



Министерство образования  
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Тракторы»

# ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ. КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Учебно-методическое пособие*



Минск  
БНТУ  
2010

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

---

Кафедра «Тракторы»

ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ.  
КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности  
1-37 01 05 «Городской электрический транспорт»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных  
заведений Республики Беларусь в области транспорта*

Минск  
БНТУ  
2010

УДК 629.114.2.001.63: 378.244 (075.8)

ББК 39.34я7

Г 70

Авторы:

В.П. Бойков, А.М. Сологуб, А.Ф. Андреев, Ч.И. Жданович,  
В.Г. Сидоров, А.С. Поварехо, Ю.Е. Атаманов

Рецензенты:

Г.М. Кухарёнок, В.В. Равино

Г 70 Городской электрический транспорт. Курсовое и дипломное проектирование: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» / В.П. Бойков [и др.]. – Минск: БНТУ, 2010. – 391 с.; вкл.

ISBN 978-985-525-226-0.

Учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию содержит требования к тематике, составу, содержанию отдельных разделов и проектам в целом. Приводятся требования к оформлению графического, аналитического, иллюстрационного материала и расчетно-пояснительной записки. Даются рекомендации по проведению патентных исследований, анализу разработок объекта проектирования, выбору рациональной перспективной разработки темы проекта с выполнением технико-экономических обоснований, разделов технологического, охраны труда, указания по применению САПР и представлению материалов проекта, выполненных с применением технических средств, правила разработки электроприводов и электрических схем, оформление систем управления электрооборудованием. Излагаются требования построения тяговых характеристик изделий ГЭТ, расчетов и выбору электрооборудования, зубчатых передач, подшипников и др. Приведен порядок оформления патентных исследований и правила оформления материалов заявки для защиты интеллектуальной собственности патентами.

Пособие предназначено для студентов специальности 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» и может быть использовано студентами других специальностей.

УДК 629.114.2.001.63: 378.244 (075.8)  
ББК 39.34я7

Авторы выражают благодарность А.В. Романовичу  
за оказанную помощь при оформлении рукописи

ISBN 978-985-525-226-0

© БНТУ, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	7
<b>Введение</b> .....	9
<b>1. Методические рекомендации по курсовому и дипломному проектированию</b> .....	26
1.1. Основные определения .....	28
1.2. Единая система конструкторской документации и нормативные документы в проектировании .....	31
1.2.1. Правила выполнения чертежей .....	42
1.2.2. Расчет размерных цепей .....	91
1.2.3. Правила выполнения схем .....	96
1.3. Требования к городскому электрическому транспорту и методика проектирования .....	126
1.3.1. Классификация безрельсового и рельсового электротранспорта .....	151
1.3.2. Методика проектирования безрельсового и рельсового электротранспорта .....	154
1.3.3. Определение тем проектирования .....	221
1.3.4. Порядок формирования тем курсового и дипломного проектирования .....	229
1.3.5. Выполнение патентных исследований по темам курсового и дипломного проектов .....	232
1.3.6. Составление карты технического уровня .....	239
1.3.7. Выбор и обоснование проектируемого объекта .....	241
1.3.8. Основные положения дипломного проектирования .....	242
1.3.9. Содержание типовой пояснительной записки и расчетов .....	245
<b>2. Технико-экономическое обоснование тем проектирования</b> .....	247
2.1. Общий ход технико-экономических расчетов .....	247
2.2. Технико-экономическое обоснование разработки темы дипломного проекта .....	250
2.3. Коэффициент использования подвижного состава городского электротранспорта .....	258

2.4.	Рентабельность подвижного состава городского электротранспорта. . . . .	259
2.5.	Экономический эффект. . . . .	260
2.6.	Срок окупаемости. . . . .	261
2.7.	Коэффициент эксплуатационных расходов. . . . .	262
2.8.	Структурный анализ стоимости работ. . . . .	263
2.9.	Стоимость подвижного состава городского электротранспорта. . . . .	264
2.10.	Унификация. . . . .	265
2.11.	Стандартизация. . . . .	268
2.12.	Пути повышения надежности. . . . .	270
3.	<b>Организация и проведение курсового и дипломного проектирования. . . . .</b>	<b>274</b>
	Основные принятые обозначения при выполнении расчетов в курсовом и дипломном проектировании подвижного состава городского электротранспорта. . . . .	277
4.	<b>Состав, содержание и объем дипломного проекта. . . . .</b>	<b>282</b>
5.	<b>Оформление дипломного проекта. . . . .</b>	<b>285</b>
5.1.	Оформление графической части дипломного проекта. . . . .	285
5.2.	Общие требования к оформлению пояснительной записки дипломного проекта. . . . .	285
5.3.	Построение пояснительной записки дипломного проекта. . . . .	286
5.4.	Изложение текста пояснительной записки дипломного проекта. . . . .	288
5.5.	Оформление приложений и иллюстраций пояснительной записки дипломного проекта. . . . .	292
5.6.	Построение таблиц в пояснительной записке дипломного проекта. . . . .	293
6.	<b>Выполнение курсового и дипломного проектов в электронной форме. . . . .</b>	<b>296</b>
7.	<b>Указания по использованию в проектах средств автоматизированного проектирования. . . . .</b>	<b>298</b>

8.	<b>Разработка основных разделов дипломного проекта. . . .</b>	<b>309</b>
8.1.	Нагрузочный режим электромеханической трансмиссии транспортной машины. . . . .	309
8.2.	Расчет планетарных передач. . . . .	317
8.2.1.	Общие сведения о планетарных передачах. . . . .	317
8.2.2.	Определение моментов, действующих на звенья трехзвенного планетарного механизма. . . . .	320
8.2.3.	Момент блокировочных фрикционов. . . . .	321
8.2.4.	Силовой и кинематический анализ планетарных передач. . . . .	322
8.2.5.	Определение КПД планетарных передач. . . . .	325
8.2.6.	Геометрические условия существования планетарного механизма. . . . .	326
8.2.7.	Расчет на выносливость и прочность зубчатых колес планетарного механизма типа 2К-Н, в котором одно колесо – центральное с наружными зубьями, а второе – с внутренними. . . . .	330
8.2.8.	Пример расчета потребной мощности тягового электродвигателя для троллейбуса и трамвая. . . . .	345
8.2.9.	Порядок выполнения и требования к технологической части проекта. . . . .	348
8.2.10.	Пример оформления заявки на получение патента. . . . .	353
	<b>Литература. . . . .</b>	<b>366</b>
	<b>Приложения. . . . .</b>	<b>370</b>
	Приложение 1. Величины средних и наибольших значений коэффициентов динамики, ускорений и показателя плавности хода трамвая. . . . .	370
	Приложение 2. Удельные сопротивления при качении колесной пары трамвая по рельсу. . . . .	371
	Приложение 3. Нормы виброскоростей для троллейбусов в октавных полосах при длительности рабочего дня 8 часов. . . . .	371
	Приложение 4. Основные технические характеристики трамвайных вагонов. . . . .	372
	Приложение 5. Значения коэффициента сцепления колесной пары с рельсом. . . . .	374

Приложение 6. Буквенные коды наиболее распространенных элементов и устройств, применяемые в электрических схемах. . . . .	375
Приложение 7. Условные обозначения некоторых элементов и устройств на электрических схемах. . . . .	377
Приложение 8. Задание по дипломному проектированию. . . . .	380
Приложение 9. Пояснительная записка дипломного проекта (титульный лист) . . . . .	382
Приложение 10. Образец выполнения основной надписи в пояснительной записке. . . . .	383
Приложение 11. Образец выполнения основной надписи на графической части дипломного проекта. . . . .	383
Приложение 12. Ведомость объема дипломного проекта. . . . .	384
Приложение 13. Образец оформления реферата к дипломному проекту. . . . .	385
Приложение 14. Образец отзыва руководителя на дипломный проект. . . . .	386
Приложение 15. Памятка рецензенту. . . . .	387
Приложение 16. Примеры библиографического описания изданий. . . . .	388

## Предисловие

Городской электрический транспорт (ГЭТ) имеет важное значение для экономики каждой технически развитой страны.

В крупных городах городской электрический транспорт по конструкции ходовых систем делится на рельсовый и безрельсовый до-рожный транспорт.

К *рельсовому транспорту* относятся метрополитен и трамвай.

К *безрельсовому транспорту* относятся троллейбусы, дуобусы и автобусы с гибридными приводами.

Степень использования каждого вида электротранспорта в различных городах в зависимости от экономических показателей разная.

В городах средней величины развиваются трамвайные и троллейбусные маршруты перевозки пассажиров.

Наиболее экономичный электротранспорт – метрополитен – получил развитие в крупных городах с большой численностью населения.

В 1984 году Минский метрополитен стал девятым на территории СССР, а сегодня комфортно, экологически чисто и надежно обеспечивает почти половину объема общегородских пассажирских перевозок.

В целом Республика Беларусь имеет высокоразвитый городской электрический транспорт для перевозки пассажиров (метрополитен, троллейбусы и трамвай). В достаточно плотно населенных городах наряду с городским электрическим транспортом пассажироперевозки осуществляются автобусами, маршрутными такси и легковыми автомобилями, которые загрязняют атмосферу выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания. В мире борьба за экологическую чистоту многонаселенных городов ведется путем широкого применения экологически чистого транспорта, изменения маршрутов загрязняющего транспорта и его сокращения в городах.

Для снижения шума, вызываемого движением трамваев, применяются комбинированные ходовые системы, сочетающие рельсовый и пневматический ход и являющиеся более экономичными.

Перспективы развития троллейбусо- и трамваестроения основываются на широкой унификации по компоновкам конструкций,



электрическим и электронным схемам, электрооборудованию, основным узлам и агрегатам промышленного производства.

Необходимо разработать методы по созданию и производству тяговых электродвигателей и мотор-колес на предприятиях нашей промышленности.

По этому достаточно широкому направлению развития городского электрического транспорта специалистов для народного хозяйства Республики Беларусь готовит кафедра «Тракторы» автотракторного факультета БНТУ.

В данном учебно-методическом пособии рассматривается ограниченный круг вопросов проектирования троллейбусов и вагонов трамваев и метрополитена, а также даются рекомендации студенту как будущему проектировщику и конструктору.

Цель курсового проектирования – научить студента методике проектирования и подготовить его к выполнению дипломного проекта. В курсовом проекте студент самостоятельно подходит к разработке узла изделия ГЭТ, кинематической, электрической, пневматической и других схем, а также инженерных расчетов, максимально приближенных к решению производственных задач конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов.

В курсовых и дипломных проектах разрабатываются общие виды узлов или изделий ГЭТ, групп взаимосвязанных узлов (совокупностей сборочных единиц) и сборочные чертежи компоновок узлов; приводятся последовательность и особенность расчетов реальных проектов перспективных разработок или научно-исследовательских работ.

Степень полноты разработки новых проектных решений основана на проведении патентных исследований, различна по объему и должна соответствовать выданному заданию на выполнение проекта.

Тематика и новые проектные решения выбираются с учетом требований народного хозяйства, современных промышленных, патентных и других достижений в конструкциях машин аналогичного назначения в промышленности стран СНГ, Европы и др.

Выполнение дипломного проекта основано на единых принципах, методах, требованиях, нормативно-технических документах, государственных стандартах, которые регламентируют порядок разработки и постановки на производство продукции

машиностроения. Дипломный проект предусматривает степень полноты разработки темы, уровень самостоятельности студента (ее исполнителя) и наличие новых творческих решений с оформлением заявки на получение патента.

## Введение

**Общие положения.** Специальность 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» в БНТУ введена в 1994 году, и первый выпуск инженеров-электромехаников состоялся в 1999 году. Организация обучения студентов данной специальности вызвана потребностью в инженерах-электромеханиках в связи с вводом в эксплуатацию метрополитена и необходимостью создания собственного производства троллейбусов и трамваев новых современных конструкций, которыми занимаются выпускники кафедры и автотракторного факультета БНТУ. При одинаковом предназначении разных видов городского электротранспорта для перевозки пассажиров троллейбусы, трамваи и вагоны метрополитена различны по конструкциям и методам производства. Изделия ГЭТ включают широкий перечень подвижного состава, и для их проектирования готовит специалистов кафедра «Тракторы» АТФ БНТУ.

**Троллейбус** – это транспортное средство, приводимое в движение электрическим двигателем и предназначенное в первую очередь для перевозки пассажиров по маршрутам. Как вид транспорта троллейбус является безрельсовым городским транспортом. В отличие от автобуса он связан с трассой контактной сетью централизованного электроснабжения, которое в совокупности со свойствами электрической тяги дает троллейбусу ряд неоспоримых преимуществ перед автобусами. Эти преимущества следующие:

- взамен дорогого жидкого топлива троллейбусы расходуют электрическую энергию, вырабатываемую на гидроэлектростанциях, тепловых электрических станциях при сжигании низкосортных топлив (низкосортного каменного угля, торфа, сланцев) или на атомных электростанциях;
- троллейбусы не загрязняют воздушный бассейн городов продуктами загазованности;

- отличаются более высокими динамическими характеристиками и удельными весовыми показателями;

- скорость движения троллейбусов и динамика разгона практически не зависят от степени заполнения пассажирского салона;

- троллейбусы могут отбирать от контактной сети практически любую мощность и не перевозят на себе запас топлива, что, кроме того, обеспечивает высокую пожаробезопасность (так, при возгорании автобуса очень велика опасность взрыва);

- ввиду использования электрического привода троллейбус обладает высокими показателями динамической комфортабельности (в первую очередь плавность хода, разгона и торможения);

- троллейбусы менее шумны, на порядок комфортнее автобусов;

- троллейбусы характеризуются продолжительным сроком службы;

- тяговые электродвигатели просты, надежны в эксплуатации и по сравнению с двигателями внутреннего сгорания требуют меньших затрат по уходу;

- себестоимость пассажирских перевозок, осуществляемых троллейбусом, ниже, чем автобусом;

- троллейбусы обладают высокими эксплуатационными характеристиками в зимних условиях вследствие отсутствия системы охлаждения и более надежной работы электрического двигателя в ши-роком температурном диапазоне.

Однако с наличием контактной сети связаны определенные сложности троллейбусного транспорта: контактная сеть требует создания определенной инфраструктуры на улицах городов; связь с контактной сетью ограничивает маневренность троллейбусов отклонением от контактной сети не более 4,5 м. Правда, затраты на контактную и кабельную сеть сравнительно невелики по сравнению со стоимостью одной единицы подвижного состава, поэтому изменение маршрутной системы троллейбуса не влечет больших капиталовложений, но оно требует времени, значительно большего, чем для автобуса. Организация троллейбусного хозяйства требует сооружения подстанций и тяговой сети. Пока еще не решенные проблемы некоторых недостатков токосъема снижают скорость

движения троллейбусов при прохождении специальных частей контактной сети.

Вследствие более высоких динамических показателей и практически неограниченных возможностей получения электрической энергии от контактной сети троллейбусы в расчете на более высокую провозную способность проектируют с более высокой вместимостью, чем автобусы. Практически в настоящее время используют троллейбусы большой и особо большой вместимости. Провозная способность, в зависимости от вместимости, составляет порядка 8,5 тыс. пас./ч (в одном направлении) для троллейбусов большой вместимости и до 10–12 тыс. пас./ч для троллейбусов особо большой вместимости.

В настоящее время более 400 городов мира имеют троллейбусное сообщение. Больше всего троллейбусов в СНГ. В одной только России – 89 троллейбусных систем в 90 городах. Самым протяжённым троллейбусным маршрутом в мире является маршрут «Симферополь (аэропорт)–Ялта» на Украине. Протяженность рейса составляет 86 км, маршрут обслуживается троллейбусами «Шкода-14Тр» и ЮМЗ-Т2.

Подвижной состав троллейбуса за более чем 100-летний период развития претерпел большие изменения. Изменения произошли как в механической, так и в электрической части. Троллейбус из примитивной электрической машины превратился в сложное, высокотехнологичное, энергоёмкое, эргономичное, комфортное транспортное средство. И если еще не так давно основным направлением развития подвижного состава было внедрение пневматической подвески, пневматических дверных приводов, гидроусилителя руля, тиристорно-импульсной системы управления, то сейчас основная задача – снижение уровня пола, ведь низкопольный троллейбус в условиях города необходим как воздух – это удобно пассажирам; за счет уменьшения времени стоянки на остановочных пунктах низкий уровень пола увеличивает пропускную способность транспорта. Развитие электрической части главным образом сориентировано на внедрение электронных систем управления, систем компьютерной диагностики оборудования. И по сей день актуальна проблема токосъема на троллейбусе: устарела конструкция токоприемников, необходимо принципиально новое решение в области объектов контактной сети, в первую очередь внедрение новых «скоростных» специальных

частей, радиоуправляемых стрелок. Современный троллейбус должен обладать возможностью автономного хода за счет дуобусного исполнения.

В настоящее время в СНГ подвижной состав троллейбусов производится в Беларуси, России, Украине и Казахстане.

