be}}{[(2 - K_{be}) \operatorname{tg} \delta_1]}$	0,3 $[(2 - 0,3) \operatorname{tg} 18,4349]$	0,5294
Коэффициент $K_{H\beta}$, учитывающий распределение нагрузки по ширине зубчатого венца	Рис. 12.2 [1]	1,19
Коэффициент δ_H , учитывающий влияние вида зубчатой передачи и модификации профиля зубьев	Табл. 11.1 [1]	0,006
Коэффициент g_0 , учитывающий влияние шагов зацепления зубьев шестерни и колеса	Табл. 11.2 [1]	53
Окружная скорость на шестерне v_{m1} , м/с	$v_{m1} = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 84,1374 \cdot 1430}{60 \cdot 1000}$	6,3324
Удельная окружная динамическая сила W_{Hv}	$W_{Hv} = \delta_H g_0 v_{m1} \sqrt{\frac{d_{m1} + d_{m2}}{2u}} =$ $= 0,006 \cdot 53 \cdot 6,3324 \times$ $\times \sqrt{\frac{84,1374 + 252,4122}{2 \cdot 3}}$	15,0815
Коэффициент K_{Hv} , учитывающий твердости активных поверхностей зубьев	$K_{Hv} = 1 + \frac{W_{Hv} b_w d_{m1}}{2000 T_{1H} K_{H\beta}} =$ $= 1 + \frac{15,0815 \cdot 47 \cdot 84,1374}{2000 \cdot 767,95 \cdot 1,19}$	1,0326
Удельная расчетная нагрузка W_{Ht}	$W_{Ht} = \frac{2000 T_{1H} K_{H\beta} K_{Hv}}{b_w (1 - 0,5 K_{be}) d_{we1} \cos \delta_1} =$ $= \frac{2000 \cdot 767,95 \cdot 1,19 \cdot 1,0326}{47 (1 - 0,5 \cdot 0,3) \cdot 99 \cdot \cos 18,4349^\circ}$	503,0008
Расчетное контактное напряжение в полюсе зацепления σ_H , МПа	$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \times$ $\times \sqrt{\frac{W_{Ht} \sin \Sigma}{0,85 (1 - 0,5 K_{be}) d_{we1} \sin \delta_2}} =$ $= 1,77 \cdot 275 \cdot 0,8653 \times$ $\times \sqrt{\frac{503 \cdot \sin 90}{0,85 (1 - 0,5 \cdot 0,3) 99 \cdot \sin 71,5651^\circ}}$	1101,37

1	2	3
Предел контактной выносливости $\sigma_{H \lim 1}$ поверхностей зубьев шестерни, соответствующий эквивалентному числу циклов перемены напряжений, МПа	$\sigma_{H \lim 1} = 2H_{HB} + 70 = 2 \cdot 212 + 70$	494
Предел контактной выносливости $\sigma_{H \lim 2}$ поверхностей зубьев колеса, соответствующий эквивалентному числу циклов перемены напряжений, МПа	$\sigma_{H \lim 1} = 2H_{HB} + 70 = 2 \cdot 256 + 70$	582
Коэффициент Z_R , учитывающий шероховатость поверхностей зубьев	С. 264 [1]	1
Коэффициент Z_v , учитывающий окружную скорость	Рис. 11.11 [1]	1,02
Коэффициент K_{xH} , учитывающий размер зубчатого колеса	Рис. 11.12 [1]	1
Коэффициент безопасности	С. 264 [1]	1,1
Базовое число циклов перемены напряжений для шестерни N_{H01}	Рис. 11.10 [1]	$17 \cdot 10^6$
Базовое число циклов перемены напряжений для колеса N_{H02}	Рис. 11.10 [1]	$10 \cdot 10^6$
Коэффициент K_{HE} приведения переменного режима нагрузки передачи к эквивалентному постоянному	$K_{HE} = \Sigma \left[\left(T_j / T_1 \right)^3 \left(t_j / L_h \right) \right] =$ $= 1,25^3 \cdot 0,07 + 0,85^3 \cdot 0,34 +$ $+ 0,45^3 \cdot 0,32 + 0,15^3 \cdot 0,27$	0,3756
Число зацеплений зуба за один оборот колеса s		1
Продолжительность работы передачи L_h , ч	$L_h = n_{\text{год}} \cdot 365 \cdot 24 k_{\text{сут}} k_{\text{год}} =$ $= 20 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,375 \cdot 0,75$	49275
Эквивалентное число циклов для шестерни N_{HE1}	$N_{HE1} = 60 n_1 L_h s K_{HE} =$ $= 60 \cdot 1430 \cdot 49275 \cdot 1 \cdot 0,3756$	$158,79 \cdot 10^7$

1	2	3
Эквивалентное число циклов для колеса N_{HE2}	$N_{HE2} = 60n_2L_h c \bar{K}_{HE} =$ $= 60 \cdot 476,67 \cdot 49275 \cdot 1 \cdot 0,3756$	$52,93 \cdot 10^7$
N_{H01} / N_{HE1}	$\frac{17 \cdot 10^6}{158,79 \cdot 10^7}$	0,011
N_{H02} / N_{HE2}	$\frac{10 \cdot 10^6}{52,93 \cdot 10^7}$	0,019
Коэффициент долговечности шестерни K_{HL1}	Рис. 11.10	2,5
Коэффициент долговечности колеса K_{HL2}	Рис. 11.10	2,3
Допускаемое контактное напряжение шестерни σ_{HP1} , МПа	$\sigma_{HP1} = \sigma_{H \lim b1} K_{HL} Z_R Z_U K_{xH} / S_H =$ $= 582 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1 / 1,1$	1349
Допускаемое контактное напряжение колеса σ_{HP2} , МПа	$\sigma_{HP2} = \sigma_{H \lim b2} K_{HL} Z_R Z_U K_{xH} / S_H =$ $= 494 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1,02 \cdot 1 / 1,1$	916
Допускаемое контактное напряжение σ_{HP} , МПа	$\sigma_{HP} = 0,5(\sigma_{HP1} + \sigma_{HP2}) =$ $= 0,5(1349 + 916)$	1133
Сопоставление расчетного и допускаемого напряжений	$\sigma_H = 1101 \text{ МПа} < \sigma_{HP} = 1133 \text{ МПа}$	Условие прочности выполнено
Проверочный расчет на изгибную выносливость		
Коэффициент Y_{F1} , учитывающий форму зуба шестерни	Рис. 11.23 [1]	4,2
Коэффициент Y_{F2} , учитывающий форму зуба колеса	Рис. 11.23 [1]	3,65
Коэффициент $K_{F\beta}$, учитывающий распределение нагрузки по ширине зубчатого венца	Рис. 12.2 [1]	1,35
Удельная окружная динамическая сила W_{Fv}	$W_{Fv} = 0,016g_0 v_m \sqrt{\frac{d_{m1} + d_{m2}}{2u}} =$ $= 0,016 \cdot 53 \cdot 6,3324 \times$ $\times \sqrt{\frac{84,1374 + 252,4122}{2 \cdot 3}}$	40,2173

1	2	3
Коэффициент $K_{F\psi}$, учитывающий динамическую нагрузку в зацеплении	$K_{F\psi} = 1 + \frac{w_{F\psi} b_w d_{m1}}{2000 T_{1F} K_{F\beta}} =$ $= 1 + \frac{40,2173 \cdot 47 \cdot 84,1374}{2000 \cdot 767,95 \cdot 1,35}$	1,0767
Удельная расчетная окружная сила W_{Ft}	$W_{Ft} = \frac{2000 T_{1F}}{b_w (1 - 0,5 K_{be}) d_{we1}} K_{F\beta} K_{F\psi} =$ $= \frac{2000 \cdot 767,95}{47(1 - 0,5 \cdot 0,3)99} \cdot 1,35 \cdot 1,0767$	564,4682
Расчетное напряжение изгиба на поверхности зуба шестерни σ_{F1} , МПа	$\sigma_{F1} = Y_{F1} \cos \delta_1 \frac{W_{Ft}}{0,85(1 - 0,5 K_{be}) m} =$ $= 4,2 \cos 18,4349 \frac{564,4682}{0,85(1 - 0,5 \cdot 0,3)11}$	282,99
Расчетное напряжение изгиба на поверхности зуба колеса σ_{F2} , МПа	$\sigma_{F2} = Y_{F2} \cos \delta_1 \frac{W_{Ft}}{0,85(1 - 0,5 K_{be}) m} =$ $= 3,65 \cos 18,4349 \frac{564,4682}{0,85(1 - 0,5 \cdot 0,3)11}$	245,94
Предел выносливости при изгибе, соответствующий базовому числу циклов изменения напряжений шестерни, $\sigma_{F \lim b1}^0$	Табл. 11.8 $\sigma_{F \lim b1}^0 = 1,8 H_{HB1} = 1,8 \cdot 256$	460,8
Предел выносливости при изгибе, соответствующий базовому числу циклов изменения напряжений колеса, $\sigma_{F \lim b2}^0$	Табл. 11.8 $\sigma_{F \lim b2}^0 = 1,8 H_{HB2} = 1,8 \cdot 212$	381,6
Коэффициент безопасности S_F	$S_F = S'_F S''_F = 1,75 \cdot 1$	1,75
Коэффициент Y_S , учитывающий градиент напряжений и чувствительность материала к концентрации напряжений	Рис. 11.26 [1]	0,9
Коэффициент Y_R , учитывающий шероховатость переходной поверхности	С. 283 [1]	1,2