Дальнейшие основные и перспективные направления развития троллейбусостроения должны обеспечить:

1. Производство только низкопольного подвижного состава особо большой вместимости с колесной формулой  $6 \times 2$  или  $6 \times 4$ . В данном направлении целесообразно применять три схемы компоновки подвижного состава: 15-метровый трехосный троллейбус (рис. 1, а), 18-метровый сочлененный троллейбус (рис. 1, б), 23-метровый сочлененный троллейбус с двумя узлами сочленения (рис. 1, в).

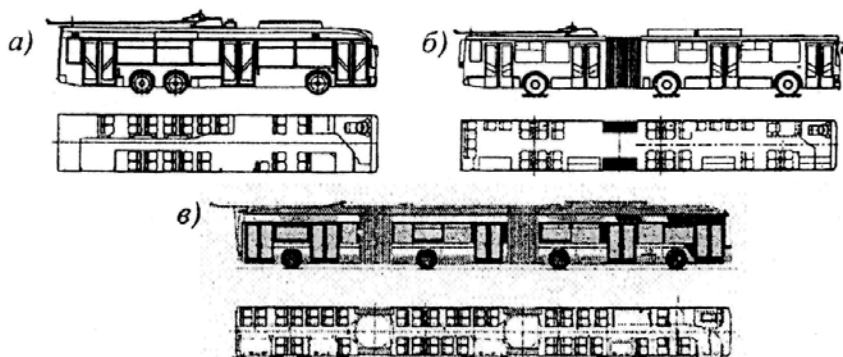


Рис. 1. Компоновки троллейбусов особо большой вместимости

2. Применение комбинированной системы привода, создание автономных систем питания для работы в режиме дуобуса. Троллейбус может получать питание от контактной сети, дизель-генераторной установки и от накопителей энергии (аккумуляторные батареи или молекулярные накопители). Применение схем с накопителями энергии дает возможность рекуперировать электрическую энергию при торможении благодаря обратимости электрических машин (тягового двигателя) для дальнейшего ее использования при пуске и разгоне подвижного состава, а также для

собственных нужд. Возможна реализация следующих режимов работы троллейбуса с накопителем энергии:

- *автономный* режим – накопитель энергии является основным источником питания для троллейбуса, который заряжается от контактной сети, а затем троллейбус следует по маршруту без контактной сети, используя только энергию накопителя, при торможении энергия может рекуперироваться и использоваться для подзарядки накопителя;

- *«экономный»* режим – основным источником питания является контактная сеть, однако накопитель энергии заряжается при торможении подвижного состава рекуперированной энергией, затем эта энергия используется для пуска и разгона столько, сколько это возможно. Когда заряд накопителя начинает уменьшаться, электропривод подключается к контактной сети.

На рис. 2, *а* представлена последовательная схема привода: ДВС приводит в действие генератор *G*, который дает энергию тяговому электродвигателю ТЭД-М, обеспечивая привод движителей.

*а*

*б*

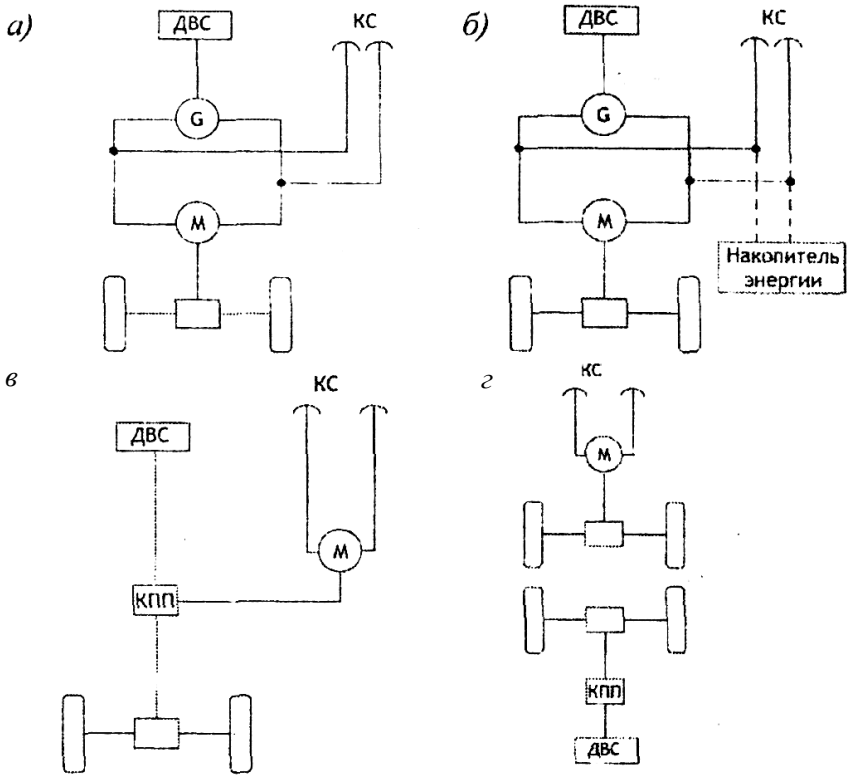


Рис. 2. Различные варианты схем привода подвижного состава

Данный тип привода не требует коробки передач (КП). При работе в режиме питания от контактной сети генератор G и ДВС отключены.

В смешанной схеме привода (рис. 2, б) в дополнение к последовательной схеме используется накопитель энергии, о режимах работы которого сказано выше. Однако в настоящее время оправдано применение схем либо только с накопителем энергии, либо последовательных схем.

Также возможно применение параллельной схемы привода (рис. 2, в). При этом отсутствует генератор, а ДВС и ТЭД подключены к специальной КПП. В режиме автономного питания ДВС приводит в движение троллейбус через КПП без участия ТЭД. Кроме того, не

исключена схема (рис. 2, з), в которой осуществляется привод от ДВС и ТЭД на разные мосты. При работе от контактной сети ведущим становится задний мост, при работе в автономном режиме ведущий мост – средний.

3. Эффективность системы электрической тяги. Такие системы содержат мотор-колесные системы, когда электродвигатель встроен в ступицу внутри колеса, а вал двигателя связан с ободом колеса через редуктор с большим передаточным отношением, такой привод позволяет улучшить использование сцепного веса за счет автоматического управления силой тяги каждого мотор-колеса, ликвидировать задний мост как таковой.

4. Использование систем управления, снижающих уровень потребления электроэнергии, системы бортовой диагностики.

5. На троллейбусах с колесной формулой  $6 \times 4$  возможность реализации отключения одного из ведущих мостов (в определенных дорожных условиях в целях экономии электроэнергии).

6. Унификацию троллейбусных и автобусных шасси.

7. Повышение электробезопасности путем снижения токов утечки и использования автоматики контроля их величины.

8. Повышение комфортности для пассажиров за счет системы кондиционирования и вентиляции, системы обогрева, улучшение дизайна подвижного состава.

9. Разработку новых компоновок троллейбусов с изолированными от салона энергоблоками. Один из вариантов такой компоновки приведен на рис. 3.

Конструкция каркаса кузова такого троллейбуса выполнена в виде пространственной мостовой фермы, где продольные раскосы охватывают все внешние грани. Вертикальные стойки внутри салона ужесточают боковины и одновременно выполняют функцию поручней. Такое решение позволяет разгрузить основание кузова, существенно уменьшив при этом массу основания. Наклон боковых стенок каркаса внутрь салона позволяет сократить ширину крыши и получить более жесткое и прочное его поперечное сечение. Уменьшение собственной массы данной конструкции приводит к экономии энергоресурсов, уменьшению воздействия на дорожное полотно. Пассажирский салон такого троллейбуса выполняется в виде отдельного модуля и имеет низкий пол по всей своей длине, в передней части салон стыкуется с кабиной водителя, причем



полностью от нее изолирован. Кабина представляет собой энергетический модуль, в котором располагается все электрическое оборудование троллейбуса, изолированное от салона.

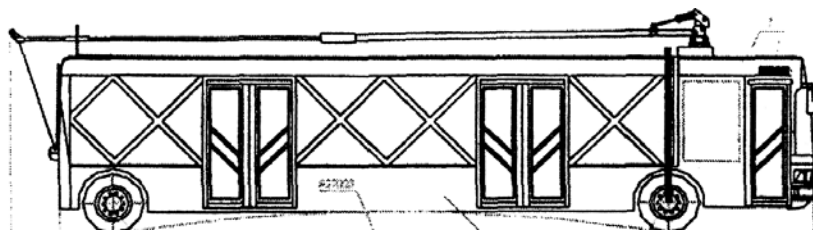


Рис. 3. Компоновка троллейбуса с изолированным энергоблоком

Преимущества данного решения заключаются в том, что расположение электрооборудования в блоке, электрически изолированном от салона, наиболее безопасно для пассажиров, а уменьшение заднего свеса до минимума позволило создать троллейбус с постоянным уровнем пола по всей длине и удобной планировкой салона.

Перспективы и направления развития троллейбусостроения основаны на изучении подвижного состава городского электрического транспорта, анализа его конструкций, условий эксплуатации, технического обслуживания, сравнении технических показателей и направлены на повышение качества обслуживания, надежности подвижного состава и совершенствование их конструкций с целью повышения экономической эффективности использования. Данные перспективы могут быть реализованы поэтапно в соответствии с программами развития городского электрического безрельсового транспорта.

**Трамвай** – это наземный рельсовый вид транспорта, который по многим конструктивным и эксплуатационным параметрам является аналогичным современному подземному метрополитену, но появился значительно раньше. Поэтому в странах СНГ сложилось стереотипное представление о трамвае. В то же время современные тенденции развития городского общественного транспорта сводятся к использованию трамвая как одного из основных видов городского пассажирского транспорта. Однако это совершенно другой трамвай – быстрый, тихий, удобный и комфортный. Поэтому сейчас возникла

острая необходимость в модернизации парка трамвайных вагонов республики в целях приведения его в соответствие с ведущими образцами мирового трамваестроения. Это может быть реализовано внедрением новых технических решений, подходов и технологий.

Также стоит отметить, что в мировой практике важное место занимает такой вид транспорта, как скоростной трамвай, который представляет собой сочетание быстроходных трамвайных вагонов особо большой вместимости (сочлененных и поездов из сочлененных вагонов) и изолированных от дорожного движения линий, имеющих кривые больших радиусов. Полотно скоростного трамвая на значительном протяжении выполняется обособленным, в местах пересечения с автодорогой трамваю включается зеленый сигнал светофора. В совокупности это обеспечивает высокую скорость сообщения и большую провозную способность.

О популярности трамвая и его преимуществах говорят следующие цифры: за последнее десятилетие в мире открыто трамвайное движение более чем в 100 городах, общее число городов, имеющих трамвайное движение, – более 400.

В настоящее время рынок подвижного состава характеризуется многообразием предлагаемых моделей подвижного состава и вариантов их исполнения. Но в целом все идет к уменьшению массы трамвайных вагонов, значительному снижению уровня пола. Последнее способствует ускорению и упрощению пассажирообмена на остановках.

Мировая тенденция состоит в унификации конструкций подвижного состава трамвая и объединении предприятий-изготовителей. Это постепенно приводит к уменьшению разнотипности подвижного состава и в конечном счете позволяет снизить себестоимость перевозок. Изготовители стремятся ограничиться несколькими базовыми конструкциями с выполнением на их основе специфических требований заказчиков. Широко распространен принцип модульного построения трамвайного вагона. Так, компания Alstom при производстве трамваев Citadis из различных унифицированных и стандартизованных модулей компокует трамвайные вагоны различного класса, технического уровня и пассажироместимости. Дизайн трамвая определяется заказчиком, поэтому вагоны одной модели могут выглядеть по-разному.

Варианты исполнения низкопольных конструкций трамваев можно разделить на три группы:

1. Постоянно низкий уровень пола по всей длине трамвайного вагона. Это достигается за счет применения низкопольных неповоротных тележек, вовсе бестележечной конструкции ходовых частей, размещением ходовой части в узлах сочленения. Как правило, применяется мотор-колесный привод.

2. Переменный уровень пола реализуется за счет применения бестележечной конструкции или низкопольной неповоротной тележки в средней секции сочлененного подвижного состава. Это обеспечивает снижение уровня пола в самой секции, а также в смежных с ней секциях. Моторные тележки классического исполнения, поворотные, уровень пола в местах их установки повышается. Применяются колеса меньшего диаметра.

3. Локальное снижение уровня пола реализуется только на дверных площадках. При этом используются обычные тележки, уровень пола по длине трамвая обычный и снижается для удобства входа-выхода пассажиров в местах размещения дверей.

Для подвижного состава с пониженным или низким уровнем пола определяющей является минимальная высота ходовой части. С этой целью применяют тележки без колесных пар как таковых. В таких тележках два колеса условной колесной пары вращаются независимо друг от друга на отдельных полуосях. Приводные колеса имеют индивидуальный мотор-колесный привод с малогабаритными двигателями небольшой мощности, монтируемыми непосредственно на ступице колеса.

Электрическое оборудование низкопольных вагонов устанавливается в специальных герметичных отсеках на крыше. Этим достигается компактность установки оборудования, сохранность, упрощение обслуживания, что приводит к увеличению надежности и снижению затрат на эксплуатацию трамваев.

Кроме того, во всем мире прослеживается стремление к использованию двустороннего подвижного состава. Такое решение не требует выделения значительных территорий дорогой городской земли для организации конечных станций; отсутствие кривых малого радиуса, применяемых на разворотных кольцах, способствует уменьшению износа и повышению надежности.

На рис. 4 представлена схема, определяющая стратегию развития производства городского электрического транспорта (трамвая). В целом развитие трамваестроения осуществляется по трем направлениям:

1) экономическое – снижение стоимости изделия и комплектующих;

2) социальное – повышение потребительских свойств, комфортности поездки, низкопольность, предусмотрение мест для пассажиров с детскими колясками и инвалидов;

3) техническое – снижение материалоемкости, использование современных материалов, повышение скорости движения, унификация, повышение надежности, применение блочно-модульных конструкций, увеличение пассажироместимости.

УП «Белкоммунмаш» (Республика Беларусь) с 2000 года успешно освоило производство трамвайных вагонов. За семь лет предприятие выпустило более 90 трамваев трех моделей.

Таким образом, определяющие направления развития белорусского трамвая в ближайшей перспективе:

1. *Электропривод*: применение асинхронного привода, развитие электронных систем управления, транзисторное управление двигателем с использованием IGBT-модулей. Программа «минимум»: внедрение системы электронной диагностики электропривода, применение возможности перехода в режим экономии электроэнергии на легком профиле пути, создание возможности работы трамвайных вагонов в составе поезда из двух-трех вагонов по системе многих единиц. Также необходима разработка счетчика потребленной и рекуперированной энергии, системы измерения удельного сопротивления движению.

2. *Тормозная система*: дальнейшее развитие системы электрического торможения с полной рекуперацией электроэнергии в контактную сеть и молекулярные накопители (накопленная в них энергия будет использоваться при последующем пуске); совершенствование системы механического торможения, усиление тормозного эф-фекта, установка механического тормоза на каждую колесную пару; совершенствование схемы управления электромагнитным рельсовым тормозом из кабины водителя; внедрение дискового тормоза; применение электромагнитного

гидравлического привода механического тормоза с микропроцессорным управлением.

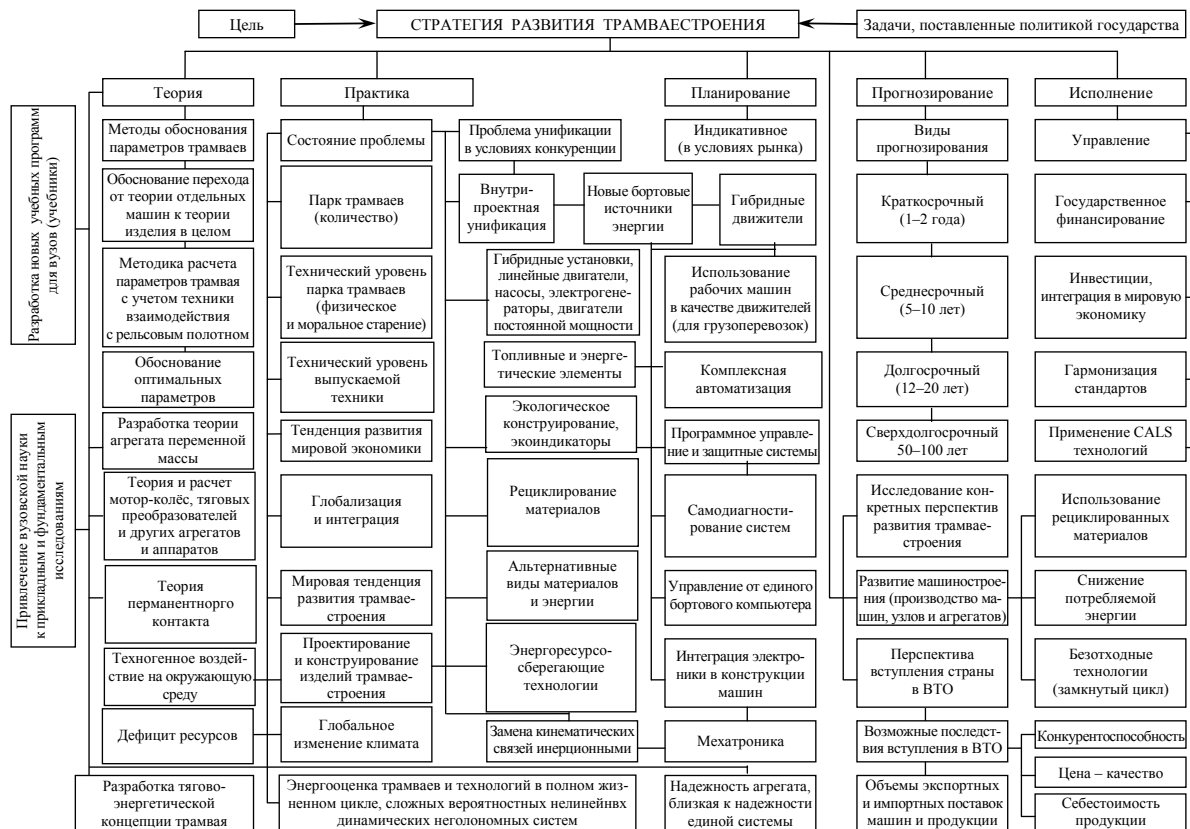


Рис. 4. Стратегия развития трамваестроения

3. *Кузов*: облегчение конструкции за счет применения в конструкции трамвая алюминия, пластмасс и других синтетических материалов; повышение комфортности пассажиров за счет применения системы кондиционирования и вентиляции, переработки системы отопления, улучшение дизайна интерьера пассажирского салона; создание аэродинамических форм передней части трамвая; улучшение условий труда водителя за счет изменения конструкции кабины, внедрение эргономичного пульта управления.

4. *Ходовая часть*: внедрение бестележечных конструкций, мотор-колесного привода, в целом способствующего созданию низкопольных конструкций трамвайных вагонов.

Также представляет интерес применение унифицированных узлов современных троллейбусов и автобусов. На кафедре «Тракторы» уже прорабатывался вопрос создания трамвая с использованием элементов кузова, унифицированных с кузовами автобусов МАЗ-103, -107. Данное решение позволит снизить себестоимость конечного изделия за счет отсутствия необходимости осуществления полного цикла создания нового вагона. Исключаются затраты на проектирование и испытания кузова.

В качестве переходного, «промежуточного», варианта возможно создание на протяжении ближайших двух лет сочлененного трамвайного вагона с низкопольной средней секцией на базе АКСМ-60102 (рис. 5).

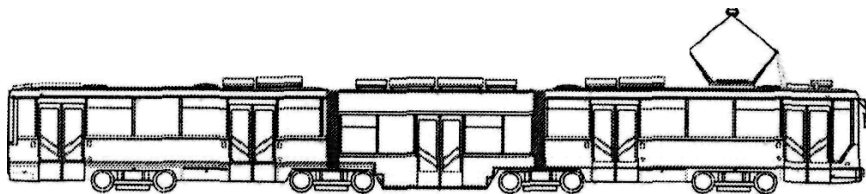


Рис. 5. Компановочное решение предлагаемого трамвая



Особенности предлагаемого варианта: полная унификация и взаимозаменяемость тягового электропривода и ходовой части с моделью АКСМ-60102; средняя секция полностью низкопольная с накопительной площадкой и специально оборудованными местами для колясок. Таким образом, предлагаемый трамвай – недорогой, не требует больших затрат для постановки на производства, будет легок в освоении, т. к. в трамвайных парках имеется хорошая ремонтная база для вагонов АКСМ-60102, в то же время это будет трамвай особо

большой вместимости, частично низкопольный, учитывающий таким образом интересы пассажиров с ограниченными возможностями перемещения.

В дальнейшем следует ориентироваться исключительно на производство низкопольных трамваев перспективных модульных компоновок (табл. 1).

Таблица 1

Варианты перспективных компоновок

Схема компоновки	Кол. секций	Длина, м
	5	32,41
	7	43,99

Как видно из приведенного выше, трамваестроение является перспективной отраслью для создания объектов интеллектуальной собственности с использованием достижений современной науки и техники.

**Цель курсового проектирования:** постепенно научить студента методике реального проектирования и подготовить его к выполнению дипломного проекта. В дипломном проекте студент подходит к самостоятельному решению производственных задач конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов.

В предлагаемых примерах для студенческих проектных решений даны общие виды изделий ГЭТ, групп узлов (совокупностей сборочных единиц) и сборочные чертежи узлов (сборочных единиц); приведены последовательность и особенность расчетов учебных проектов по троллейбусам и трамваям и по машинам в целом.

Степень полноты разработки проектных примеров различна, поскольку даются лишь примеры основных частей возможных студенческих разработок и образцы проектов.

Тематика и некоторые особенности проектных решений выбраны с учетом промышленных, патентных и других



конструкций машин современного производства Республики Беларусь, стран СНГ, Центральной Европы и др.

**Выполнение курсового и дипломного проектов** основано на единых принципах, методах, требованиях, нормативных технических документах, государственных и иных стандартах, которые регламентируют порядок разработки и постановки на производство продукции машиностроения. Отличия курсового и дипломного проектов заключаются в степени полноты разработки темы, уровень самостоятельности студента, выполняющего проект, наличии новых творческих технических решений и определяются заданием на курсовое и дипломное проектирование.

Создание новой машины – сложный и длительный процесс, в котором участвуют ученые, конструкторы, дизайнеры, испытатели, специалисты в области производства и эксплуатации. Чем сложнее машина, тем труднее, дороже и дольше процесс ее создания. Поэтому для разработки и рационального использования такой сложной машины, как многоосная колесная, важно во всех подробностях знать ее жизненный цикл и влияющие на него факторы.

*Жизненный цикл* машины представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов создания и последовательного изменения состояния машины от формирования исходных требований к ней до окончания ее эксплуатации. Согласно Единой системе государственного управления качеством продукции жизненный цикл принято делить на стадии – части жизненного цикла, устанавливаемые в нормативно-технической документации и характеризруемые определенным состоянием машины, видом предусмотренных работ и их результатом.

Жизненный цикл машины включает в себя стадии создания, производства, обращения и эксплуатации, каждая из которых содержит ряд этапов, операций и процедур.

**Создание машины.** Эта стадия начинается с предпроектных исследований и заканчивается созданием машины. На этапе подготовки и разработки проекта новой машины устанавливают принципиальную возможность и целесообразность ее создания. Необходимость в новой машине должна вытекать из общественных потребностей, поэтому она нуждается в тщательном и глубоком обосновании с учетом технических и экономических возможностей, обусловленных прогрессом науки и техники, а также развитием

экономики страны. Для этого проводят поисковые исследования, которые должны базироваться на результатах фундаментальных исследований, практическом опыте применения аналогичных машин, ретроспективном анализе и прогнозах развития техники в данной области. Кроме того, необходима мотивация для побуждения к решению данной технической проблемы. Она может вытекать из безусловных потребностей общества, необходимости практической реализации достигнутого научного потенциала и повышения экономических показателей деятельности данной отрасли народного хозяйства. Общество, наука, техника и экономика развиваются взаимозависимо. Комплекс этих отношений можно иллюстрировать схемой, приведенной на рис. 6.

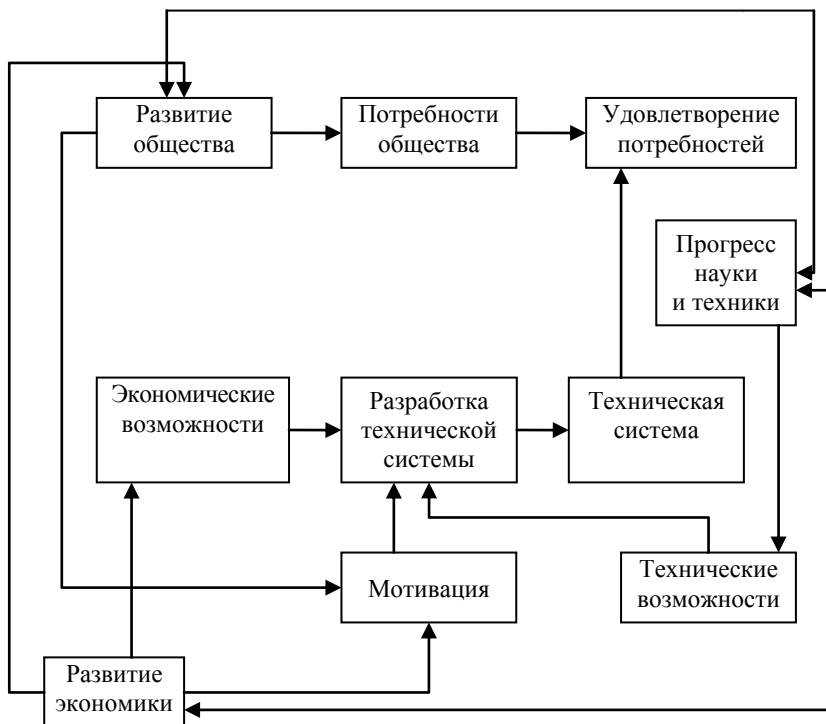


Рис. 6. Схема отношения в макросистеме «Общество–экономика–наука и техника»

Важными элементами поисковых исследований являются эксперименты на макетах – физических моделях колесных машин (или отдельных частей), воспроизводящих или имитирующих их конкретные свойства и изготовленных для проверки принципа действия и определения характеристик машины. Макет, с известной степенью упрощений, воспроизводит в определенном масштабе колесную машину или ее части и позволяет исследовать отдельные ее характеристики, а также оценить правильность принятых технических и художественных решений. Макеты изготавливают в процессе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (ГОСТ 2.118–83, ГОСТ 2.120–83).

Результатом поисковых исследований, проводимых в предпроектный период, является постановка задачи проектирования, которая предусматривает разработку технических требований к проектируемой машине и формирование технического задания на ее создание.

Конструктор принимает участие во всех стадиях жизненного цикла машины. Однако основными в его творчестве являются работы, связанные с созданием машины и представляющие собой законченный цикл, состоящий из некоторых этапов: научно-технического поиска, проектирования, изготовления образцов для испытания, доводки конструкции. Эти этапы тесно взаимосвязаны, в значительной мере совмещены и могут многократно повторяться. К работам по созданию машины примыкают работы по технологической подготовке производства, однако их следует отнести ко второй стадии жизненного цикла аналогично тому, как предпроектные исследования в процессе которых осуществляется научно-технический поиск, относятся к стадии создания машины.

Этап проектирования охватывает большой перечень проектных операций и процедур – от предварительных расчетов и эскизов до уточненных расчетов, детализировочных чертежей, описаний, инструкций, технических условий и т. п. Результатом проектирования является *комплект технической документации*, содержащий всю необходимую информацию для материализации создаваемой машины в процессе производства и ее использования.

На всех этапах процесса создания машины изготавливают ее макетные, экспериментальные и опытные образцы и проводят на них различные испытания: исследовательские, доводочные,

предварительные и др. (ГОСТ 16504–81). Исследовательские испытания предназначены для изучения свойств и характеристик машины. Для доводки конструкции и оценки влияния вносимых во время ее разработки изменений на показатели качества проводят доводочные испытания. После завершения разработки конструкции и изготовления опытных образцов возможность их представления к приемочным испытаниям проверяется на предварительных контрольных испытаниях, выполняемых в соответствии с ГОСТ 15.001–88 и СТБ 972–2000.

Заключительным этапом создания машины являются приемочные испытания, по результатам которых решают вопрос о целесообразности ее производства. Приемочные испытания могут быть государственными, межведомственными и ведомственными; порядок их проведения предусмотрен ГОСТ 15.001–88 и СТБ 972–2000. Разработка машины считается выполненной в соответствии с техническим заданием при условии ее утверждения актом приемки опытного образца или опытной партии, содержащем рекомендации о постановке на производство, и выполнения указаний приемочной комиссии о необходимой доработке. По результатам испытаний возможна корректировка технической документации и доработка опытных образцов.

**Производство машины.** Эта стадия включает постановку на производство, установившееся производство и снятие с производства.

Постановку на производство обычно осуществляют в два этапа: подготовка производства и его освоение. Работы по подготовке производства направлены на обеспечение технологического процесса изготовления машины и могут быть начаты еще на стадии ее создания. Важнейшим этапом этих работ является технологическая подготовка производства, процессы организации и управления которой регламентируются комплексом государственных стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕС ТПП). При этом осуществляют выбор технологии и оборудования, организацию материально-технического снабжения, планирование процесса производства по времени, распределение работ и т. д.

Освоение производства включает отработку и проверку подготовленных технологических процессов, овладение

практическими приемами изготовления продукции с требуемыми показателями и в заданном объеме выпуска.

Установившееся производство начинается после окончательной отработки конструкторской и технологической документации (ГОСТ 14.004–83). Решение об освоении производства машины принимают по результатам квалификационных испытаний установочной серии или первой промышленной партии (ГОСТ 16504–81). При несоответствии технического уровня машины современным требованиям, низких технологических показателей и показателей качества процессов функционирования, отрицательном воздействии машин на здоровье людей и окружающую среду, отсутствии заказов и спроса, а также при освоении в производстве аналогичной по назначению новой машины с более высокими характеристиками выпускаемая машина подлежит снятию с производства.

## **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСОВОМУ И ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

**Курсовое проектирование** изделий городского электрического транспорта, как правило, является самостоятельной работой и ведется по материалам дисциплин, читаемых в такой последовательности:

- 1) «Технология машиностроения»;
- 2) «Экономика промышленности»;
- 3) «Конструирование и расчет подвижного состава», а также и специализаций специальных дисциплин.
- 4) «Теория подвижного состава».

В процессе работы над проектом студент должен закрепить и практически применить знания по техническому черчению в соответствии с ЕСКД по методам составления схем, выполнению расчетов и выбору основных машиностроительных материалов; освоить основы проектирования, конструирования и компоновки узлов подвижного состава ГЭТ.

За время курсового проектирования (III и V курс) студент должен получить подготовку, примерно соответствующую пути от чертежника-конструктора, работающего по отдельным заданиям, до

конструктора узла, и овладеть основами эскизной разработки изделий ГЭТ и технологического оборудования.

В курсовом проектировании осуществляется:

разработка эскизного решения изделия (машины);

разработка технического проекта группы (совокупности сборочных единиц);

выполнение рабочих чертежей узла (сборочной единицы) и детали;

составление расчетов и пояснительной записки;

систематизация технической документации проекта.

Особое внимание следует обращать на технико-экономическое значение проектируемого объекта. Студент должен рассматривать машину как транспортное средство (ТС) для перевозки пассажиров, дающее определенный экономический эффект. В последнем (перед дипломным) проекте эскизная разработка в определенной мере подчиняется специальной или народнохозяйственной потребности в проектируемом изделии. Некоторые задачи, решаемые в курсовом проекте, с этой точки зрения лишь количественно отличаются от задач, поставленных в дипломном проекте, и определены СТП БНТУ 3.01–2003 «Курсовое проектирование».

**Дипломное проектирование** является самостоятельной работой, заключительным этапом обучения студентов. К дипломному проектированию допускаются студенты, успешно выполнившие учебный план и сдавшие государственный экзамен по специальности. В процессе проектирования дипломник решает задачу технико-экономической целесообразности принятия к производству нового изделия подвижного состава ГЭТ. Порядок проведения дипломного проектирования изложен в СТП МИ БНТУ 3.001–2003. В дипломном проекте должны быть разработаны новые конструкции подвижного состава ГЭТ, их назначение и роль в народном хозяйстве, перспективы развития в соответствии с решениями правительства Республики Беларусь.

При выполнении дипломного проекта студент должен показать свои знания и продемонстрировать:

– систематизацию, закрепление, расширение теоретических знаний и практических навыков по специальности и применение их для решения конкретных профессиональных задач;

– овладение методикой проектирования или научного исследования, формирование навыков по самостоятельной проектно-конструкторской или исследовательской работе;

– приобретение навыков обобщения и анализа результатов, полученных другими разработчиками или исследователями;

– выявление уровня подготовленности для самостоятельной работы на производстве, в проектных и научно-исследовательских организациях и учреждениях.

Проект выполняется в составе и форме реального проекта, но в уменьшенном объеме.

Работа по проектированию делится на следующие стадии: составление технического предложения в заданном объеме; разработка эскизного решения – в объеме основных вопросов; выполнение технического проекта характерной части изделия ГЭТ.

Содержание дипломного проекта должно базироваться на наиболее передовых формах организации производства и достижениях отечественной и зарубежной науки и техники в области машиностроения и технологических комплексов.

В процессе выполнения дипломного проекта дипломник должен консультироваться по соответствующим вопросам с профилирующей кафедрой, а также с кафедрами экономики, технологии и специалистами предприятия, где он проходил преддипломную практику.

Для выполнения дипломных проектов может использоваться последовательное проектирование, при котором тема частично разрабатывается в курсовом, а затем и в дипломном проектах с постепенным ее расширением и углублением в соответствии с заданием по дипломному проекту.

Дипломный проект рекомендуется выполнять с применением современных информационных технологий и САПР.