1	2	3
Коэффициент K_{xF} , учитывающий размеры зубчатого колеса	Рис. 11.27 [1]	1
Коэффициент K_{Fg} , учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зубьев	Табл. 11.8 [1]	1,1
Коэффициент K_{Fd} , учитывающий влияние деформационного упрочнения	Табл. 11.8 [1]	1,1
Коэффициент K_{FC} , учитывающий влияние двустороннего приложения нагрузки	С. 281 [1]	1
Базовое число циклов изменения напряжений N_{F0}	С. 282 [1]	$4 \cdot 10^6$
Коэффициент K_{FE} приведения переменного нагружения передачи к эквивалентному постоянному	$K_{FE} = \Sigma \left[\left(T_j / T_1 \right)^3 \left(t_j / L_h \right) \right] =$ $= 1,25^6 \cdot 0,07 + 0,85^6 \cdot 0,34 +$ $+ 0,45^6 \cdot 0,32 + 0,15^6 \cdot 0,27$	0,39
Эквивалентное число циклов для шестерни N_{FE1}	$N_{HE1} = 60n_1L_hcK_{HE} =$ $= 60 \cdot 1430 \cdot 49275 \cdot 1 \cdot 0,39$	$164,49 \cdot 10^7$
Эквивалентное число циклов для колеса N_{FE2}	$N_{HE2} = 60n_2L_hcK_{HE} =$ $= 60 \cdot 476,67 \cdot 49275 \cdot 1 \cdot 0,39$	$54,96 \cdot 10^7$
Коэффициент долговечности шестерни K_{FL1}	$N_{FE1} > N_{F01}$	1
Коэффициент долговечности колеса K_{FL2}	$N_{FE2} > N_{F02}$	1
Допускаемые напряжения изгиба шестерни σ_{FP1} , МПа	$\sigma_{FP1} = \frac{\sigma_F^{limb1}}{S_F} \times$ $\times Y_S Y_R K_{xF} K_{Fg} K_{Fd} K_{FC} K_{FL1} =$ $= \frac{460,8}{1,75} 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1$	344,10

1	2	3
Допускаемые напряжения изгиба колеса σ_{FP2} , МПа	$\sigma_{FP2} = \frac{\sigma_{F \lim b2}^0}{S_F} \times$ $\times Y_S Y_R K_{\alpha F} K_{Fg} K_{Fd} K_{FC} K_{FL2} =$ $= \frac{381,6}{1,75} 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1$	284,96
Сопоставление расчетного и допускаемого напряжений	$\sigma_{F1} = 282,99 \text{ МПа} < \sigma_{FP1} = 344,1 \text{ МПа}$ и $\sigma_{F2} = 245,94 \text{ МПа} < \sigma_{FP2} = 284,96 \text{ МПа}$	Условие прочности выполнено

Вывод: выполнение лабораторной работы позволяет рассчитать на выносливость коническую зубчатую передачу с прямым зубом центрального редуктора ведущего моста троллейбуса модели 201.

Литература

1. Зубчатые передачи : справочник / Е. Г. Гинзбург [и др.]. – Л. : Машиностроение, 1980. – 416 с.

Лабораторная работа № 4

МЕЖКОЛЁСНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЫ. СХЕМЫ, КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ

Цель работы: изучить межколёсные дифференциалы, привести пример расчёта и основные схемы дифференциалов.

Общие сведения

Согласно ГОСТ 18667–88 *дифференциал* – это механизм трансмиссии колёсной машины, распределяющий подводимый к нему крутящий момент между выходными валами и позволяющий им вращаться с неодинаковыми угловыми скоростями.

Требования, предъявляемые ко всем механизмам трансмиссии:

- высокий КПД и минимальный уровень шума;
- малые габаритные размеры и масса;
- надёжность, технологичность, простота обслуживания и др.

Дифференциалы должны распределять крутящий момент между выходными валами в пропорции, обеспечивающей наилучшие эксплуатационные свойства машины, включающие максимальную силу тяги, хорошую устойчивость и управляемость. Для увеличения силы тяги машины необходимо распределять крутящий момент по колёсам пропорционально их сцепным весам и коэффициенту сцепления, что на дорогах с различными коэффициентами сцепления под колесами левого и правого бортов приведёт к разным силам по бортам. Появление момента этих сил относительно вертикальной оси, проходящей через центр масс колесной машины, приводит к возникновению боковых сил, уводу сил, ухудшению устойчивости и управляемости машины.

Неравномерность угловых скоростей ведомых колес компенсируется их независимой посадкой на оси вращения, а ведущих колес – применением межколёсного и межосевого дифференциалов. Привод к колесу представляет механизм с одной степенью свободы. Для колёсных машин с двумя ведущими колесами необходим один дифференциал.

Условие движения колесной машины предопределяют неравные угловые скорости её колес по причине неодинаковых путей, прохо-

димых колесами, из-за разной кривизны колес как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях, разного размера радиусов качения, по причине допусков, износа, давления, неравного распределения нагрузки.

На рис. 4.1 представлен конический дифференциал.

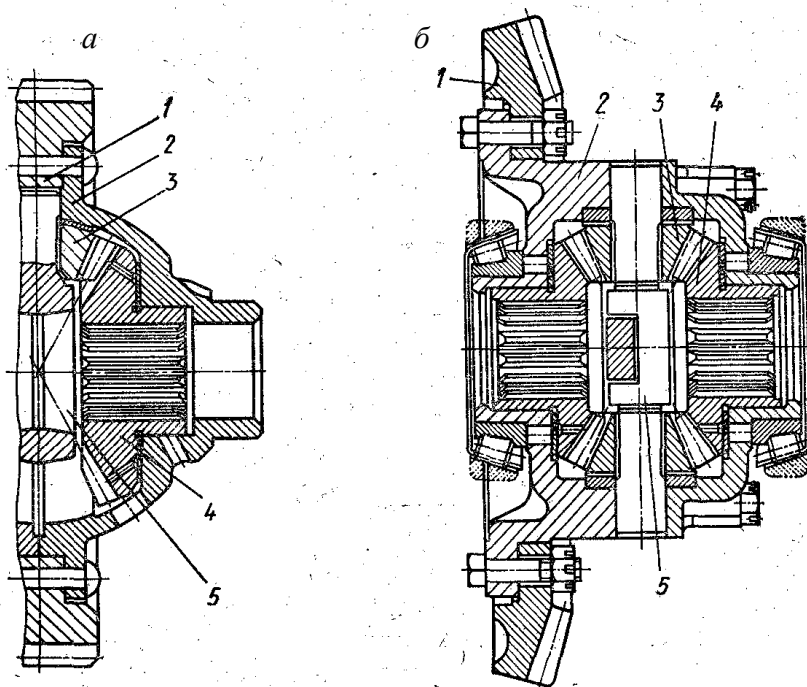


Рис. 4.1. Конический дифференциал:

а – со сферическими опорами сателлита; *б* – с плоскими опорами сателлита;
 1 – зубчатое колесо главной передачи; 2 – корпус; 3 – сателлит; 4 – полуосевое
 зубчатое колесо; 5 – крестовина

При дифференциальном приводе с числом степеней свободы, равным числу ведущих колес, не существует определенной зависимости между угловой скоростью отдельных колес, а также угловой скоростью любого колеса и угловой скоростью двигателя. Строгая зависимость существует только между числом оборотов корпуса дифференциала и суммой угловых скоростей всех ведущих колес:

$$\sum_{i=1}^n q_i (\omega'_i + \omega''_i) = q_0 \omega_0,$$

где q_i и q_0 – постоянные коэффициенты, определяющие передаточное число привода;

ω'_i и ω''_i – угловая скорость забегающего и отстающего колес i -го моста;

n – число ведущих мостов;

ω_0 – угловая скорость корпуса дифференциала.

Если дифференциал симметричен и шины – одной модели, то соблюдается условие

$$\sum_{i=1}^n q_i (\omega'_i + \omega''_i) = 2\omega_0 \frac{n}{u},$$

где u – передаточное число от ТЭД до колёс.

Дифференциалы подразделяются :

- на межколёсные, межосевые и межбортовые;
- конические и цилиндрические;
- по кинематическому передаточному числу: на симметричные и несимметричные;
- самоблокирующие дифференциалы.

Дифференциалы, распределяющие крутящий момент между валами поровну, называются симметричными, а дифференциалы, распределяющие крутящий момент между валами не поровну – несимметричными. В последнем случае отношение крутящего момента определяется передаточным числом дифференциала.