При решении крупной технической задачи возможно создание коллективов студентов из двух-трех человек для выполнения общей темы, при этом каждый студент выполняет свое конкретное задание в соответствии с общей задачей.

## **1.1. Основные определения**

В настоящем пособии применяют следующие нормативные термины с соответствующими определениями:

**д и п л о м н о е п р о е к т и р о в а н и е** – процесс, осуществляемый в техническом вузе с целью итоговой государственной аттестации студента, охватывающий период от формирования темы выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) до защиты ее студентом-дипломником в Государственной экзаменационной комиссии и соответствующий требованиям действующего законодательства, нормативных документов в сфере образования, а также требованиям настоящего нормативного документа;

**д и п л о м н ы й п р о е к т** – выпускная квалификационная работа студента, предназначенная для объективного контроля степени сформированности знаний, умений и навыков решать задачи по видам профессиональной деятельности, установленным образовательным стандартом специальности, и предусматривающая синтез физического или идеального объекта проектирования (системы в широком значении, машины, технологического процесса, компьютер-ной программы и т. п.), который оптимально отвечает требованиям задания на выпускную квалификационную работу;

**д и п л о м н и к** – студент, готовящий выпускной дипломный проект;

**к в а л и ф и к а ц и я** – подготовленность работника к профессиональной деятельности для выполнения работ определенной сложности в рамках профессии, специальности, специализации (РД РБ 03180.500);

**н о р м а т и в н ы е д о к у м е н т ы в с ф е р е о б р а з о в а н и я** – законодательные, правовые акты и другие документы, определяющие требования к участникам образовательного процесса и их взаи-модействию (по СТБ П 22.0.4);

**о б р а з о в а т е л ь н ы й с т а н д а р т** – нормативный документ по стандартизации, устанавливающий на основе потребностей личности, общества и государства обязательный минимум содержания образовательной программы, максимальный объем учебной нагрузки обучающихся, требования к уровню подготовки и аттестации вы-пускников учебных заведений определенной ступени (уровня) образования (по РД РБ 02100.0.001);



**профессиональная деятельность** – трудовая деятельность по определенной профессии, взаимообусловленная видами экономической деятельности (ОКРБ 011);

**профессия** – род трудовой деятельности, требующий определенных знаний и навыков, приобретаемых путем обучения и практического опыта (ОКРБ 006);

**специализация** – составляющая специальности, обусловленная видом применяемых знаний и особенностями профессиональной деятельности в рамках специальности или ее направления (ОКРБ 011);

**специальность** – вид профессиональной деятельности, требующий определенных знаний, навыков и компетенции, приобретаемых путем обучения и практического опыта, – подсистема группы специальностей (ОКРБ 011);

**инженер** – лицо, получившее законченное высшее техническое образование по определенной специальности.

Таблица 1.1

### Функции инженера

Вид деятельности	Функции инженера
Инновационная	Исследование, разработка технических заданий, проектирование технических объектов и систем
Производственная	Подготовка, и организация производства, управление производством
Обслуживающая	Обслуживание технологического оборудования, управление качеством, испытания и измерения, инженерный маркетинг

Таблица 1.2

### Требования к инженерам

Группа требований	Содержание требований
Инженерные знания	Знание специальной техники, инженерных технологий, эрудиция
Творческие способности	Умение поставить техническую задачу, находить метод ее решения, предсказывать результат, изобретательство
Личные качества	Способность к обучению и работе в коллективе, способность к кооперации
Коммуникабельность (устная и письменная)	Умение излагать свои мысли, делать сообщения, поддерживать диалог, убеждать
Коммерческая грамотность	Понимание вопросов экономики и бизнеса. Финансовые знания. Коммерческая смекалка

Таблица 1.3

### Уровень требований

Требования	Вид деятельности/уровень требований		
	Инновации	Производство	Обслуживание
Инженерные знания	Высокий	Средний	Средний
Творческие способности	Высокий	Высокий	Средний
Личные качества	Средний	Высокий	Высокий
Коммерческая грамотность	Средний	Высокий	Высокий

## 1.2. Единая система конструкторской документации и нормативные документы в проектировании

По Единой системе конструкторской документации (ЕСКД) проводится комплектование и оформление проектной и

конструкторской документации учебных проектов в вузе и на предприятии.

Основное назначение стандартов ЕСКД – установить единые правила выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, обеспечивающие:

- единство правил выполнения и оформления конструкторской документации, возможность производства изделия по документации, выполненной на другом предприятии;

- возможность использования средств вычислительной техники при обработке информации, содержащейся в конструкторских документах;

- учет международных рекомендаций, содействие международному обмену технологической документацией.

Студент должен пользоваться следующими государственными стандартами, нормами и другими нормативно-техническими документами, регламентирующими порядок разработки и постановки продукции машиностроения на производство:

СТБ 972–2000. Разработка и постановка продукции на производство. Общие положения;

ТКП 1.0–2004. Правила разработки технических регламентов;

ТКП 1.3–2004. Порядок разработки, согласования, утверждения и государственной регистрации технических условий;

ТКП 5.1–2004. Порядок проведения сертификации продукции;

СТБ 6.38–95. Унифицированные системы документации Республики Беларусь. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов;

СТБ 22.0.1–96. Система стандартов в сфере образования. Основные положения;

СТБ П 22.0.4–2002. Система стандартов в сфере образования. Термины и определения;

ГОСТ 2.004–88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ;

ГОСТ 2.104–2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи;

ГОСТ 2.105–95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.301–68. Единая система конструкторской документации. Форматы;

ГОСТ 2.304–81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные;

ГОСТ 2.321–84. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные;

ГОСТ 7.1–2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 7.9–95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация;

ГОСТ 7.82–2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления;

ГОСТ 8.417–2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин;

ОКРБ 006–96. Профессии рабочих и должности служащих. Основные положения;

ОКРБ 011–2001. Специальности и квалификации;

РД РБ 0410.42–95. Словарь общетехнических терминов и их определений;

РД РБ 02100.0.001–2000. Система стандартов в системе образования. Порядок разработки, утверждения и введения в действие руководящих документов Республики Беларусь (образовательных стандартов). Основные положения;

РД РБ 03180.500–99. Единая система классификации и координирования технико-экономической и социальной информации Республики Беларусь. Порядок разработки и введения Общегосударственного классификатора Республики Беларусь «Специальности и квалификации».

Единая система конструкторской документации дает студентам основу знаний по автоматизации и механизации процесса проектирования.

Для облегчения подбора нужных стандартов обозначим состав разделов ЕСКД и их нумерацию:

– основные положения – ГОСТ 2.101, ГОСТ 2.102 и т. д.;

– система обозначений и классификация изделий – ГОСТ 2.201, ГОСТ 2.202 и т. д.;

– общие правила оформления чертежей – ГОСТ 2.301, ГОСТ 2.302 и т. д.;

– правила оформления чертежей конкретных изделий – ГОСТ 2.401, ГОСТ 2.402 и т. д.;

– учет, хранение, дублирование, изменение конструкторской документации – ГОСТ 2.501, ГОСТ 2.502 и т. д.;

– эксплуатационные и ремонтные документы – ГОСТ 2.601, ГОСТ 2.602 и т. д.;

– выполнение схем – ГОСТ 2.701, ГОСТ 2.702 и т. д.;

– правила – ГОСТ 2.801, ГОСТ 2.802 и т. д.

По ЕСКД объект производства, для изготовления которого выполняют конструкторскую документацию, определяется термином «изделие».

**И з д е л и е** – предмет или совокупность предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. В зависимости от назначения различают изделия основного и вспомогательного производства. Изделие, предназначенное для поставки предприятием-изготовителем заказчику (потребителю), относят к изделиям основного производства; изделие, предназначенное для собственных нужд предприятия-изготовителя, относят к изделиям вспомогательного производства.

**В и д ы и з д е л и й** – детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

**Д е т а л ь** – изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций (например, болт, литой корпус, вал, печатная плата; эти же изделия с нанесенными на них защитными или декоративными покрытиями; эти же изделия, подвергнутые физико-химической или термической обработке).

**С б о р о ч н а я е д и н и ц а** – изделие, составные части которого соединены на предприятии-изготовителе сборочными операциями – сваркой, свинчиванием, клепкой, опрессовкой и т. п. (например, редуктор, станок, электродвигатель, микромодуль).

**К о м п л е к с** – два (или более) специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций (например, сборочный конвейер,

автоматическая телефонная станция, орбитальный комплекс). В состав комплекса могут входить изделия, выполняющие основные функции, а также детали, сборочные единицы и комплекты, предназначенные для выполнения вспомогательных функций (например, для монтажа и технического обслуживания комплекса).

**Комплект** – два (или более) изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие собой набор изделий вспомогательного назначения (комплекты запасных частей, инструментов, измерительных средств, упаковочной тары и т. п.).

Структура изделия по виду входящих в него составных частей показана на рис. 1.1.

Изделия в зависимости от наличия в них составных частей разделяют на неспецифицированные и специфицированные, а по частоте использования в конструкциях – на унифицированные, стандартизованные и оригинальные.

*Неспецифицированное изделие* – изделие (деталь), не имеющее составных частей.

*Специфицированное изделие* – изделие (сборочная единица, комплект, комплект), состоящее из двух и более составных частей. Перечень составных частей заносят в установленном порядке в спецификацию.



Рис. 1.1. Структура изделия

*Стандартизованное изделие* – изделие, применимое по государственному, республиканскому или отраслевому стандарту, полностью и однозначно определяющему его конструкцию, показатели качества, методы контроля, правила приемки и поставки.

*Унифицированное изделие* – изделие, применимое в конструкциях нескольких однотипных или разнородных изделий.

*Оригинальное изделие* – изделие, применимое в конструкции только одного изделия.

Различают также:

– изделия однотипного исполнения, обладающие общими конструктивными признаками, но не взаимозаменяемые с другими изделиями;

– изделия основного и неосновного исполнения.

Типовой состав специфицированного изделия показан на рис. 1.2.

Каждому изделию в соответствии с определением ГОСТ 2.201–80 должно быть присвоено обозначение, которое нельзя использовать для обозначения другого изделия. Стандартом установлена единая обезличенная классификационная система обозначения изделий основного и вспомогательного производства – Классификатор ЕСКД.

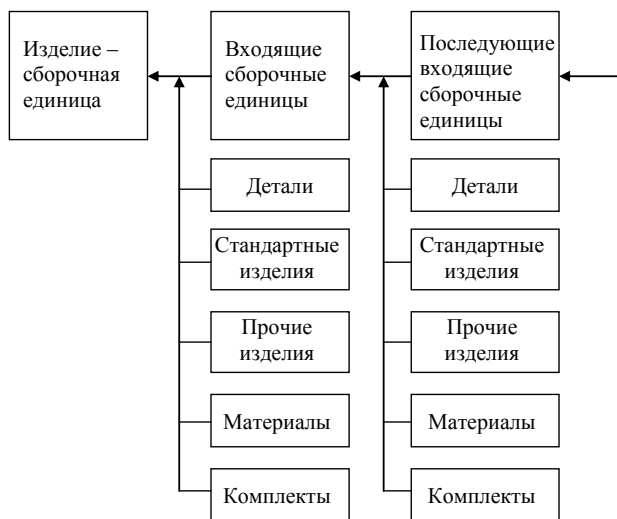


Рис. 1.2. Специфицированное изделие

**Структура обозначения** изделия и его конструкторского документа содержит четырехзначный код организации-разработчика, шестизначный код классификационной характеристики и трехзначный порядковый регистрационный номер (рис. 1.3).

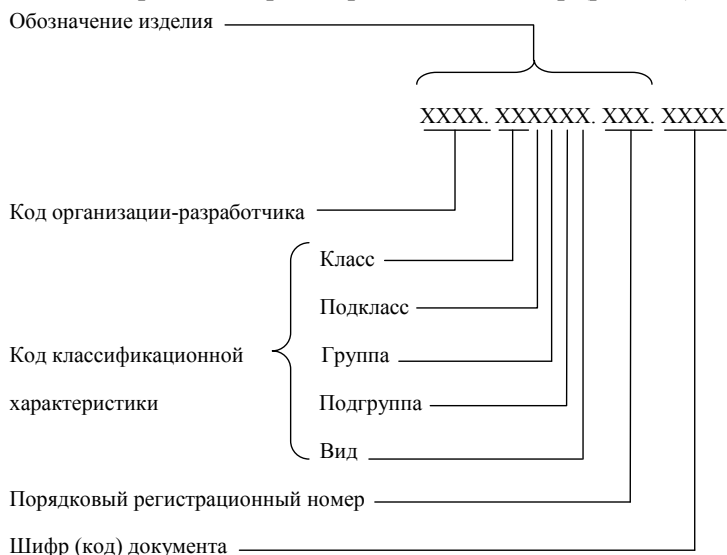


Рис. 1.3. Структура обозначения изделия

**Код организации-разработчика** (буквенный) присваивается по кодификатору этой организации или централизованно.

**Код классификационной характеристики** присваивается изделию и конструкторскому документу по Классификатору ЕСКД.

**Порядковый номер** присваивается изделию по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика или кода, выделенного централизованно.

Виды и комплектность конструкторской документации (КД) на изделия всех отраслей промышленности установлены ГОСТ 2.102.

К КД относятся графические и текстовые материалы, которые в отдельности или совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат все необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

К основным КД относятся чертеж детали и спецификация. Все остальные виды документации считаются неосновными.



**Чертеж детали** – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

**Спецификация** – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

**Сборочный чертеж** – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. Код документа – СБ.

**Чертеж общего вида** – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Код документа – ВО.

**Теоретический чертеж** – документ, определяющий геометрическую форму (контуры, обводы) изделия и координаты расположения основных составных частей. Код документа – ТЧ.

**Габаритный чертеж** – документ, содержащий упрощенное контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами. Код документа – ГЧ.

**Электромонтажный чертеж** – документ, содержащий данные для выполнения электрического монтажа изделия. Код документа – МЭ.

**Монтажный чертеж** – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия и данные для его установки (монтажа) на месте применения. Код документа – МЧ.

**Упаковочный чертеж** – документ, содержащий данные для упаковки изделия. Код документа – УЧ.

**Схема** – документ, на котором составные части изделия и связи между ними показаны в виде условных изображений или обозначений.

**Ведомость спецификаций** – документ, содержащий перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости. Код документа – ВС.

**Технические условия** – документ (проектный или рабочий), содержащий требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке; совокупность всех показателей, норм, правил и положений, которые не указаны в других КД. Шифр документа – ТУ.

П о я с н и т е л ь н а я   з а п и с к а – документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, инженерные расчеты, графики, схемы и программы, заявку на получение патента.

Стадии разработки конструкторской документации по ГОСТ 2.103 разделяются на техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, разработку рабочей документации.

Конструкторские документы называются «проектными» на стадии эскизного и технического проектов и «рабочими» – на стадии выполнения рабочей документации.

В проектной документации разработка чертежей сборочных единиц (специфицированных изделий) выполняется как разработка чертежей общих видов машины, группы, узлов. Только на стадии выполнения рабочей документации чертежи сборочных единиц называются сборочными чертежами.

В эскизном проекте разрабатываются принципиальные конструктивные решения; определяются назначение, основные параметры, габариты изделия – машины. В техническом проекте даются окончательные решения конструкции машины и ее частей, которые также являются исходными для разработки рабочей документации. Рабочая документация должна содержать необходимые и достаточные данные для изготовления и контроля деталей и сборочных единиц.

Каждому документу в зависимости от его принадлежности к определенной стадии разработки присваивается литера, которая ставится в соответствующей графе «Основной надписи» (штампа чертежа). ГОСТ 2.103 предусматривает присвоение конструкторским документам литеры «О» после их корректировки по результатам заводских испытаний образца (опытной партии); литеры «А» – после корректировки по результатам испытания и оснащения техно-логического процесса ведущих составных частей изделия установочной серии; литеры «Б» – окончательно отработанным рабочим документам для установившегося серийного (массового) производства. Как правило, учебная конструкторская документация может причисляться к документам для индивидуального производства, для разового изготовления одного (или нескольких) изделия; для

рабочей документации в этом случае ГОСТ предусматривает литеру «И» или «У».

В учебное проектирование, как правило, включают следующие виды изделий по ГОСТ 2.101:

– деталь, т. е. изделие неспецифицированное, изготовленное из одного материала без применения сборочных операций;

– сборочная единица – изделие, состоящее из двух и более составных частей, соединяемых сборочными операциями (узел, группа узлов, машина); реже встречается комплекс.

Стадии разработки документации в проектировании следующие:

1. Ознакомление с методикой эскизного проектирования осуществляется при выполнении предварительных подсчетов, эскизов, на-чальной части пояснительной записки, расчетов, чертежа общего вида машины, принципиальных схем.

2. Элементы технического проекта обрабатываются в процессе исполнения чертежей общих видов, расчетов, описаний группы разрабатываемых узлов (совокупности сборочных единиц).

3. Правила выполнения рабочей документации изучаются (повторяются) при разработке заданных узлов (сборочных единиц) и деталей.

В соответствии с указанными стадиями разработки документации выполняются следующие виды конструкторской документации: общие виды, сборочные чертежи, спецификации, чертежи деталей, схемы (принципиальные, установочных положений и др.), пояснительные записки, расчеты.

Состав конструкторских документов учебных проектов и примерная схема комплектации представлены на рис. 1.4.

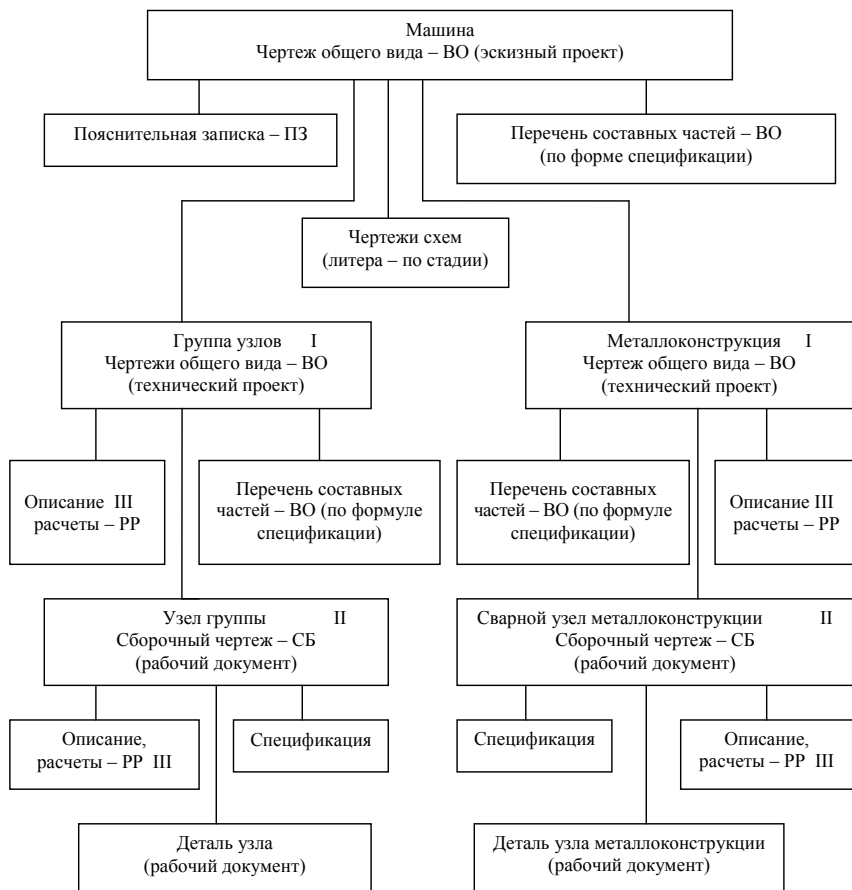


Рис. 1.4. Содержание дипломного проекта:

I – совокупность сборочных единиц; II – сборочная единица;

III – составная часть пояснительной записки (ПЗ и РР)

На рис. 1.4 приведен состав документации в общем случае. Для конкретного дипломного проекта состав документов может быть уменьшен за счет исключения какого-либо комплекта – чертежа, спецификации, описания, расчетов. Количество таких комплектов каждого вида устанавливается для каждого конкретного случая.

**Графические документы** (ГОСТ 2.102). Чертеж общего вида определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняет принципы работы изделия.

Сборочный чертеж содержит изображение изделия и данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

Чертеж детали содержит изображение детали и данные для ее изготовления и контроля.

На схеме изображаются (условно) составные части изделий и связи между ними.

**Текстовые документы** (ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106). Спецификация определяет состав сборочной единицы, она совместно с чертежом служит для изготовления последней, комплектования конструкторских документов; выполняется на отдельных листах по форме ГОСТ 2.106. Спецификация входит в рабочую документацию. В эскизном и техническом проектах для чертежа общего вида дается перечень составных частей сборочной единицы по форме спецификации на отдельных форматах, являющихся листами того же чертежа.

В учебном проектировании чертежи, спецификации, перечни составных частей следует рассматривать в едином комплексе.

Пояснительная записка содержит описание устройства изделия, принципа действия, обоснование (в том числе расчетное) принятых технических и технико-экономических решений.

Расчет содержит определение значений параметров и других величин (кинематических, прочностных и др.).

Состав пояснительной записки (ПЗ) в общем случае: введение, назначение и область применения изделия, техническая характеристика, описание конструкции, расчеты, определяющие или подтверждающие работоспособность изделия, описание работ с применением проектируемого изделия, ожидаемые технико-экономические показатели.

Расчеты, вошедшие в ПЗ, составляют документ, содержащий задачи расчета, исходные данные, эскиз или расчетную схему, условия расчета, расчет, заключение.

Введение ПЗ дипломного проекта содержит технико-экономические и научные обоснования к проектированию, краткое обзорное исследование вопроса, выбор типа. В конце ПЗ рассматриваются особенности эксплуатации машины, вопросы охраны труда и техники безопасности.

В кинематических схемах, выполненных на отдельных чертежах, на полках линий-выносок нужно проставлять порядковые номера

элементов схемы, на поле чертежа давать таблицу с указанием справочных и расчетных данных: числа зубьев, модулей шестерен, шага звездочек и т. д.

Гидравлические схемы выполняются по ГОСТ 2.704.

### *1.2.1. Правила выполнения чертежей*

#### **Форматы**

Форматы листов чертежей и других документов установлены ГОСТ 2.301–68. Основные форматы имеют следующие обозначения и размеры сторон:

Обозначение	A0	A1	A2	A3	A4
Размеры сторон, мм	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297

Допускается при необходимости применять формат A5 с размерами сторон 148 × 210 мм. Формат A0 имеет площадь 1 м<sup>2</sup>.

**Дополнительные форматы** образуются кратным увеличением коротких сторон основных форматов. Дополнительные форматы, как правило, выбирают следующие:

A0 × 2 (1189 × 1682); A0 × 3 (1189 × 2523);  
A1 × 3 (841 × 1782); A1 × 4 (841 × 2378);  
A2 × 3 (594 × 1261); A2 × 4 (594 × 1682); A2 × 5 (594 × 2102);  
A3 × 3 (420 × 891); A3 × 4 (420 × 1189); A3 × 5 (420 × 1486);  
A3 × 6 (420 × 1782); A3 × 7 (420 × 2080);  
A4 × 3 (297 × 630); A4 × 4 (297 × 841); A4 × 5 (297 × 1051);  
A4 × 6 (297 × 1261); A4 × 7 (297 × 1471); A4 × 8 (297 × 1682);  
A4 × 9 (297 × 1892).

Рекомендуемые в дипломном проекте форматы: A1, A2 × 3 и A4 × 4.

Обозначение дополнительного формата состоит из обозначения основного формата и его кратности, например А4 × 3 (размеры сторон 297 × 630 мм), А4 × 5 (размеры сторон 297 × 1051 мм).

Формат листа определяется размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией (рис. 1.5).

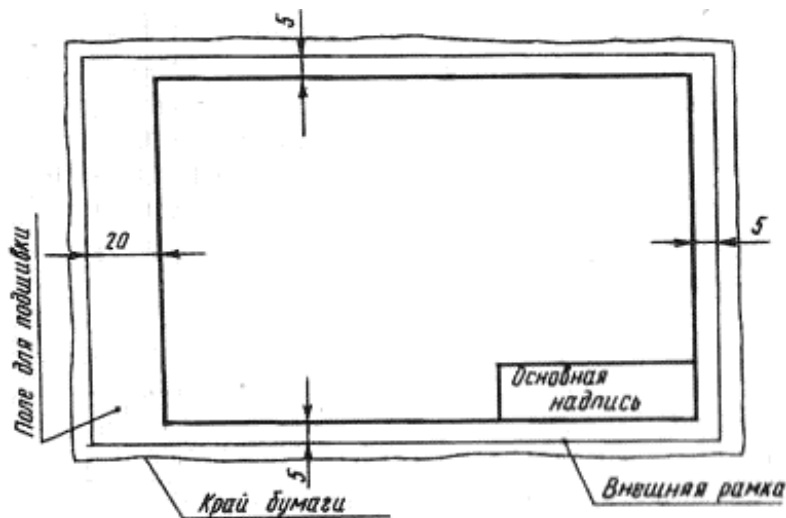


Рис. 1.5. Формат

## Масштабы

Масштабом называют отношение линейных размеров изображения объекта на чертеже к действительным размерам объекта.

Масштабы изображений на чертежах согласно ГОСТ 2.302 выбирают из следующих рядов:

**масштабы уменьшения:** 1:2, 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000;

**натуральная величина:** 1:1;

**масштабы увеличения:** 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Допускается применять следующие масштабы уменьшения на чертежах генеральных планов крупных объектов: 1:2000; 1:5000; 1:10 000; 1:20 000; 1:25 000; 1:50 000 и масштабы увеличения  $100 n : 1$ , где  $n$  – целое число.

На чертежах масштаб обозначают в соответствующей графе основной надписи по типу 1:1, 1:2, 2:1 и т. д., на поле чертежа (в случае отличия от основного) – по типу А (1:1), Б–Б (1:2), I (2:1) и т. д.

### Линии

Начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности даны на рис. 1.6. Специальные назначения линий (изображения резьбы, шлицев, границы зон с различной шероховатостью и т. д.) определены в соответствующих стандартах ЕСКД. Примеры применения линий даны на рис. 1.7–1.15 (номера позиций на них соответствуют номерам линий на рис. 1.6).

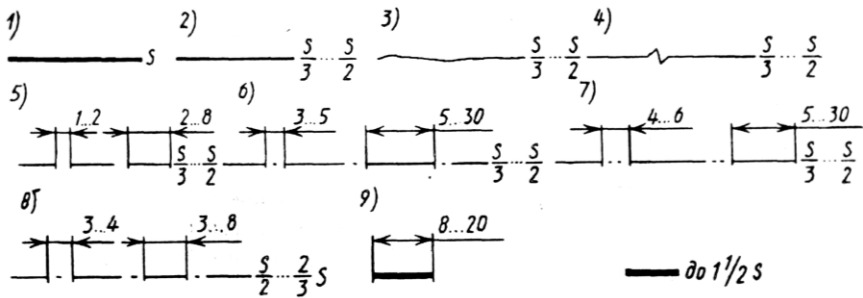


Рис. 1.6. Линии чертежа и их назначение:

1 – сплошная толстая основная: линии видимого контура, перехода видимые, контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза); 2 – сплошная тонкая: линии размерные и выносные, штриховки, контура наложенного сечения, для изображения пограничных деталей («обстановка»), ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях, перехода воображаемые, подчеркивание надписей, линии-выноски и их полки, следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях; 3 – сплошная волнистая: линии обрыва, разграничения вида и разреза; 4 – сплошная тонкая с изломом: длинные линии обрыва; 5 – штриховая: линии невидимого контура, перехода невидимые; 6 – штрихпунктирная: линии осевые и центровые, сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных и выносных



сечений; 7 – штрихпунктирная с двумя точками: линии сгиба на развертках; 8 – штрихпунктирная утолщенная: линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию, для изображения элементов, расположенных перед секущей

плоскостью («наложенная проекция»); 9 – разомкнутая линия сечений

Концы разомкнутой линии 9 для сложных разрезов и сечений можно соединить штрихпунктирной линией 6.

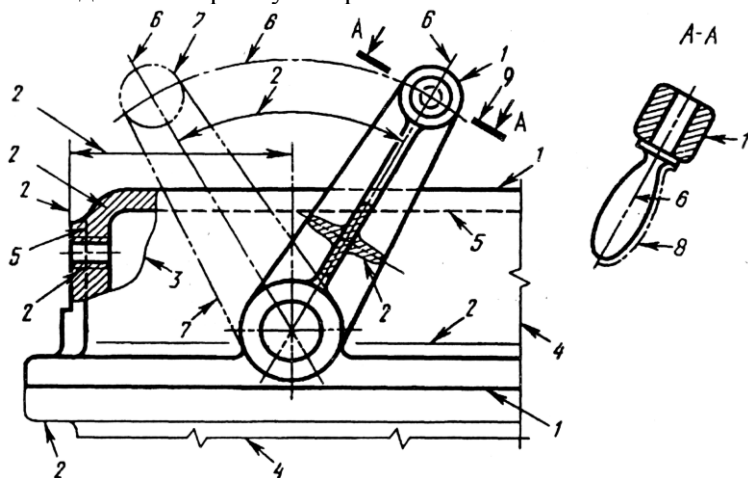


Рис. 1.7. Примеры применения линий на чертеже

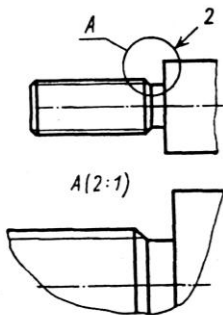


Рис. 1.8. Пример линии ограничения выносного элемента на виде

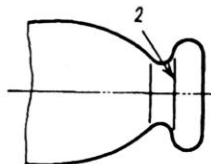


Рис. 1.9. Пример изображаемой линии перехода

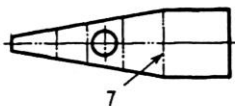


Рис. 1.10. Пример линии сгиба на развертке

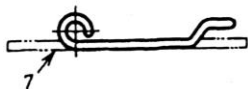


Рис. 1.11. Пример линии сгиба на развертке, совмещенной с видом

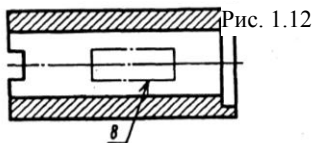
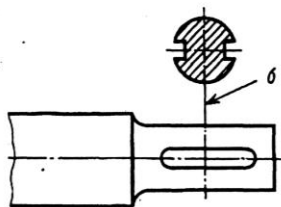


Рис. 1.12



Рис. 1.13. Пример линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)

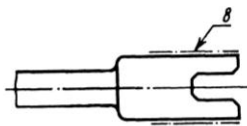


Рис. 1.14. Пример линии, обозначающей поверхности, подлежащие термообработке или покрытию

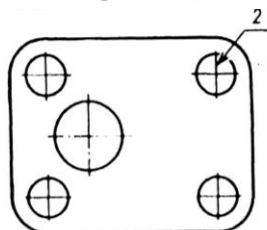


Рис. 1.15. Пример замены штрихпунктирных линий сплошными тонкими

**Толщина сплошной основной линии** должна быть в пределах 0,5–1,4 мм в зависимости от размеров и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина линий одного и того же типа, вычерчиваемых в одинаковом масштабе, должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже.

**Наименьшие толщины линий и расстояние между соседними параллельными линиями** принимают в зависимости от формата и способа выполнения чертежа.

На чертежах формата с размером большой стороны 841 мм и более:

	<i>В туши</i>	<i>В карандаше</i>
Толщина линий, мм	0,3	0,3
Расстояние между линиями, мм	0,8	1,0

На чертежах формата с размером большой стороны менее 841 мм:

	<i>В туши</i>	<i>В карандаше</i>
Толщина линий, мм	0,2	0,3
Расстояние между линиями, мм	0,8	0,8

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от размеров изображения. Штрихи и линии должны быть приблизительно одинаковой длины, промежутки между штрихами – также одинаковой длины. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами. Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

### ***Графическое обозначение материалов***

Графические обозначения материалов в сечениях и на видах (фасадах), а также правила нанесения их на чертежах приведены в ГОСТ 2.306 (рис. 1.16). Общее графическое обозначение материала в сечении независимо от вида материала – равномерная штриховка сплошными тонкими линиями (рис. 1.16, 1, 2).

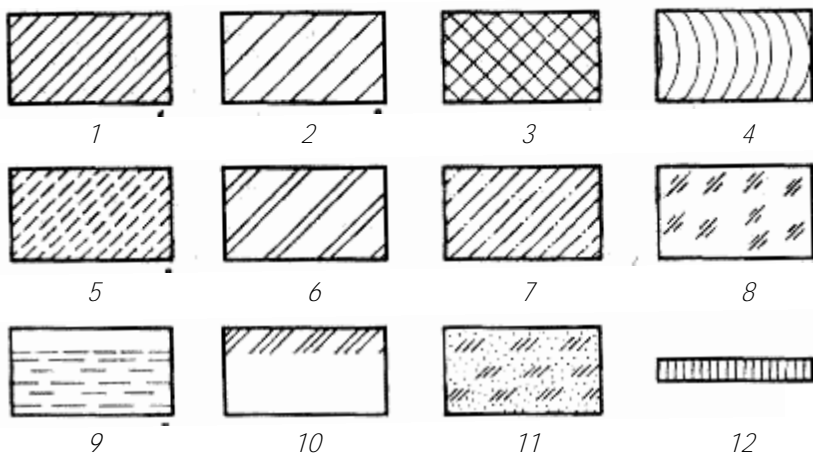


Рис. 1.16. Графические обозначения материалов и сетки в сечениях:

1 – общее обозначение независимо от материала; 2 – металлы и твердые сплавы; 3 – неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже; 4 – дерево; 5 – камень естественный; 6 – керамика и силикатные материалы для кладки; 7 – бетон; 8 – стекло и другие светопрозрачные материалы; 9 – жидкости; 10 – грунт естественный; 11 – засыпка из любого материала; 12 – сетка

Так же обозначают металлы и твердые сплавы. Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают, как металлы. Графическое обозначение дерева (рис. 1.16, 4) следует применять, когда нет необходимости указывать направление волокон. Графическое обозначение керамики и силикатных материалов (рис. 1.16, 6) следует применять для обозначения кирпичных изделий (обожженных и необожженных), огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т.п. Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренные стандартом, поясняя их на чертеже.