Наибольшее применение получили межколёсные симметричные дифференциалы с коническими прямозубыми колесами и малым возможным трением, поэтому в колесных машинах применяются симметричные дифференциалы (рис. 4.2), которые кроме конических также могут быть цилиндрическими.

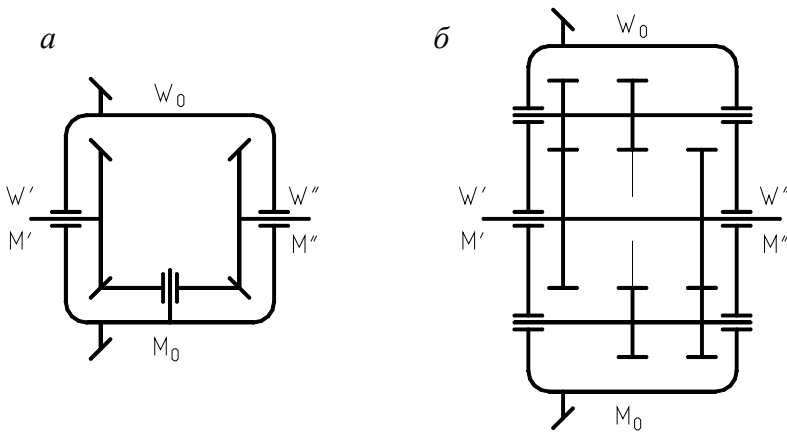


Рис. 4.2. Схемы симметричных дифференциалов:
а – конического; *б* – цилиндрического

Применение симметричных дифференциалов объясняется тем, что нормальные нагрузки двух колес ведущего моста равны между собой.

Несимметричные дифференциалы (рис. 4.3) применяются в межосевом приводе.

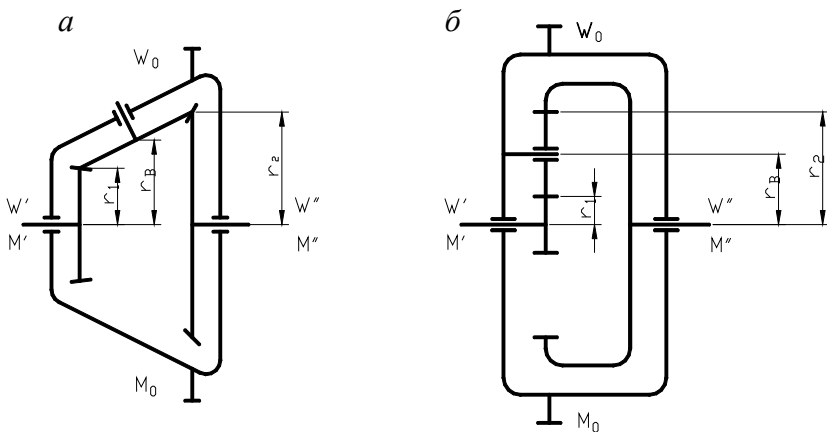


Рис. 4.3. Схемы несимметричных дифференциалов:
а – конического; *б* – цилиндрического

В несимметричных дифференциалах отношение чисел зубьев эпициклического колеса u солнечной шестерни называется внутренним передаточным числом u_d трехзвённого дифференциального механизма.

При $u_d = 1$ для симметричного дифференциала ($M_1 = M_2$)

$$\omega_0 = 0,5(\omega' + \omega'').$$

В симметричном дифференциале с коническими или цилиндрическими зубчатыми колесами крутящий момент распределяется поровну, поэтому если одно колесо буксует, то второе останавливается. Если сцепные качества одного низкие ($\varphi_{\min} = 0,1$), а другого высокие ($\varphi = 0,8$), то на дифференциальном приводе сила тяги максимальна:

$$F_{K \max} = G_{\text{сц}} \varphi_{\min} = 0,1 G_{\text{сц}};$$

$$\varphi = \frac{P_{K \max}}{G_{\text{сц}}},$$

где $P_{K \max}$ – максимальная сила тяги, равная $F_{K \max}$;

$G_{\text{сц}}$ – сцепной вес машины на мост.

$$\varphi_{\text{сц}} = \mu + f_n + \chi,$$

где μ – коэффициент трения;

f_n – коэффициент сопротивления качению;

χ – коэффициент, характеризующий сцепные качества дороги и профиля шины.

Если заблокировать полуоси для того, чтобы ведущие колеса работали совместно, максимальная сила тяги $F_{K \max}$ увеличится за счет использования силы тяги сцепления другого колеса, имеющего более высокий φ_{\max} , т. е. при заблокированном приводе:

$$F_{K \max} = 0,5G_{\text{ц}}\varphi_{\min} + 0,5G_{\text{ц}}\varphi_{\max} = 0,45G_{\text{ц}}.$$

Максимальная сила тяги увеличивается в 4,5 раза.

Наиболее простые блокировки осуществляют с помощью зубчатой или штифтовой муфты, для использования в необходимых условиях, а затем муфты рекомендуется отключать.

Самоблокирующиеся дифференциалы имеют повышенное внутреннее трение. При применении таких дифференциалов моменты на валах привода ведущих колес или полуосей при их относительном вращении неодинаковы, их соотношение зависит от момента внутреннего трения механизма. КПД дифференциала при относительном вращении полуосей

$$\eta_{\text{д}} = \frac{M'}{M''}.$$

Относительное вращение полуосей возникает при повороте машины. В этом случае M' (момент на наружной полуоси) – меньший, M'' (момент на внутренней полуоси) – больший. Величину, обратную $\eta_{\text{д}}$, называют коэффициентом блокировки дифференциала:

$$K_{\text{б}} = \frac{1}{\eta_{\text{д}}} = \frac{M''}{M'}.$$

Чем ниже КПД дифференциала, тем выше коэффициент блокировки. Дифференциал с повышенным внутренним трением при заклинивании или пробуксовке одного колеса вызывает повышение тягового усилия на другом колесе в $K_{\text{б}}$ раз. При проектировании не

следует выбирать коэффициент блокировки $K_{\text{б}} = \frac{\varphi_{\max}}{\varphi_{\min}}$ более 8,

т. е. $K_{\text{б}} \leq 8$.

Практика показала, что для 80 % случаев достаточно иметь $K_{\text{б}} = 3$, для 92 % – $K_{\text{б}} = 4$.

Разработана схема определения вероятности использования сцепления колес с опорной поверхностью (рис. 4.4). В данной схеме

φ' – коэффициент сцепления левого колеса, φ'' – коэффициент сцепления правого колеса. φ' и φ'' изменяются от 0,1 (лед) до 0,8 (сухой асфальт).

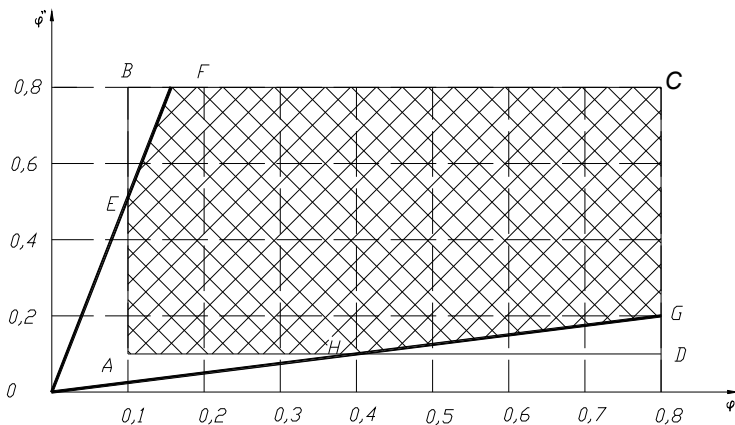


Рис. 4.4. Схема определения вероятности использования сцепления колёс с опорной поверхностью

Область $ABCD$ возможных дорожных условий ограничена прямыми $\varphi' = 0,1$ и $\varphi' = 0,8$, $\varphi'' = 0,1$ и $\varphi'' = 0,8$. С уменьшением коэффициента блокировки область возможности использования полного сцепления уменьшается. Прямые OF и OG ограничивают область блокировки.

Вероятность полного использования сцепления – отношение площадей:

$$\frac{AEFCGH}{ABCD}.$$

Площади EFB и HGD полностью использовать невозможно.

Отношение числа зубьев полуосевого зубчатого колеса Z_2 к числу зубьев сателлита Z_1 для большинства четырехсателлитных дифференциалов составляет отношение

$$\frac{22}{11}; \frac{20}{11}; \frac{18}{11}; \frac{16}{11}; \frac{15}{9}; \frac{26}{14}; \frac{32}{14}.$$

Могут быть использованы другие числа при соблюдении условий собираемости

$$\gamma = \frac{2Z_2}{n_c} - \text{целое число,}$$

где n_c – число сателлитов.

Желательно, чтобы Z_2 не было кратным n_c . В этом случае колебаний суммарных осевых сил не будет.