При выделении материалов и изделий на виде (фасаде) применяют графические обозначения (рис. 1.17). Для уточнения разновидности материала, в частности с однотипным изображением, графическое обозначение сопровождают поясняющей надписью на поле чертежа. Обозначение материала на

виде допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри контура.

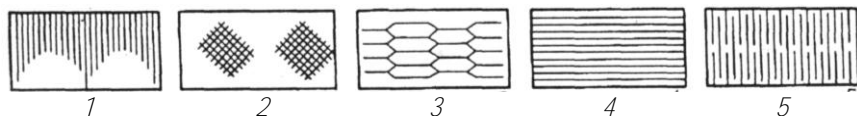


Рис. 1.17. Графические обозначения материалов на видах:

1 – металлы; 2 – сталь рифленая; 3 – сталь просечная; 4 – кладка из строительного и специального кирпича, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней любой формы и т. п.; 5 – стекло

Линии штриховки проводят под углом  $45^\circ$  к линии контура изображения (рис. 1.18, а), или к его оси (рис. 1.18, б), или к линиям рамки чертежа (рис. 1.19).

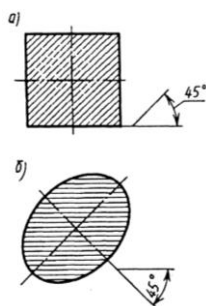


Рис. 1.18

Нанесение штриховки

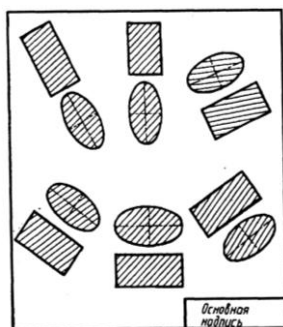


Рис. 1.19

Нанесение штриховки

Если линии контура или осевые расположены под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа, то линии штриховки проводят под углом  $30$  или  $60^\circ$  (рис. 1.20). Линии штриховки наносят с наклоном влево или вправо, но в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены. Расстояние между линиями штриховки выбирают  $1-10$  мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку в смежных сечениях. Выбранное расстояние выдерживают, как правило, одинаковым для всех сечений детали, выполняемой в одном и том же масштабе. Узкие и длинные площади сечений (например, штампованных, вальцованных и других подобных деталей) шириной на чертеже  $2-4$  мм

рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий, а остальную площадь сечения – небольшими участками в нескольких местах (рис. 1.21). В этих случаях линии штриховки стекла (рис. 1.22) наносят с наклоном 15–20° к линии большой стороны контура сечения. Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерненными с просветами между смежными сечениями не менее 0,8 мм. Обозначения дерева и засыпки выполняют от руки.

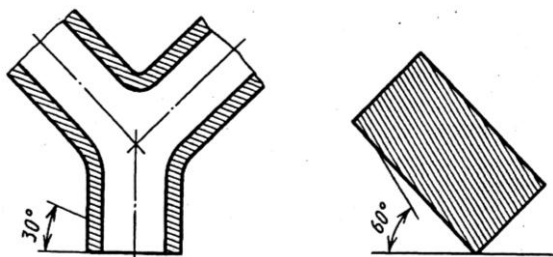


Рис. 1.20. Нанесение штриховки

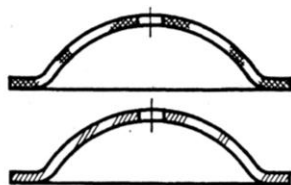


Рис. 1.21. Нанесение штриховки в узких и длинных сечениях

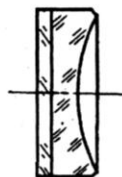


Рис. 1.22. Нанесение штриховки стекла

### ***Виды, разрезы, сечения***

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяют на виды, разрезы, сечения.

В и д – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета с помощью штриховых линий (рис. 1.23).

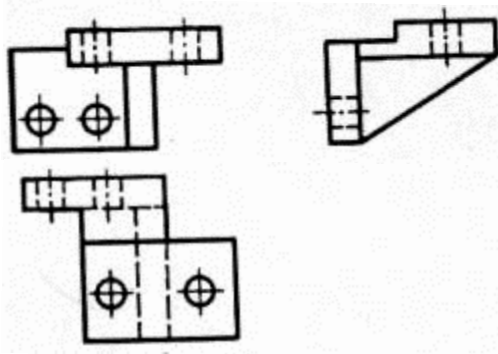


Рис. 1.23. Изображения предмета с указанием невидимых линий

**Р а з р е з** – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывают то, что находится в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 1.24).

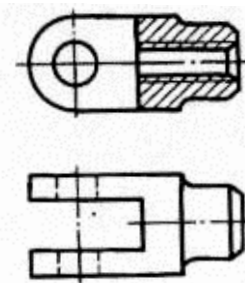


Рис. 1.24. Разрез и вид

**С е ч е н и е** – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 1.25). Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость.

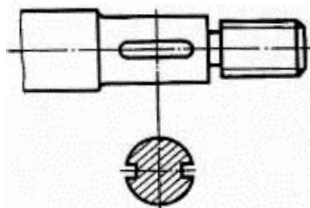


Рис. 1.25. Вид и сечение

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) на чертеже должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении стандартных условных обозначений, знаков и надписей.

Названия видов на чертежах не надписывают, если они расположены в установленной проекционной связи. Если виды сверху, слева, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением, то направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) указывают одну и ту же прописную букву (Д на рис. 1.26). Так же оформляют чертежи, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

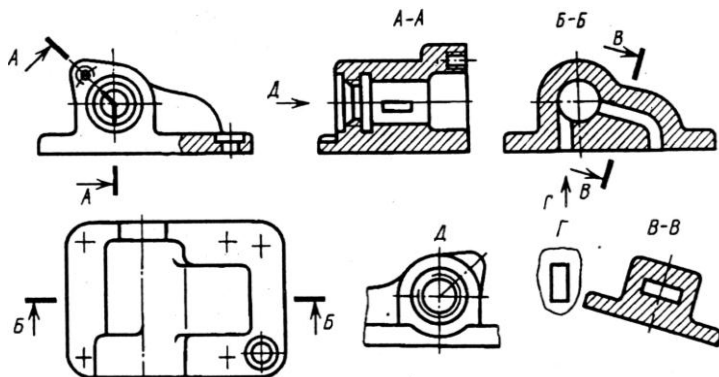


Рис. 1.26. Изображения – виды, разрезы, сечения

Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.



В остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождают надписью по типу А–А (рис. 1.27). Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рис. 1.30) или наложенных (рис. 1.31), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.

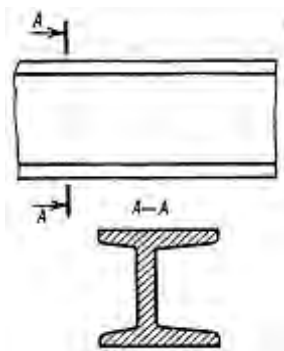


Рис. 1.27. Вынесенное несимметричное сечение

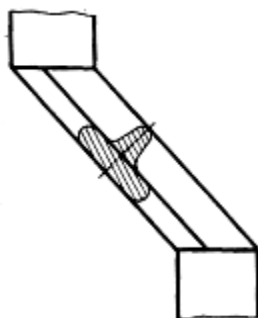


Рис. 1.28. Наложённое симметричное сечение

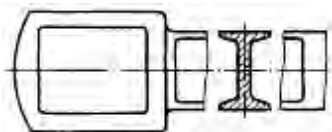


Рис. 1.29. Вынесенное симметричное сечение в разрыве изображения

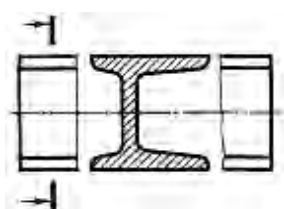


Рис. 1.30. Вынесенное несимметричное сечение в разрыве изображения и его обозначение

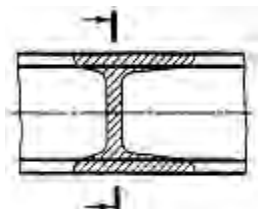



Рис. 1.37. Наложённое несимметричное сечение и его обозначение

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линии сечения обозначают одной и той же буквой и

вычерчивают одно сечение (рис. 1.32, 1.33). Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (рис. 1.34), то знак  не наносят.

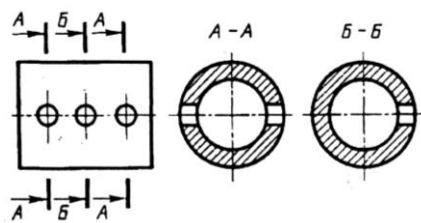


Рис. 1.32. Одинаковые сечения профильными плоскостями и их обозначения

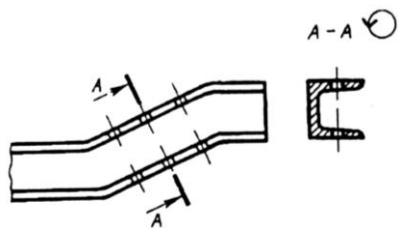


Рис 1.33. Одинаковые сечения параллельными плоскостями и их обозначения

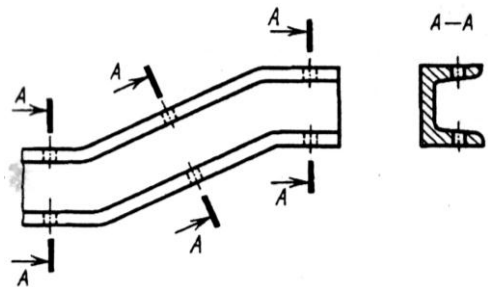


Рис. 1.34. Одинаковые сечения непараллельными плоскостями и их обозначения

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (рис. 1.35).

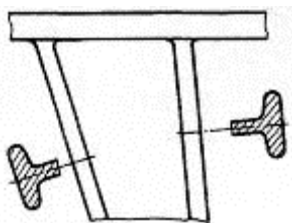


Рис. 1.35. Положение секущих плоскостей для получения нормальных поперечных сечений

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур

отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 1.36, а, б). Если сечение состоит из отдельных частей, то применяется разрез (рис. 1.37).

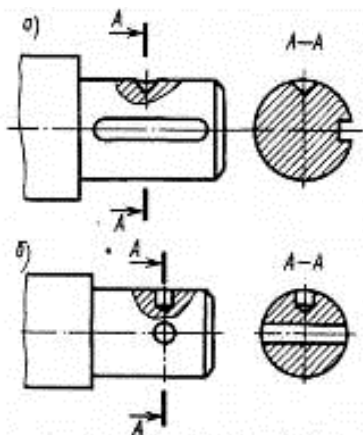


Рис. 1.36. Круглые отверстия и углубления в сечениях

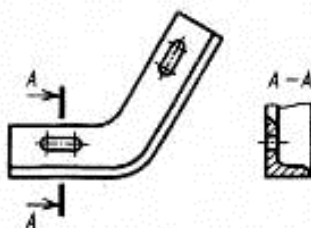


Рис. 1.37. Случай недопустимости применения сечения (применен разрез)

Условные обозначения выполняются тонкими линиями.

Плоские поверхности на чертеже выделяют при необходимости диагональными сплошными тонкими линиями (рис. 1.38).

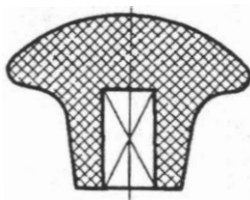


Рис. 1.38. Изображение плоской поверхности диагональными сплошными тонкими линиями

Предметы или элементы, имеющие постоянное или закономерно изменяющееся поперечное сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.), допускается изображать с разрывами.

Частичное изображение с разрывом ограничивают одним из следующих способов:

а) сплошной тонкой линией с изломом, которая может выходить за контур изображения на 2–4 мм. Эта линия может быть наклонной относительно линии контура (рис. 1.39, а, б);

б) сплошной волнистой линией, соединяющей соответствующие линии контура (рис. 1.39, в, г);

в) линиями штриховки (рис. 1.39, д, е).

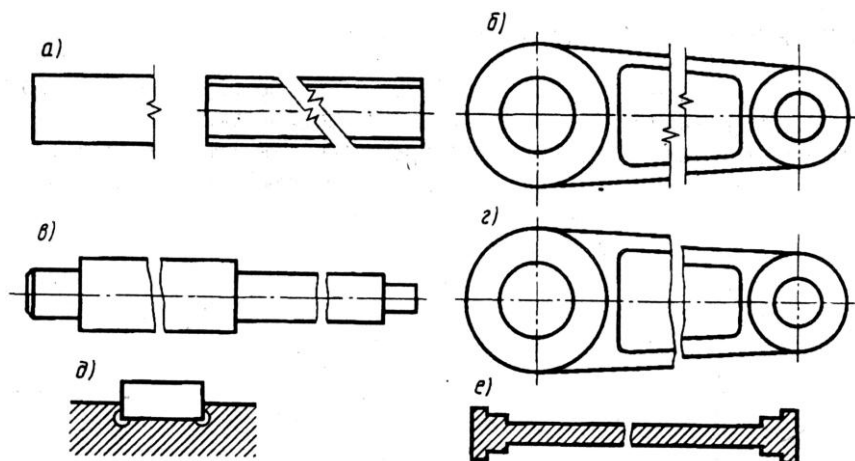


Рис. 1.39. Изображение длинных деталей с разрывами

На чертежах предметов со сплошной сеткой, плетенкой, орнаментом, рельефом, накаткой и т. д. можно изображать эти элементы частично, с возможным упрощением (рис. 1.40).

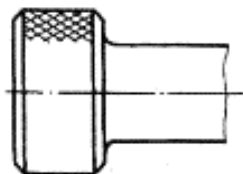


Рис. 1.40. Изображение детали с рифлением

Отверстия в ступицах колес, шкивов и т. п., а также шпоночные пазы можно показывать лишь контуром отверстия (рис. 1.41) или паза (рис. 1.42).

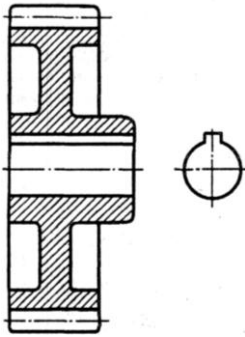


Рис. 1.41. Изображение отверстия в ступице контуром

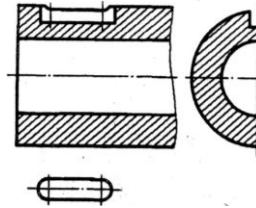


Рис. 1.42. Изображение шпоночного паза контуром

Отверстие в круглом фланце, когда оно не попадает в секущую плоскость, можно изображать в разрезе (рис. 1.43).

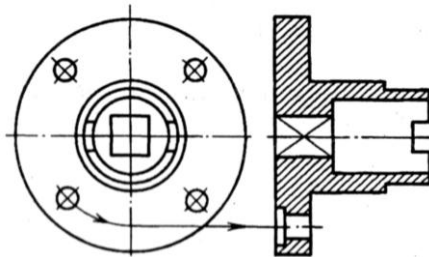


Рис. 1.43. Изображение отверстия в круглом фланце

Условное графическое обозначение *Повернуто* должно соответствовать рис. 1.44, *а* и *Развернуто* – рис. 1.44, *б*.

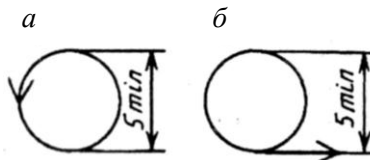


Рис. 1.44. Знаки на чертеже «повернуто» (*а*) и «развернуто» (*б*)

## Нанесение предельных отклонений размеров

Предельные отклонения размеров указывают непосредственно после номинальных размеров (указание предельных отклонений для размеров низкой точности см. ниже).

Для линейных размеров предельные отклонения указывают на чертежах согласно ГОСТ 25346–89 и ГОСТ 25347–82:

- обозначениями полей допусков, например  $20H7$  (рис. 1.45, а);
- числовыми значениями, например  $20^{+0,018}$ ,  $12_{-0,059}^{-0,032}$  (рис. 1.45, б);
- условными обозначениями полей допусков с указанием справа в скобках их числовых значений, например  $20H7^{(+0,018)}$ ,  $12e8^{(-0,032/-0,059)}$  (рис. 1.45, в).