Внешний модуль m_e определяется из условия прочности:

$$m_e = \frac{8,0 \dots 10,0}{Z_1} \sqrt[3]{\frac{M_0}{n_c u^2}},$$

где Z_1 – число зубьев сателлита;

M_0 – расчетный момент по сцеплению колеса с дорогой на корпусе дифференциала;

$$u = \frac{Z_2}{Z_1} - \text{передаточное отношение.}$$

Ширина зубчатого венца

$$b = (0,25 \dots 0,3) R_e,$$

$$\text{где } R_e = 0,5 m_e \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}.$$

Параметры исходного контура – по ГОСТ 13754–81.

Коэффициенты смещения равны по модулю, но имеют разные знаки: для сателлита – знак «+», для полуосевой шестерни – знак «-».

При исходном контуре по ГОСТ 13754–81 принимаются:

$$h_a^* = 0,8;$$

$$\alpha = 20^{\circ} 30' ;$$

$$\chi = 0,37 \left(1 - \frac{1}{u^2} \right).$$

Эти формулы не применимы к зубчатым колесам, нарезаемым методом кругового протягивания.

Для зубчатых колёс с исходным контуром по ГОСТ 13755–82 коэффициенты смещения $\chi_1 = \chi_2 = 0$, $h_a^* = 0,8$, $\alpha = 20^{\circ} 30'$. Для колес, нарезаемых методом кругового протягивания, принимают следующие значения:

u	1,5	1,75	2	2,25	2,5
χ	0,058	0,063	0,063	0,05	0,057

При применении межколёсного дифференциала с блокировкой с помощью фрикционной муфты размеры последней определяются схемой блокировки. Если фрикционная муфта блокирует полуоси дифференциала, то момент на муфте

$$M_M = (0,17 \dots 0,19) \varphi G r_k / (u_k \eta),$$

где φ – коэффициент сцепления;

G – нагрузка на переднюю ось;

r_k – радиус колеса, м;

u_k – передаточное число конечной передачи;

η – КПД конечной передачи.

Если фрикционная муфта блокирует полуось с корпусом дифференциала, то

$$M_M = (0,34 \dots 0,38) \varphi G r_k / (u_k \eta).$$

По условиям компоновки выбирают размеры дисков трения, а по допустимой удельной нагрузке – силы сжатия дисков и число пар трения.

При выборе допустимого давления на диске учитывается то, что при буксовании дисков скорость скольжения дисков различна для правого и левого колес.

Наибольший передаваемый муфтой момент самоблокирующего дифференциала с двумя одинаковыми муфтами трения определяется по формуле

$$M_M = \frac{(K_{\bar{6}} - 1)\varphi G r_k}{2K_{\bar{6}} u_k \eta},$$

где $K_{\bar{6}}$ – коэффициент блокировки: $K_{\bar{6}} = 3-4$.

Для расчета полуосевой шестерни и сателлитов выбирается наибольший момент по сцеплению колес с дорогой:

$$M_{\varphi} = \varphi \frac{G_k r_k}{u_k \eta},$$

где φ – коэффициент сцепления;

G_k – нагрузка на колесо (шину);

η – КПД бортовой передачи.

Момент, действующий на сателлит:

$$M_c = \frac{M_{\varphi}}{2n},$$

где n – число сателлитов.

Крестовина сателлита рассчитывается на срез от окружной силы

$$P_{кр} = \frac{M_{\varphi}}{n r_{кр}},$$

где $r_{кр}$ – средний радиус действия окружной силы на крестовину.

$[\tau] \leq 120$ МПа по шипу крестовины.

Вывод: выполнение лабораторной работы позволяет изучить межколесные дифференциалы, провести расчет и составить основные схемы дифференциалов.

Лабораторная работа № 5

НАГРУЗОЧНЫЕ РЕЖИМЫ ТРАНСМИССИИ

Цель работы: изучить работу подвижного состава с различными расчётными нагрузками, оформить графические зависимости параметров, влияющих на тягово-скоростные характеристики ПС.

Общие сведения

Требуемую мощность тягового двигателя подвижного состава определяют из уравнения тягового баланса транспортного средства, имеющего максимальную (номинальную) массу, учитывая, что при установившемся движении с максимальной скоростью его ускорение равно нулю.

При определении величины силы сопротивления воздуха коэффициент сопротивления воздуха k_v и площадь лобового сопротивления выбирают, исходя из предварительной эскизной компоновки трамвая (троллейбуса) или по аналогии с существующими трамваями (троллейбусами).

Для расчёта требуемой мощности тягового двигателя примем следующие значения величин:

– максимальная скорость движения:

$v_{\max} = 62,5$ км/ч – для трамвая;

$v_{\max} = 60$ км/ч – для троллейбуса;

$v_{\max} = 55$ км/ч – для сочленённого троллейбуса;

– коэффициент полезного действия трансмиссии $\eta_{\text{тр}} = 0,88$;

– ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с² ;

– полная масса при максимальной вместимости (10 чел/м²): для трамвая масса берётся в тоннах, для троллейбуса – в килограммах;

– удельное сопротивление движению $w_0 = 0,7-1,5$ Н/кН (для трамвая);

– уклон $i = 30-40$ ‰ (для трамвая);

– коэффициент дорожного сопротивления $\psi = 0,04$ (для троллейбуса);

– коэффициент сопротивления воздуха $k_B = 0,4$.

Площадь лобового сопротивления A_B берется по эскизной компоновке.

КПД трансмиссии можно найти, перемножив КПД составляющих привода (карданной передачи, зубчатых передач и подшипников).

Требуемая мощность тягового электродвигателя [1], [2]:
для трамвая

$$P = \frac{v_{\max}}{3600\eta_{\text{тр}}z_{\text{дв}}} \left(gm(w_0 + i) + \frac{k_B A_B v_{\max}^2}{3,6^2} \right);$$

для троллейбуса

$$P = \frac{v_{\max}}{3600\eta_{\text{тр}}z_{\text{дв}}} \left(gm\psi_d + \frac{k_B A_B v_{\max}^2}{3,6^2} \right).$$

Возьмём четырёхосный трамвай (аналог АКСМ-60102) со снаряжённой массой 20,5 т и полной массой 36,5 т. Площадь лобового сопротивления $A \approx 7,75 \text{ м}^2$.

Требуемая мощность P тягового электродвигателя трамвая:

$$\begin{aligned} P &= \frac{v_{\max}}{3600\eta_{\text{тр}}z_{\text{дв}}} \left(gm(w_0 + i) + \frac{k_B A_B v_{\max}^2}{3,6^2} \right) = \\ &= \frac{62,5}{3600 \cdot 0,88 \cdot 4} \left(9,81 \cdot 36,5 \cdot (1 + 30) + \frac{0,4 \cdot 7,75 \cdot 3906,25}{12,96} \right) = \\ &= 59,4 \rightarrow 60 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

где $z_{\text{дв}}$ – число двигателей: $z_{\text{дв}} = 4$.

Далее по каталогу следует подобрать двигатель (двигатели).

Данные для двигателя ДК-261А:

- возбуждение – последовательное;
- мощность номинальная $P_H = 60 \text{ кВт}$;
- номинальное напряжение $U_H = 275 \text{ В}$;
- частота вращения:

- номинальная $n_n = 1460$ об/мин;
- максимальная $n_{\max} = 4050$ об/мин;
- КПД $\eta_n = 0,87$;
- сопротивление обмотки якоря $R_{\text{оя}} = 0,0361$ Ом;
- сопротивление последовательной обмотки возбуждения $R_{\text{овс}} = 0,033$ Ом;
- сопротивление обмотки добавочных полюсов $R_{\text{одп}} = 0,014$ Ом.

Сопротивление обмоток двигателя

$$R_{\text{ян}} = R_{\text{оя}} + R_{\text{овс}} + R_{\text{одп}} = 0,0361 + 0,033 + 0,014 = 0,0831 \text{ Ом} .$$

Исходя из номинальных значений напряжений, силы тока и мощности, рассчитаем значение КПД в номинальном режиме работы:

$$\eta_n = \frac{P_n}{I_{\text{ян}} U_{\text{ян}}} = \frac{60000}{275 \cdot 250} = 0,87 ,$$

где P_n – номинальная мощность тягового электродвигателя, кВт;

$I_{\text{ян}}$ – номинальный ток якоря, А;

$U_{\text{ян}}$ – номинальное напряжение, В.