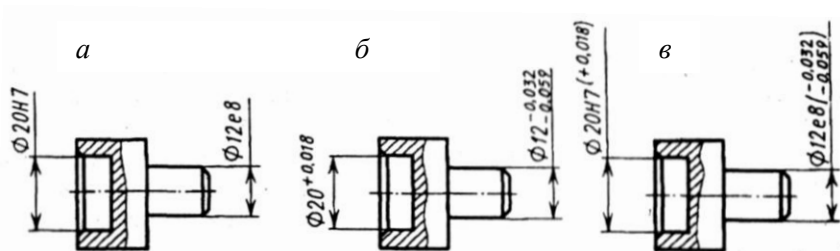


Рис. 1.45. Нанесение предельных размеров отклонений линейных размеров

Если номинальные размеры указаны буквенными обозначениями, то поля допусков указывают после тире, например Д – Н7. Числовые значения предельных отклонений можно указывать в таблице на свободном поле чертежа (слева – размер с обозначением поля допуска, справа – предельные отклонения в миллиметрах).

При записи предельных отклонений числовыми значениями верхние отклонения помещают над нижними, равные нулю не указывают, например  $60_{-0,032}^{+0,014}$ ,  $60_{-0,032}^{+0,014}$ ,  $60_{-0,174}^{0,000}$ ,  $60_{-0,19}^{+0,19}$ .

**Поля допусков отверстий и валов.** Поля допусков отверстий (охватывающих размеров) обозначают прописными, а валов (охватываемых размеров) – строчными буквами латинского алфавита. Цифры номера качества точности пишут в одну строку с

буквой, обозначающей поле допуска, высотой, равной высоте прописных букв.

Высота цифр, указывающих несимметричные предельные отклонения, на размер меньше высоты шрифта номинального размера. При симметричном расположении поля допуска абсолютную величину отклонений указывают один раз со знаком  $\pm$ . При этом высоту цифр, указывающих отклонения, и высоту цифр номинального размера принимают равными, например  $60 \pm 0,23$  (рис. 1.46). Десятичные дроби, выражающие числовые значения предельных отклонений, записывают до последней значащей цифры включительно, выравнивая число знаков в верхнем и нижнем отклонениях добавлением нулей, например  $10^{+0,15}_{-0,30}$ ,  $35^{-0,080}_{-0,142}$ .

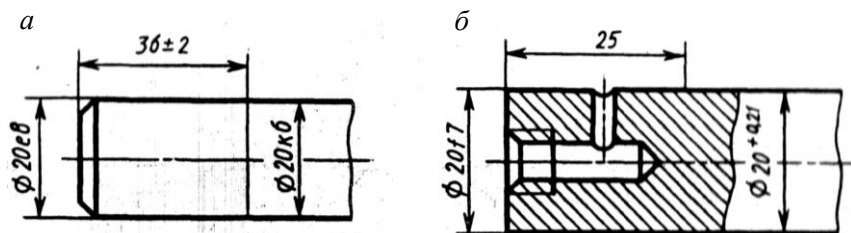


Рис. 1.46. Указание размеров участков с разными предельными отклонениями при одном номинальном размере

Если разные участки детали имеют один номинальный размер, но разные предельные отклонения, указывают размеры с соответствующими предельными отклонениями на каждом участке отдельно (см. рис. 1.46, а, б), а также проводят границу между этими участками сплошной тонкой линией.

Обязательно указывают числовые значения предельных отклонений при указанном условном обозначении поля допуска в следующих случаях:

а) когда номинальные размеры не включены в нормальные линейные размеры по ГОСТ 6636, а предельные отклонения – стандартные, например  $40,5H7^{(+0,025)}$ ;

б) условные обозначения назначенных предельных отклонений не включены в ГОСТ 25347–82, например для пластмассовой





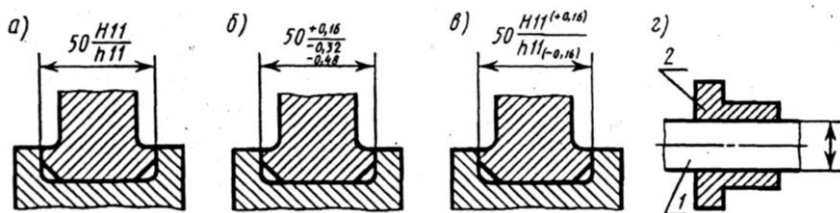


Рис. 1.49. Нанесение предельных отклонений деталей в соединениях

Значения размера одинаковых элементов деталей могут быть дополнительно ограничены в пределах части поля допуска записью в технических требованиях (рис. 1.50, а). Аналогично ограничивают накопленную погрешность расстояния между повторяющимися элементами (рис. 1.50, б).

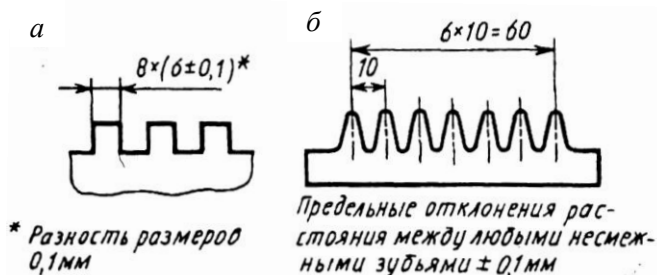


Рис. 1.50. Ограничение отклонений размера элемента (а) и накопленной погрешности (б)

При указании только одного предельного размера после размерного числа указывают соответственно «max» или «min» (рис. 1.51).

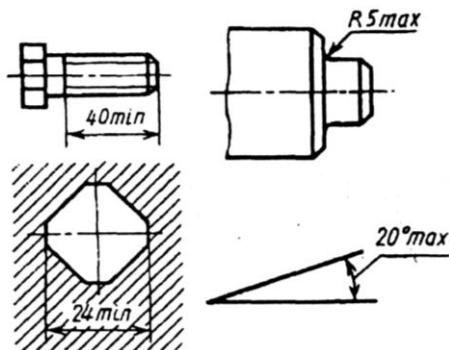


Рис. 1.51. Одностороннее ограничение предельного размера

Предельные размеры можно указывать на сборочных чертежах для зазоров, натягов, мертвых ходов и т. п., например *Осевое смещение кулачка выдержать в пределах 0,8–1,4 мм.*

**Предельные отклонения расположения осей отверстий** указывают двумя способами: позиционными допусками осей отверстий в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308 или предельными отклонениями размеров, координирующих оси (рис. 1.52).

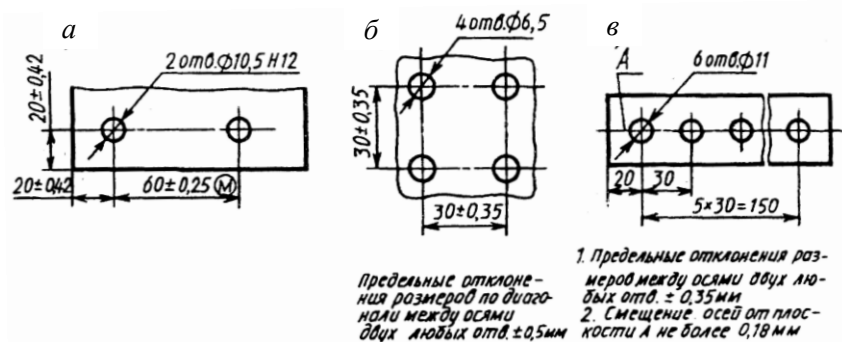


Рис. 1.52. Указание размеров, координирующих оси, с предельными отклонениями (а), с техническими требованиями (б), с допусками расположения и техническими требованиями (в)

### Обозначение шероховатости поверхности

По ГОСТ 2.309, ГОСТ 2789–73 обозначают шероховатость всех обрабатываемых по данному чертежу поверхностей изделия

независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 1.53. При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.



Рис. 1.53. Структура обозначения шероховатости поверхности

В обозначении применяют один из знаков шероховатости, изображенных на рис. 1.54. Высота  $h$  приблизительно равна примененной на данном чертеже высоте цифр размерных чисел. Высоту  $H$  принимают равной  $(1,5-5)h$ . Толщина линий знаков примерно равна половине толщины сплошной основной линии чертежа.

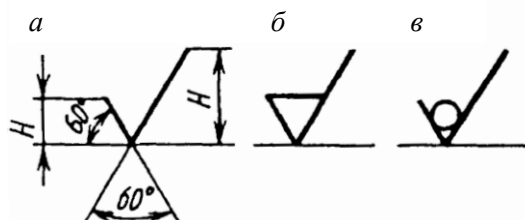


Рис. 1.54. Варианты знаков в обозначении шероховатости поверхности:

*а* – способ обработки поверхности конструктор не устанавливает; *б* – удаляется слой материала; *в* – поверхность образуется без удаления слоя материала с указанием значения параметра шероховатости

Поверхности детали, изготовляемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу

дополнительной обработке, указывают знаком по рис. 1.54, *в* без числовых значений. Состояние поверхности, обозначаемой этим знаком, должно соответствовать требованиям стандарта, техническим условиям или иным документам. На этот документ приводят ссылку, например, в виде указания сортамента материала в графе 3 основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104.

**Правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах.** Обозначения шероховатости поверхностей на изображении изделия располагают на линиях контура, выносных линиях (по возможности ближе к размерной линии) или на полках линий-выносок. При недостатке места обозначения шероховатости можно располагать на размерных линиях или на их продолжениях, а также разрывать выносную линию (рис. 1.55). На линии невидимого контура допускается наносить обозначение шероховатости только в тех случаях, когда от этой линии нанесен размер.

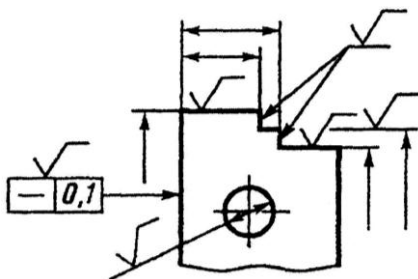


Рис. 1.55. Пример расположения обозначений шероховатости поверхности

Обозначения шероховатости поверхности располагают относительно основной надписи чертежа так, как показано на рис. 1.56.

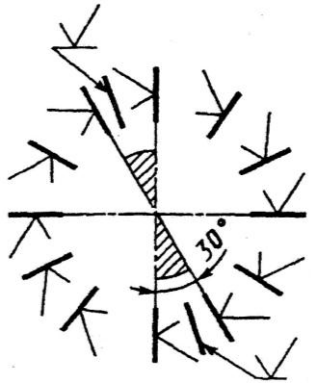


Рис. 1.56. Расположение обозначений шероховатости поверхности

При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения по возможности ближе к размеру (рис. 1.57).

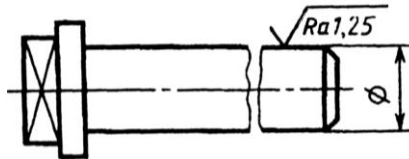


Рис. 1.57. Обозначение шероховатости при изображении изделия с разрывом

При одинаковой шероховатости поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в верхнем углу чертежа и на изображении не наносят (рис. 1.58). Размеры и толщина линий знака в этом случае приблизительно в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, наносимых на изображении.

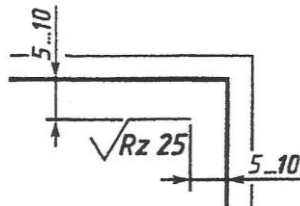


Рис. 1.58. Обозначение шероховатости, одинаковой для всех поверхностей изделия

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, можно помещать в правом верхнем углу чертежа (рис. 1.59) с обозначением в скобках знака, приведенного на рис. 1.54, *a*. Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак по рис. 1.54, *b*, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением знака в скобках. Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображениях. Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз независимо от числа изображений. Обозначение шероховатости симметрично расположенных элементов изделий наносят один раз.

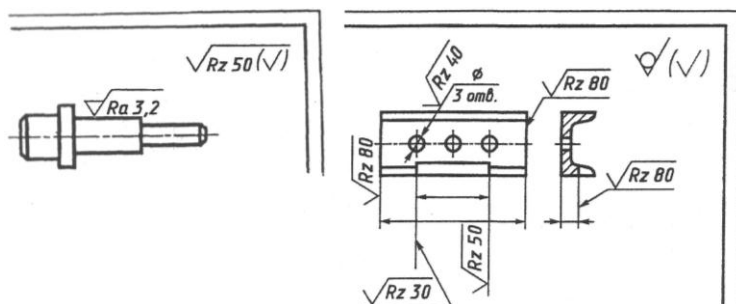


Рис. 1. 59. Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия

Участки с различной шероховатостью одной поверхности разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис. 1.60, *a*). Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят (рис. 1.60, *б*).

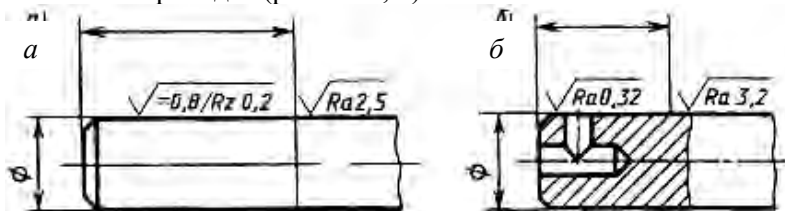


Рис. 1.60. Разграничение участков поверхности с различной шероховатостью



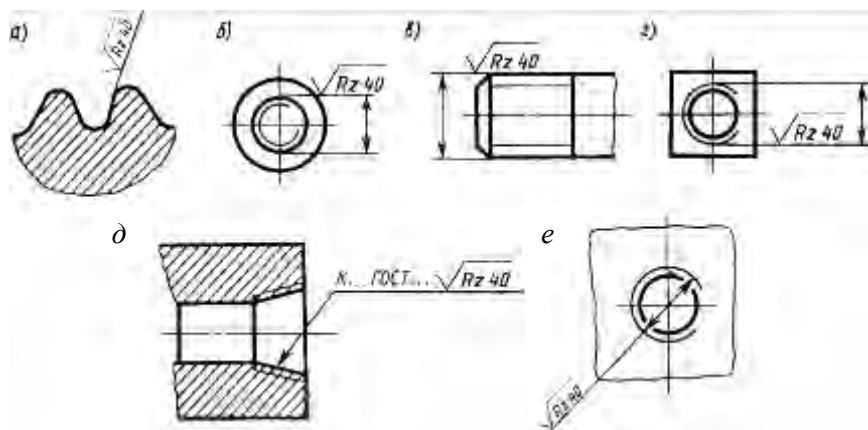


Рис. 1.62. Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы

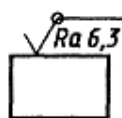


Рис. 1.63. Обозначение одинаковой шероховатости контурной поверхности при знаках

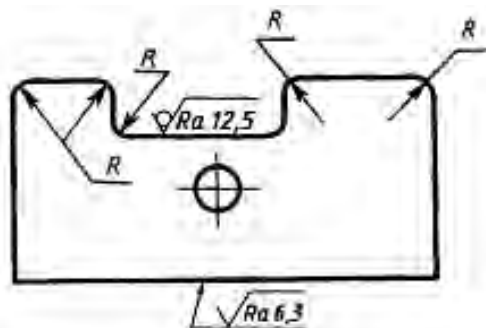


Рис. 1.64. Обозначение одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую

### **Обозначение покрытий и видов обработки**



Обозначение покрытия по ГОСТ 9.032 и 9.306–85 или отраслевому стандарту приводят в технических требованиях чертежа после слова *Покрытие*. Если покрытие нестандартизованное, то приводят все данные, необходимые для его выполнения.

Запись покрытия делают по типу:

*Покрытие...*, если одинаковое покрытие наносят на все поверхности изделия.

*Покрытие поверхностей А... или Покрытие поверхности А..., поверхностей Б...*, если покрытия должны быть нанесены на несколько поверхностей, обозначенных соответствующими буквами (рис. 1.65, а, б).

*Покрытие наружных поверхностей...*, если такие поверхности однозначно определены.

*Покрытие поверхности А..., остальных...* или *Покрытие, кроме поверхности А*, если одно и то же покрытие наносят на большое количество поверхностей изделия, а на остальные поверхности наносят другое покрытие или оставляют их без покрытия (рис. 1.65, в).

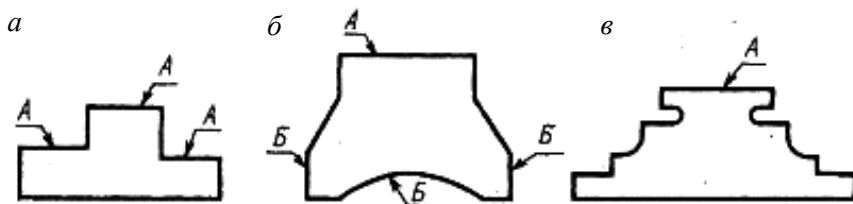


Рис. 1.65. Обозначение покрытий поверхностей:  
 а – одних и тех же покрытий одной буквой; б – разных покрытий соответствующими буквами; в – с двумя или одним покрытием

Если покрытие надо нанести на поверхность сложной конфигурации или часть поверхности, которую нельзя однозначно определить, то такие поверхности обводят штрихпунктирной линией на расстоянии 0,8–1 мм от контурной линии, обозначают их одной буквой и проставляют размеры, определяющие положение этих поверхностей; запись делают по типу *Покрытие поверхности*

*A*... (рис. 1.66). Размеры, определяющие положение поверхности, на которую будет нанесено покрытие, можно не проставлять, если они ясны из чертежа (рис. 1.66, *a*).