Уравнение электромеханической характеристики двигателя для номинального режима работы

$$\omega_n = \frac{U_{\text{ян}} - R_{\text{ян}} I_{\text{ян}}}{c\Phi_n} = \frac{275 - 0,0831 \cdot 250}{1,66} = 153,1 \text{ рад/с} ,$$

где ω_n – номинальная частота вращения двигателя, рад/с ;

ω_n можно найти, зная номинальную частоту вращения двигателя n_n , об/мин :

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1460}{30} = 152,8 \text{ рад/с} .$$

Далее из уравнения электромеханической характеристики двигателя определим произведение магнитного потока в номинальном режиме работы Φ_{H} на конструктивную постоянную c двигателя:

$$c\Phi_{\text{H}} = \frac{U_{\text{ян}} - R_{\text{ян}}I_{\text{ян}}}{\omega_{\text{H}}} = \frac{30(U_{\text{ян}} - R_{\text{ян}}I_{\text{ян}})}{\pi n_{\text{H}}} =$$

$$= \frac{275 - 0,0831 \cdot 250}{153} = 1,66 \text{ В} \cdot \text{с}.$$

Для построения электромагнитной характеристики необходимо учесть, что с изменением силы тока изменяется и магнитный поток, причём для двигателей постоянного тока последовательного возбуждения эта зависимость получена экспериментальным путём. Представим силу тока в виде

$$I = I_{\text{H}}i_{\text{o,e}},$$

а произведение конструктивной постоянной на магнитный поток — в виде

$$c\Phi = c\Phi_{\text{H}}\varphi_{\text{o,e}}.$$

Коэффициент $i_{\text{o,e}}$ показывает, во сколько раз сила тока отличается от номинальной силы тока, коэффициент $\varphi_{\text{o,e}}$ показывает, во сколько раз $c\Phi$ отличается от $c\Phi_{\text{H}}$. Коэффициенты

$$i_{\text{o,e}} = I/I_{\text{H}}$$

и

$$\varphi_{\text{o,e}} = c\Phi/c\Phi_{\text{H}}$$

найдем по графику универсальных зависимостей для двигателей постоянного тока последовательного возбуждения [3]. Тогда уравнение электромеханической характеристики запишется в виде

$$\omega = \frac{U_{\text{ян}} - R_{\text{я}} I_{\text{ян}} i_{\text{о.е}}}{c\Phi_{\text{н}} \varphi_{\text{о.е}}}$$

Значения коэффициентов $i_{\text{о.е}}$ и $\varphi_{\text{о.е}}$ поместим в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные для построения характеристик тягового электродвигателя

$i_{\text{о.е}}$	$\varphi_{\text{о.е}}$	I, A	$c\Phi, \text{В}\cdot\text{с}$	ω	$\mu_{\text{о.е}}$	$M, \text{Н}\cdot\text{м}$
0,08	0,2	20	0,332	765,7	0,016	6,7
0,16	0,4	40	0,664	382,9	0,064	26,9
0,32	0,6	80	0,996	255,2	0,192	80,6
0,4	0,7	100	1,162	218,8	0,28	117,6
0,52	0,8	130	1,328	191,4	0,416	174,7
0,6	0,88	150	1,4608	174,0	0,528	221,8
0,8	0,92	200	1,5272	166,5	0,736	309,1
1	1	250	1,66	153,1	1	420,0
1,2	1,08	300	1,7928	141,8	1,296	544,3
1,4	1,1	350	1,826	139,2	1,54	646,8
1,6	1,12	400	1,8592	136,7	1,792	752,6
1,8	1,16	450	1,9256	132,0	2,088	877,0
2	1,19	500	1,9754	128,7	2,38	999,6
2,2	1,2	550	1,992	127,6	2,64	1108,8
2,6	1,24	650	2,0584	123,5	3,224	1354,1
2,8	1,265	700	2,0999	121,1	3,542	1487,6
3,2	1,28	800	2,1248	119,6	4,096	1720,3

Естественную механическую характеристику можно представить зависимостью

$$\omega = \frac{U_{\text{ян}}}{C\Phi_{\text{вн}}(I_{\text{я}})} - \frac{R_{\text{я}}M}{C\Phi_{\text{вн}}(I_{\text{я}})^2}.$$

Номинальный момент тягового электродвигателя

$$M_{\text{н}} = \frac{U_{\text{ян}}c\Phi_{\text{вн}} - \omega_{\text{н}}(c\Phi_{\text{вн}})^2}{R_{\text{я}}} = \frac{275 \cdot 1,66 - 153 \cdot 1,66^2}{0,0831} = 420 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для построения естественной механической характеристики тягового электродвигателя момент представим в виде

$$M = M_{\text{н}}\mu_{\text{о.е}},$$

где $\mu_{\text{о.е}}$ показывает, во сколько раз M отличается от $M_{\text{н}}$:

$$\mu_{\text{о.е}} = M/M_{\text{н}}.$$

Значения коэффициента $\mu_{\text{о.е}}$ дадим в табл. 5.1:

$$\mu_{\text{о.е}} = i_{\text{о.е}}\varphi_{\text{о.е}}.$$

Произведём расчёт ω и M запишем и приведём полученные значения в табл. 5.1. Значения $i_{\text{о.е}}$ и $\varphi_{\text{о.е}}$ допускается брать такими же, как и в табл. 5.1 при отсутствии необходимой литературы, а также количество точек для расчёта можно взять меньшее, чем в табл. 5.1.

По данным табл. 5.1 строятся график естественной электромеханической характеристики $\omega = f(I)$ (рис. 5.1) двигателя, график естественной механической характеристики $\omega = f(M)$ (рис. 5.2) и график зависимости момента от силы тока $M = f(I)$ (рис. 5.3).

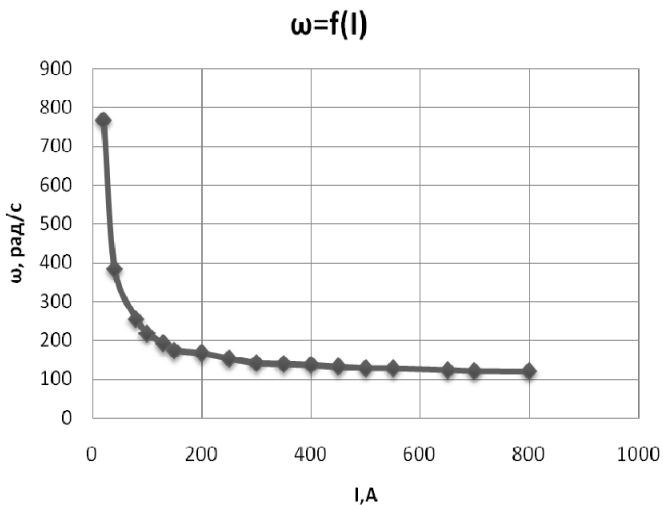


Рис. 5.1. Электромеханическая характеристика тягового электродвигателя

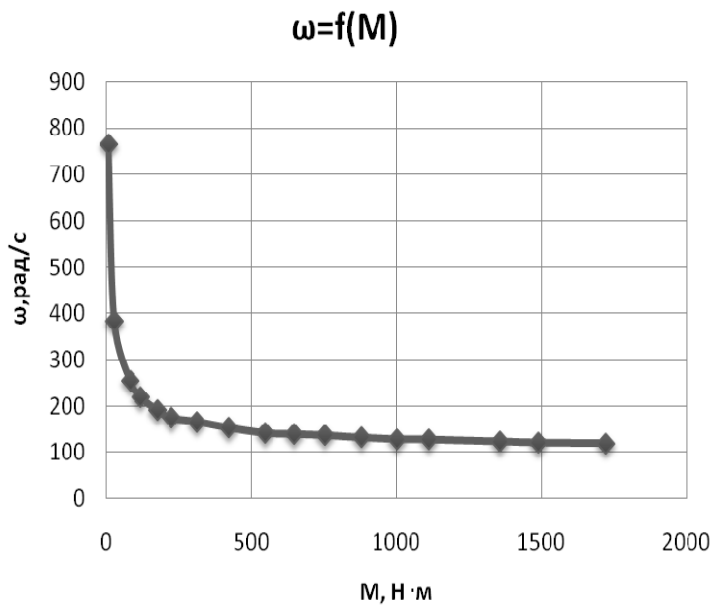


Рис. 5.2. Механическая характеристика тягового электродвигателя

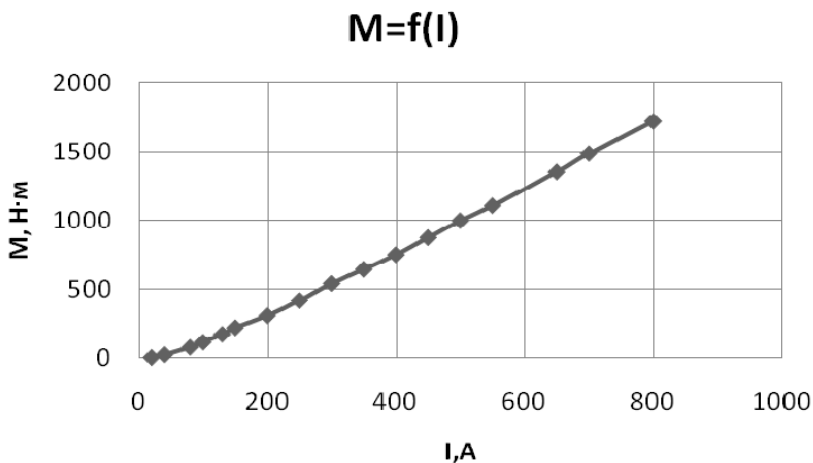


Рис. 5.3. Зависимость момента от тока

Радиус качения r_k ведущего колеса транспортного средства найдём по формуле

$$r_k = r_{ст} (1 - \delta) = 0,355 \cdot (1 - 0,03) = 0,34435,$$

где $r_{ст}$ – статический радиус транспортного средства, м;

δ – буксование:

$\delta = 2-3 \%$ – для трамвая,

$\delta = 3-5 \%$ – для троллейбуса.

Для троллейбуса статический радиус колеса

$$r_{ст} = r_0 - h_{ш},$$

где r_0 – расчётный радиус колеса (без учёта деформации);

$h_{ш}$ – величина деформации шины.

Величину деформации шины можно рассчитать по формуле Хейдекеля:

$$h_{\text{ш}} = \frac{G_{\text{к}}}{2\pi p_{\text{W}} \sqrt{r_{\text{с}} r_{\text{сеч}}}},$$

где $G_{\text{к}}$ – нагрузка на колесо (именно на колесо, а не на мост);

p_{W} – давление воздуха в шине;

$r_{\text{с}}$ – свободный радиус колеса;

$r_{\text{сеч}}$ – радиус сечения колеса.

Для трамвая $r_{\text{ст}} = r_0$.

Передаточное число трансмиссии

$$u_{\text{тр}} = \frac{0,377 r_{\text{к}} n_{\text{max}}}{v_{\text{max}}} = \frac{0,377 \cdot 0,34435 \cdot 4050}{62,5} = 8,4,$$

где n_{max} – максимальная частота вращения якоря двигателя, об/мин;

v_{max} – максимальная скорость движения транспортного средства, км/ч.

Сила тяги на ведущем колесе

$$F_{\text{к}} = \frac{M_{\text{дв}} u_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}}}{r_{\text{ст}}} = \frac{420 \cdot 8,4 \cdot 0,88}{0,34435} = 9016 \text{ Н.}$$

Расчёт силы тяги и других величин показан для одной точки, которой соответствует номинальное значение вращающего момента на тяговом электродвигателе. Для всех остальных точек результаты расчёта приведены в табл. 5.2, исходные данные для расчёта берутся из табл. 5.1.

Суммарная касательная сила тяги транспортного средства

$$F_{\text{к}\Sigma} = F_{\text{к}} z_{\text{дв}} = 9016 \cdot 4 = 36064 \text{ Н.}$$

Таблица 5.2

Расчёт тяговых характеристик вагона

F_k , кН	P_k , кВт	$F_{k\Sigma}$, кН	$v_{м/с}$, м/с	$v_{км/ч}$, км/ч	F_B , Н	$F_{f\Sigma}$, кН	D
0,144	4,528	0,577	31,391	113,007	3054,67	39,555	–
0,577	9,057	2,308	15,695	56,503	763,67	37,264	0,0043
1,731	18,113	6,924	10,464	37,669	339,41	36,839	0,0184
2,525	22,641	10,098	8,969	32,288	249,36	36,749	0,0275
3,751	29,434	15,003	7,848	28,252	190,92	36,691	0,0414
4,760	33,962	19,042	7,134	25,683	157,78	36,658	0,0527
6,636	45,283	26,543	6,824	24,567	144,36	36,644	0,0737
9,016	56,603	36,064	6,278	22,601	122,19	36,622	0,1004
11,685	67,924	46,739	5,813	20,927	104,76	36,605	0,1302
13,885	79,245	55,538	5,707	20,547	100,98	36,601	0,1548
16,157	90,565	64,626	5,605	20,180	97,41	36,597	0,1802
18,825	101,886	75,301	5,412	19,484	90,80	36,591	0,2100
21,458	113,207	85,832	5,276	18,993	86,28	36,586	0,2395
23,802	124,527	95,208	5,232	18,834	84,85	36,585	0,2657
29,067	147,169	116,27	5,063	18,227	79,47	36,579	0,3245
31,935	158,489	127,738	4,963	17,867	76,36	36,576	0,3565
36,929	181,134	147,717	4,905	17,657	74,58	36,575	0,4123

Рассчитаем мощность, подводимую к ведущим колёсам одним двигателем:

$$P_k = F_k \omega_k r_{ст} = \frac{M_{дв} u_{тр} \eta_{тр} \omega_k r_{ст}}{r_{ст}} = M_{дв} u_{тр} \eta_{тр} \omega_k =$$

$$= M_{дв} \eta_{тр} \omega_{дв} = 420 \cdot 0,88 \cdot 153 = 56,55 \text{ кВт}.$$

Результаты расчёта касательной силы тяги F_k на ведущих колёсах, силы сопротивления движению $F_{f\Sigma}$ также приведены в табл. 5.2.

Коэффициент сопротивления качению (для троллейбуса) принимают равным коэффициенту сопротивления качению для асфальтобетонного покрытия в хорошем состоянии: $f = 0,015$.

Нормальная реакция опорной поверхности:

$$F_n = fmg \cos \alpha \quad (\text{для троллейбуса, масса, кг}),$$

$$F_n = w_0 mg \cos \alpha \quad (\text{для трамвая, масса, т}).$$

Сила сопротивления при движении на подъём

$$F_\tau = mg \sin \alpha, \text{ Н},$$

где α – угол уклона в градусах: $\alpha = 0$.

Сила сопротивления дороги F_{fd} определяется суммой сил сопротивления качению F_n и сопротивления подъёму F_τ :

$$F_{fd} = (f \cos \alpha + \sin \alpha) mg = (0,1 \cdot 1 + 0) \cdot 36,5 \cdot 9,81 = 36,5 \text{ кН}.$$

Силу сопротивления движению $F_{f\Sigma}$ определим суммой сил сопротивления дороги и сопротивления воздуха:

$$F_{f\Sigma} = F_{fd} + F_B = 36,5 \cdot 10^3 + 934 = 37,434 \text{ кН}.$$

Сила сопротивления воздуха

$$F_B = \frac{k_B A_B v_{\max}^2}{3,6^2} = \frac{0,4 \cdot 7,75 \cdot 3906,25}{12,96} = 934 \text{ Н}.$$

Рассчитаем динамический фактор D :

$$D = \frac{F_{k\Sigma} - F_B}{m_{\max} g} = \frac{9016 \cdot 4 - 934}{36500 \cdot 9,81} = 0,098.$$

Результаты расчёта D приводим в табл. 5.2.

Рассчитаем скорость движения транспортного средства без учёта буксования

$$v_{\text{м/с}} = \frac{\omega r_{\text{к}}}{u_{\text{тр}}} = \frac{153 \cdot 0,34435}{8,4} = 6,27 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{км/ч}} = v_{\text{м/с}} \cdot 3,6 = 6,27 \cdot 3,6 = 22,58 \text{ км/ч}.$$

Результаты расчёта приведём в табл. 5.2.

Максимально возможная сила тяги по сцеплению

$$F_{\text{кф}} = \varphi G_{\text{сц}},$$

где $G_{\text{сц}}$ – сцепной вес (вес транспортного средства, приходящийся на ведущие мосты или на ведущие оси), Н;

φ – коэффициент сцепления колёс с опорной поверхностью (максимальные значения: $\varphi = 0,7$ – для троллейбуса, $\varphi = 0,25-0,35$ – для трамвая).

В данном случае у трамвая ведущими являются все четыре оси, поэтому сцепной вес равен весу трамвая. Тогда максимально возможная сила тяги по сцеплению

$$F_{\text{кф}} = 0,35 \cdot 36500 \cdot 9,81 = 143226 \text{ Н} \cdot \text{м} = 143,226 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Максимально возможный динамический фактор по сцеплению

$$D_{\varphi} = \frac{F_{\text{кф}}}{m_{\text{max}} g} = \frac{143226}{36500 \cdot 9,81} = 0,35.$$

Для полноприводного ПС

$$D_{\varphi} = \frac{F_{\text{кф}}}{m_{\text{max}} g} = \frac{m_{\text{max}} g \varphi}{m_{\text{max}} g} = \varphi.$$

По результатам расчета, приведённым в табл. 5.2, строится график зависимости динамического фактора от скорости $D = f(v_{\text{км/ч}})$ (рис. 5.4). График ограничен максимальной скоростью транспортного средства (в данном случае рассматривается при естественной характеристике двигателя) и меньшей из двух величин: $F_{\text{кф}}$ и $F_{\text{к}\Sigma}$. В данном случае $F_{\text{кф}} < F_{\text{к}\Sigma}$, поэтому график ограничен значением D_{ϕ} . Значит, значений касательной силы тяги и динамического фактора, приведенных в последней строке табл. 5.2, достичь невозможно, поэтому в таблице они зачёркнуты. Значение скорости, приведенное в табл. 5.1, превышает допустимое (а также динамический фактор принимает слишком малые значения), поэтому после построения графика зависимости динамического фактора от скорости его ограничивают прямыми, соответствующими $D_{\phi} = 0,3$, и значением допустимой скорости $v_{\text{max}} = 62,5$ км/ч.

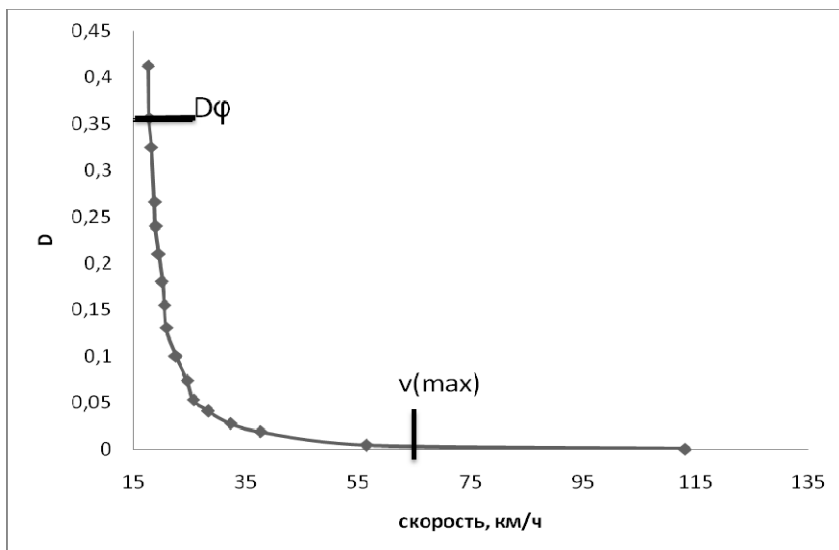


Рис. 5.4. График зависимости динамического фактора от скорости

Вывод: выполненная работа позволяет изучить нагрузочные режимы подвижного состава с различными расчётными нагрузками и построить графические зависимости параметров, влияющих на тягово-скоростные характеристики изделий.

Литература

1. Богдан, Н. В. Троллейбус. Теория, конструирование, расчёт / Н. В. Богдан, Ю. Е. Атаманов, А. И. Сафонов. – Минск : Ураджай, 1999.
2. Теория подвижного состава : методические указания и задания к лабораторным работам для студентов специальности 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» / сост.: Ю. Е. Атаманов, К. И. Мазаник. – Минск : БНТУ, 2005.
3. Основы автоматизированного электропривода / сост.: М. Г. Чиликин [и др.]. – М., 1973.

Лабораторная работа № 6

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И МИКРОКЛИМАТА САЛОНА И КАБИНЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Цель работы: изучить расчет параметров воздушной среды и микроклимата салона и кабины подвижного состава ГЭТ.

Общие сведения

Воздушная среда

Воздушная среда пассажирского помещения засоряется пылью, испарениями красок от материалов и проникающими в салон через щели отработавшими газами и продуктами сгорания. Условно принимается, что один пассажир выделяет: углекислоты 20–23 л/ч, тепла 110–120 ккал/ч, влаги 40–280 г/ч.

Количество пыли и вредных веществ, вносимых в изделие, не может быть нормировано. В средних условиях запыленность воздуха:

крупных городов 0,8–1,6 мг/м³;

индустриальных городов 1,6–3,0 мг/м³.

Для нетоксичной пыли, содержащей частицы кварца, допустимая концентрация 2 мг/м³, для других видов пыли 10 мг/м³.

Пассажир транспортного средства начинает ощущать присутствие пыли при запылении 10 мг/м³.

Запыленность воздуха салона 6–10 мг/м³ может быть признана предельно допустимой.

Углекислый газ СО₂ нетоксичен, но при содержании в воздухе 2,25 % СО₂ соответствующее уменьшение в воздухе кислорода приводит к депрессии и болезненному состоянию.

По рекомендациям европейских исследований ПДК вредных веществ в воздушной среде любого места внутри пассажирского салона не должна превышать:

окись углерода – 1 мг/л;

двуокись – 0,4 мг/л;

паров бензина – 0,1 мг/л;

паров серы – 0,001 мг/л;

минеральной пыли – 0,0005 мг/л.

Основное средство борьбы с пылью – это изоляция ТЭД, агрегатов шасси от пассажирского помещения; приспособленность пола и салона для удаления пыли; вентиляция кузова, обеспечивающая повышение давления воздуха.

Микроклимат

Микроклимат пассажирского салона характеризуется температурой, влажностью воздуха и скоростью воздушных потоков.

К характерным температурам относятся: температура воздуха в салоне, разность температур на уровне ног и головы пассажира, разность температур окружающего воздуха и внутри салона летом и зимой и изменение температуры в салоне по времени.

Эффективной температурой называется температура неподвижного воздуха при 100 % относительной влажности, которая оказывает такое же воздействие на человека, как и температура при относительной влажности неподвижного воздуха, не равной 100 %.

Относительной влажностью воздуха ϕ_v называется отношение парциального давления водяного пара к давлению насыщенного пара при той же температуре. В обычных условиях воздух считается сухим при $\phi_v \leq 30$ %, нормально влажным – при $\phi_v = 50$ – 60 %, влажным – при $\phi_v \geq 80$ – 90 %. Нормальная влажность воздуха для большинства людей 30–70 %.

Понятие эквивалентно-эффективной температуры кроме температуры и влажности воздуха учитывает также и скорость движения воздуха. По результатам исследований приводится следующая зависимость между температурой воздуха в жилых и общественных помещениях и температуры наружного воздуха в летнее время при $\phi_v = 35$ %– 70 %:

наружной	10	20	25	30	35
в помещении	20	21	22	25	27.

В зимнее время при $\phi_v = 40$ – 70 % рекомендуемая температура в помещении 19–21 °С.

По европейским требованиям при температуре окружающего воздуха –25 °С средняя температура в салоне на уровне 1 м от пола при закрытых дверях должна быть равна +14...+18 °С.

Для средней климатической зоны СНГ рекомендуемый перепад температур снаружи и внутри салона – около 50 °С, что при температуре воздуха –35 °С соответствует европейским требованиям.

Скорость движения воздуха в пассажирском салоне в летнее время – не более 0,5 м/с, в зимнее – не более 0,2 м/с.

Разность температур наружного и внутреннего воздуха различна для зимы и лета. Европейские требования рекомендуют следующую зависимость температуры в пассажирском помещении t_k от наружной температуры t_n для летних условий (рис. 6.1), замеряемых на расстоянии 1 м от уровня пола:

$$t_k = 20 + \frac{t_n - 20}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

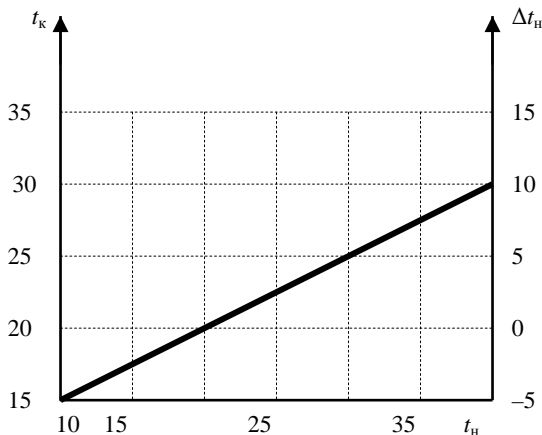


Рис. 6.1. Перепад температур t_n и t_k наружного воздуха и пассажирского помещения в летнее время

По европейским требованиям часовая кратность обмена воздуха при скорости движения транспортного средства 15 км/ч должна быть не менее 20 в час. Другие литературные источники приводят рекомендации по кратности обмена воздуха от 20 до 50 в час.

Тепловой и воздушный баланс воздуха

Тепловой и воздушный баланс воздуха салона обеспечивают источники тепла при нагревании приборов и панелей и сводятся к основным группам: солнечная инсоляция, наружный воздух, трансмиссия, тормоза, пассажиры.

Условно принимают тепловыделение одного человека $Q_{\text{чел}} = 110$ ккал/ч, температуру внутренних панелей 40 °С. В этом случае температура воздуха внутри салона может быть больше температуры окружающего воздуха, так как она складывается из температур следующих основных источников:

$$Q_a = Q_{\text{и}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{д}}, \text{ ккал/ч,}$$

где $Q_{\text{и}}$ – количество тепла от солнечной инсоляции;

$Q_{\text{л}}$ – тепловыделения пассажиров;

$Q_{\text{д}}$ – тепловыделения тягового электродвигателя и агрегатов шасси.

Для городского транспорта принимается $Q_{\text{д}} = (10\text{--}25\%)Q_a$.

В зависимости от площади остекления применяются окрашивающие стекла и занавески, при этом $Q_{\text{и}} = (30\text{--}50\%)Q_a$.

$Q_{\text{л}}$ при номинальном наполнении транспортного средства пассажирами составляет $(20\text{--}45\%)Q_a$.

При расчётах тепловыделений на единицу внутреннего объёма кузова с учётом вытеснения части воздуха объёмом пассажиров условно принимается объём одного пассажира, равный $0,063$ м³, т. е. объём воздуха 16 пассажиров равен 1 м³. При номинальной нагрузке объём вытеснения воздуха составляет приблизительно $5\text{--}10\%$, но при предельных нагрузках объём вытеснения больше 25% .

Для теплоизоляции кузовов применяются материалы с низкими коэффициентами теплопроводности: пористая резина, асбестовые картоны, войлок, фанера, линолеум, полиуретан, стеклопластики, термоизоляционные картоны, сталь, дюралюминий, стекло.

Для охлаждения воздуха в салоне скорость подаваемого системой воздуха

$$v_B = \frac{Q_y}{c_B \rho_B (t_H - t_K)},$$

где Q_y – количество тепла, подлежащее удалению из салона;

c_B – теплоёмкость воздуха: $c_B = 0,24$ ккал/(кг·°С);

ρ_B – плотность воздуха: $\rho_B = 1,2$ кг/м³;

$Q_{\text{л}} = Q_{\text{чел}} n_{\text{чел}}$, ккал/ч.

$$Q_{\text{и}} = F_{\text{кр}} g_{\text{кр}} k_{\text{кр}} + F_{\text{ст}} g_{\text{ст}} k_{\text{ст}} + F_{\text{оп}} g_{\text{оп}} k_{\text{оп}} + \dots, \text{ ккал/ч,}$$

где $F_{\text{кр}}$, $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{оп}}$ – площадь крыши, стенок, оконных проёмов;

$k_{\text{кр}}$, $k_{\text{ст}}$, $k_{\text{оп}}$ – коэффициенты теплопередачи;

$g_{\text{кр}}$, $g_{\text{ст}}$, $g_{\text{оп}}$ – коэффициенты, учитывающие теплоту от инсоляции.

Тепловыделение от трансмиссии, электрического оборудования зависит от их типов, расположения и определяется экспериментально.

Минимальное количество воздуха с учётом скорости воздуха, подаваемого в салон в течение одного часа для поддержания необходимого уровня содержания углекислоты:

$$V_B = \left(\frac{V_{B1}}{V_{B2} - V_{B3}} \right) n_{\text{чел}}, \text{ м}^3/\text{ч,}$$

где V_{B1} – объём углекислоты, выделяемый одним человеком за час: $V_{B1} = 0,02$ – $0,023$ м³;

V_{B2} – предельно допустимое содержание углекислоты в 1 м³ наружного воздуха: $V_{B2} = 0,0012$ – $0,0020$ м³;

V_{B3} – содержание углекислого газа в атмосферном воздухе: $V_{B3} = 0,0003$ – $0,0005$ м³.

Минимальное количество воздуха, необходимого для одного человека для разбавления углекислого газа до предельно допустимой концентрации для городского пассажирского транспорта:

$$V_{\text{вчел}} = \frac{23}{2,0 - 0,5} = 15 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество воздуха на одного человека для снижения влажности

$$V'_{\text{вчел}} = \frac{G_{\text{вп}}}{(d_2 - d_1)\rho_{\text{в}}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $G_{\text{вп}}$ – количество водяных паров, выделяемых человеком при температуре 15–40 °С: $G_{\text{вп}} = 40\text{--}280$ г/ч;

d_1 – влагосодержание наружного воздуха: зимой $d_1 = 0,5\text{--}5,0$ г/кг; летом $d_1 = 6\text{--}16$ г/кг;

d_2 – влагосодержание воздуха, выходящего из салона: зимой $d_1 = 5\text{--}8$ г/кг; летом $d_1 = 8\text{--}19$ г/кг;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³.

Таким образом видно, что для летнего времени расчёт поступления воздуха в салон должен производиться по теплоизбытку, а в зимнее – по влагоизбытку и избытку CO₂.

Вентиляция

Вентиляционная система салона складывается из следующих видов вентиляции:

- 1) естественная вентиляция (организационная и неорганизационная);
- 2) принудительная;
- 3) совмещение естественной и принудительной;
- 4) кондиционирование воздуха.

Естественная неорганизационная вентиляция осуществляется за счет открытых окон и люков, расположенных на крыше и бортах кузова. Воздух поступает непосредственно из окон и люков, вытесняется из салона аэродинамическим давлением.

В городском транспорте при низкой скорости движения и частых остановках естественная вентиляция не может быть полноценной, поэтому применяют системы вентиляции совмещенного типа.

Система кондиционирования воздуха представляет собой установку, автоматически поддерживающую в заданном объёме заданные температуру и влажность.

Отопление

Суммарная теплопроизводительность систем отопления для троллейбусов и автобусов длиной от 9,5 до 12 м составляет от 20000 до 60000 ккал/ч, перепад температуры может составить 50° и более.

Система отопления классифицируется:

- 1) по использованию тепла от агрегатов изделия:
 - независимые системы отопления с отопителями, работающими от электрической энергии или сжигания жидкого топлива,
 - совмещённая система;
- 2) способу подачи воздуха:
 - с использованием вентилятора,
 - комбинированная;
- 3) способу нагрева воздуха:
 - калориферные, которые нагревают воздух и нагнетают его вентиляторами,
 - системы с теплообменниками, нагревающими воздух салона за счёт конвекции и теплоизлучения.

Наилучшая работоспособность водителя обеспечивается при температуре окружающего воздуха, равной 18 °С.

При температуре, равной 25 °С, работоспособность водителя снижается на 40 %.

Понижение температуры затрудняет работу водителя, а местное резкое охлаждение, например в зоне ног или поясницы, вызывает заболевания.

Скорость потока теплого воздуха, обдувающего ветровое стекло, должна быть не менее 1 м/с.

Для предохранения от обледенения оконных стёкол в салоне перепад между температурами наружного воздуха и воздуха в салоне должен быть больше 15 °С.

Эффективным средством против обледенения стёкол салона является поддержание влажности воздуха на нижнем допустимом пределе, что достигается при калориферной системе отопления при интенсивном обмене воздуха, когда влаговыделение дыхания и сырой одежды пассажиров и пола салона выносятся системой вентиляции наружу.

Расчёт системы отопления салона

Определяются потери тепла Q_c в салоне в час с 1 м^2 поверхности боковых панелей, крыши, пола, окон и дверей:

$$Q_c = \frac{t_k - t_n}{\frac{1}{c_1 + a_1} + \frac{1}{c_2 + a_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda}}, \text{ ккал/м}^2\text{ч},$$

где c_1 – коэффициент восприятия тепла поверхностью через соприкосновение с внутренним воздухом;

a_1 – коэффициент восприятия тепла, передаваемого через лучеиспускание;

c_2 – коэффициент отдачи тепла поверхностью через соприкосновение с наружным воздухом;

a_2 – коэффициент отдачи тепла поверхностью через лучеиспускание;

δ – толщина слоя панели;

λ – коэффициент теплопроводности материала.

Коэффициенты a_1 и a_2 , c_1 , c_2 и λ определяются экспериментально для конкретных материалов и подсчитываются ориентировочно:

$$a_1 = 2,8\sqrt[4]{\Delta t},$$

где Δt – разность температур панели внутри и снаружи.

$$a_2 = Av_{cp}^{0,78}, \text{ ккал/(м}^2\text{·ч·град)},$$

где A – коэффициент, зависящий от состояния поверхности:

для полированной поверхности $A = 6,12$,

для шероховатой поверхности $A = 6,47$;

v_{cp} – средняя скорость движения транспортного средства, м/с.

$$c_1 = a_1 + 2,2\sqrt{\Delta t_B}, \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}),$$

где Δt_B – разность температур в середине салона и внутренней панели.

$$c_2 = a_2 + 12\sqrt{v_{\text{ср}}}, \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}).$$

Для того чтобы избежать выпадения конденсата и замерзания окон, необходимо 20–50-кратная смена воздуха в салоне, в зависимости от температуры и влажности наружного воздуха.

Для определения кратности смены воздуха в салоне необходимо знать производительность вентиляционных установок Q_a , м³/ч, объем салона V_c , м³, и объем воздуха, вытесненного пассажирами $V_{\text{п}}$, м³, тогда кратность смены воздуха будет

$$\beta_k = \frac{Q_a}{V_c - V_{\text{п}}}.$$

Ориентировочно можно принять

$$V_{\text{п}} = 0,0625 n_{\text{пас}},$$

где $n_{\text{пас}}$ – число пассажиров в салоне.

Тогда V_c определяется как:

$$V_c = \beta_{\text{ф}} LhB,$$

где $\beta_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий внешние формы кузова и внутренние выступающие элементы конструкции. В расчетах принимают $\beta_{\text{ф}} = 0,76–0,85$;

L – габаритная длина троллейбуса, м;

h – высота салона в проходе, м;

B – ширина салона на уровне сидений, м.

Вывод: выполненная работа позволит изучить расчет параметров воздушной среды и микроклимата салона и кабины подвижного состава ГЭТ.

Научное издание

БОЙКОВ Владимир Петрович
ЖДАНОВИЧ Чеслав Иосифович
СОЛОГУБ Александр Михайлович

**КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ТРАНСПОРТА**

Методическое пособие

В 2 частях

Ча с т ь 2

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Редактор *Т. Н. Микулик*
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 18.09.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 5,23. Уч.-изд. л. 4,09. Тираж 100. Заказ 853.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