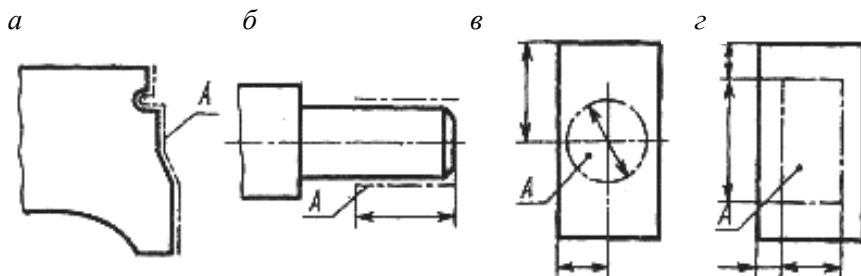


Рис. 1.66. Обозначение покрытий:  
*a* – поверхностей сложной конфигурации; *б, в, з* – части (участка)

**Правила нанесения свойств материалов.** На чертежах, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, полученных в результате обработки, например: твердость (HRC<sub>3</sub>, HRB, HRA, HB, HV), предел прочности ( $\sigma_b$ ), предел упругости ( $\sigma_y$ ), ударную вязкость ( $\alpha_k$ ) и т. п. Глубину обработки указывают буквой *h*. Глубину обработки и твердости материалов на чертежах указывают предельными значениями «от–до», например *h* 0,7...0,9; 40...46 HRC<sub>3</sub>. В технически обоснованных случаях можно указывать номинальные значения этих величин с предельными отклонениями, например *h* 0,8 ± 0,1; (43 ± 3) HRC<sub>3</sub>. Можно указывать значения показателей свойств материалов со знаками ≥ или ≤, например  $\sigma_b \geq 1500$  МПа, ≥ 780 HV и т. п.

На чертежах можно указывать виды обработки, результаты которых не подвергаются контролю, например отжиг, а также виды обработки, если они являются единственными гарантирующими требуемые свойства материала и долговечность изделия. В этих случаях наименование обработки указывают словами или условными сокращениями, принятыми в научно-технической литературе.

Если все изделие подвергают одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись 40...45 HRC<sub>3</sub>, или *Цементовать h 0,7...0,9 мм*; 58...62 HRC<sub>3</sub>, или *Отжиг* и т. п.

При необходимости указывают место испытания твердости (рис. 1.67).

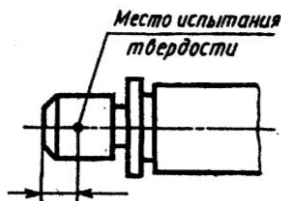


Рис. 1.67. Пример указания места испытания твердости (при необходимости)

Если большую часть поверхностей изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности – другому или предохраняют от нее, то в технических требованиях делают записи по типу, приведенному на рис. 1.68.

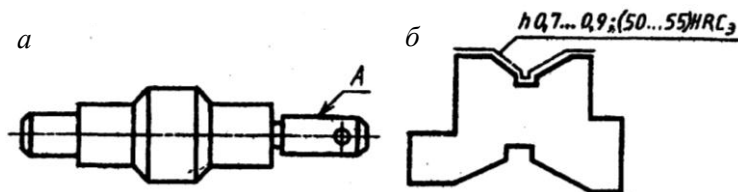


Рис. 1.68. Пример указания обработки части поверхности изделия:

*a* – 40...45 HRC<sub>3</sub>, кроме поверхности *A*;  
*б* – 30...35 HRC<sub>3</sub>, кроме места, отмеченного особо

Если обработке подвергают отдельные участки изделия, то показатели свойств материалов и при необходимости – способ получения этих свойств указывают на полках линий-выносок, а участки изделия, которые должны быть обработаны, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией, проводимой на расстоянии 0,8–1 мм от них, с указанием размеров, определяющих эти участки (рис. 1.69, *а*, *б*, *з*). Размеры, определяющие поверхности,

подвергаемые обработке, мож-но не проставлять, если они ясны из чертежа (рис. 1.69, а, б, а также рис. 1.69, а, б, в).

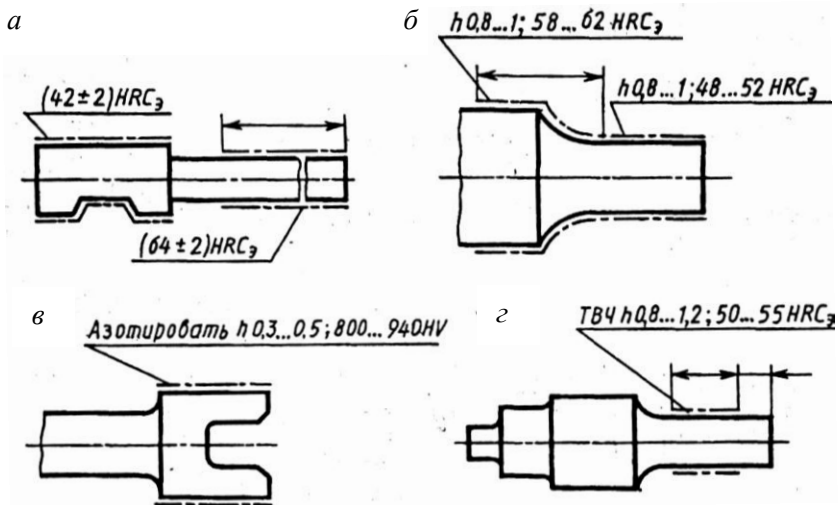


Рис. 1.69. Примеры обозначения участков поверхностей, подвергаемых обработке

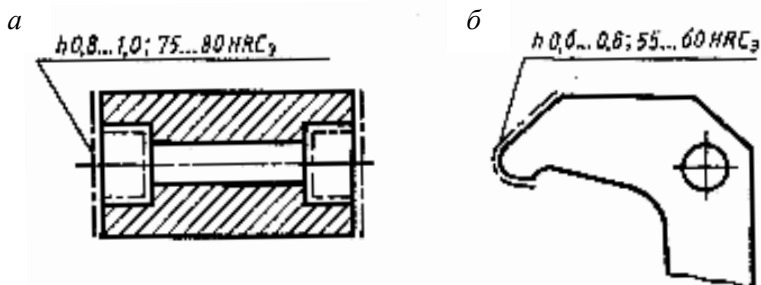


Рис. 1.70. Примеры обозначения участков поверхностей, подвергаемых обработке, без указания размеров

Поверхности изделия, подвергаемые обработке, отмечают штрих-пунктирной линией на той проекции, на которой они ясно определены (см. рис. 1.69). Можно отмечать эти поверхности и на других проекциях, при этом надпись с показателями свойств материала, относящимися к той же поверхности, наносят один раз (рис. 1.71). При одинаковой обработке симметричных участков или

поверхностей изделия все поверхности, подвергаемые обработке, отмечают штрихпунктирной линией, а показатели свойств материала указывают один раз (рис. 1.72, см. также рис. 1.70, а).

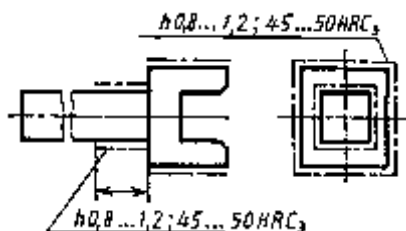


Рис. 1.71. Обозначение свойств поверхностей на нескольких проекциях

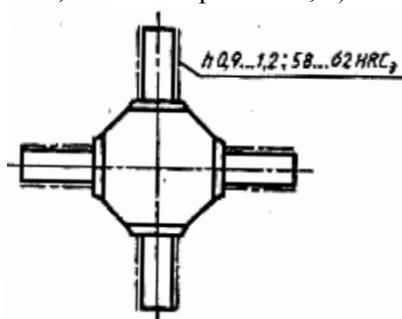


Рис. 1.72. Обозначение свойств поверхностей симметричных участков

При наличии на изделии участков поверхностей с различными требованиями к свойствам материала эти требования указывают отдельно для каждого участка (см. рис. 1.69, б).

Если надписи с указанием свойств материала и размеры, определяющие поверхности, подвергаемые обработке, затрудняют чтение чертежа, то их можно приводить на дополнительном упрощенном изображении, выполненном в уменьшенном масштабе.

Допускается не отмечать штрихпунктирной линией поверхности или участки изделия, определяемые термином или техническим понятием (например, рабочая часть или хвостовик режущего инструмента, поверхности зубьев зубчатого колеса или поверхности, обозначенные буквами, и т. п.). В этом случае в технических требованиях делают запись по типу: *Хвостовик  $h$  0,8...1 мм; 48...52 HRC, Поверхность А – 45...50 HRC.*

### **Выполнение на чертежах надписей и таблиц**

Наряду с изображениями предмета с размерами, предельными отклонениями и другими данными чертеж может содержать:

а) текстовую часть, состоящую из технических требований и (или) технических характеристик;

б) надписи с обозначением изображений, а также относящиеся к отдельным элементам изделия;

в) таблицы с размерами и другими параметрами, техническими требованиями, контрольными комплексами, условными обозначениями и т. д.

### Правила нанесения на чертежах надписей и таблиц.

Текстовую часть, надписи и таблицы включают в чертеж в тех случаях, когда содержащиеся в них данные, указания и разъяснения невозможно или нецелесообразно выразить графически или условными обозначениями. Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. Сокращения слов применяют только общепринятые и установленные ГОСТ 2.36. Текст, таблицы и надписи, как правило, располагают параллельно основной надписи чертежа.

Около изображений на полках линий-выносок наносят только краткие надписи, относящиеся непосредственно к изображению предмета, например указание о количестве конструктивных элементов (отверстий, канавок и т. п.), если они не внесены в таблицу, а также указание лицевой стороны, направления проката, волокон и т. п. Эти надписи могут содержать не более двух строк, располагаемых над полкой линии-выноски и под ней.

Линию-выноску, пересекающую контур изображения и не отводимую от какой-либо линии, заканчивают точкой (рис. 1.73, а). Линию-выноску, отводимую от линии видимого и невидимого контура, а также от линий, обозначающих поверхности, заканчивают стрелкой (рис. 1.73, б, в). На конце линии-выноски, отводимой от всех других линий, не должно быть ни стрелки, ни точки (рис. 1.73, г).

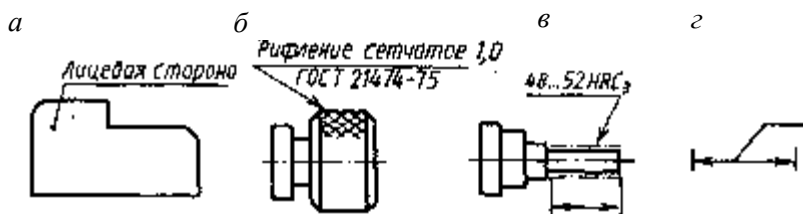


Рис. 1.73. Линии-выноски для надписей около изображений

Линии-выноски не должны пересекаться между собой, быть параллельными линиям штриховки (если линия-выноска проходит по заштрихованному полю) и по возможности пересекать

размерные линии и элементы изображения, к которым не относится помещенная на полке надпись. Можно выполнять линии-выноски с одним изломом (рис. 1.74, а), а также проводить от одной полки две линии-выноски и более (рис. 1.74, б).

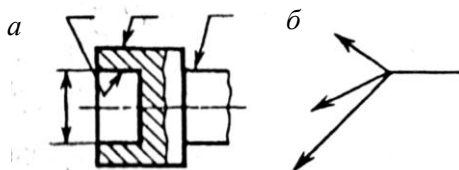


Рис. 1.74. Допускаемое изображение линий-выносок для надписей

Текстовую часть располагают на чертеже над основной надписью. Между ней и основной надписью нельзя помещать изображения, таблицы и т. п. На листах формата более А4 текст можно размещать в две колонки и более, каждая шириной не более 185 мм. На чертеже оставляют место для продолжения таблицы изменений.

**Технические требования на чертеже** излагают, группируя вместе однородные и близкие по своему характеру требования, по возможности в такой последовательности:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и свойствам материала готовой детали (электрические, магнитные, диэлектрические, твердость, влажность, гигроскопичность и т. д.), указание материалов-заменителей;

б) размеры, предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, массы и т. п.;

в) требования к качеству поверхностей, указания по их отделке, покрытию;

г) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

д) требования, предъявляемые к настройке, регулировке;

е) другие требования к качеству изделий, например бесшумность, виброустойчивость, самоторможение и т. д.;

ж) условия и методы испытаний;

з) указания о маркировке, клеймении (см. ГОСТ 2.314);

и) правила транспортирования, хранения;

к) особые условия эксплуатации;

л) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

Пункты технических условий должны иметь сквозную нумерацию, каждый из них записывается с новой строки.

Заголовок «Технические требования» не пишут, если на поле чертежа не указывают техническую характеристику изделия. Если необходимо указать техническую характеристику, то ее размещают отдельно от технических требований, с самостоятельной нумерацией пунктов, на свободном поле чертежа под заголовком «Техническая характеристика». При этом над техническими требованиями помещают заголовок «Технические требования». Заголовки не подчеркивают.

При выполнении чертежа на двух и более листах текстовую часть помещают только на первом листе независимо от того, на каких листах находятся изображения, к которым относятся указания, приведенные в текстовой части. Надписи, относящиеся к отдельным элементам и наносимые на полках линий-выносок, помещают на тех листах чертежа, на которых они наиболее необходимы для удобства чтения чертежа.

### ***Обозначения резьб***

В общем случае в обозначение резьбы входят:

- буквенный знак резьбы;
- номинальный размер в миллиметрах или дюймах;
- размер шага, если он мелкий, в миллиметрах;
- для многозаходных резьб – значение хода с указанием в скобках шага; для однозаходных резьб крупный шаг не указывают;
- буквы *LH* для левой резьбы;
- буквенно-цифровое обозначение поля допуска или буквенное обозначение класса точности;
- цифровое значение или буквенное обозначение длины свинчивания, если она отличается от нормальной.

Некоторые дополнительные элементы указаны ниже на конкретных примерах. Крупный шаг в однозаходных резьбах не указывают.

Буквенные обозначения резьб: *M* – метрическая цилиндрическая; *Tr* – трапецидальная; *S* – упорная; *G* – трубная цилиндрическая;



*Rc* – трубная коническая внутренняя; *R* – трубная коническая наружная; *K* – дюймовая коническая; *MK* – коническая метрическая; *Kp* – круглая для шпинделей сантехнической арматуры; *E* – круглая для электротехнической арматуры.

В обозначениях метрических цилиндрических резьб после буквы *M* указывают номинальный диаметр резьбы в миллиметрах, для мелких резьб – шаг в миллиметрах, для многозаходных резьб – число заходов и в скобках шаг. Остальные элементы обозначения указаны выше. Примеры обозначения метрических цилиндрических резьб приведены на рис. 1.75, посадок в соединениях с этими резьбами – на рис. 1.76.



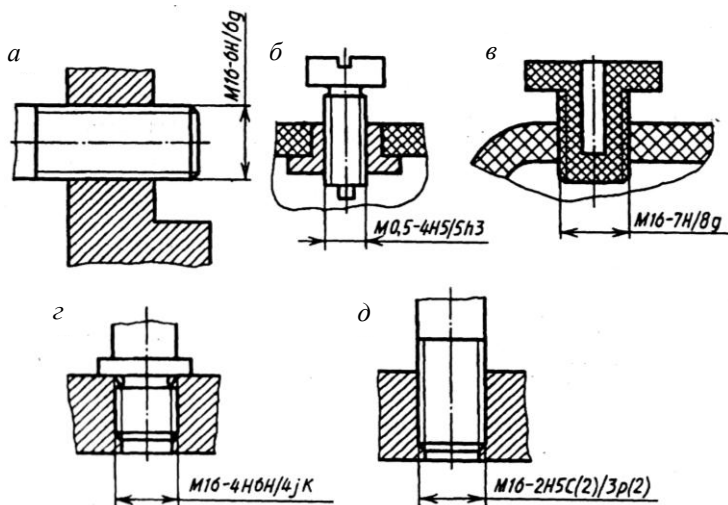


Рис. 1.76. Условные обозначения посадок в резьбовых соединениях с метрической цилиндрической резьбой:

*a-в* – посадок с зазором; *г* – переходных посадок;

*д* – посадок с натягом (с сортировкой на две группы)

В обозначениях трапецеидальной, трубной, конической и округлых резьб (рис. 1.78, 1.79) после букв *Tg* указывают номинальный диаметр резьбы, шаг для однозаходной резьбы или ход и в скобках шаг в миллиметрах для многозаходной резьбы. Остальные элементы обозначения указаны выше. Примеры обозначений трапецеидальной резьбы приведены на рис. 1.77, *a-д*. В обозначении упорной резьбы после буквы *S* указывают номинальный диаметр резьбы, шаг для однозаходной резьбы или ход и в скобках шаг в миллиметрах для многозаходной резьбы. Остальные элементы обозначения указаны выше. Примеры обозначений упорной резьбы приведены на рис. 1.77, *e-и*.

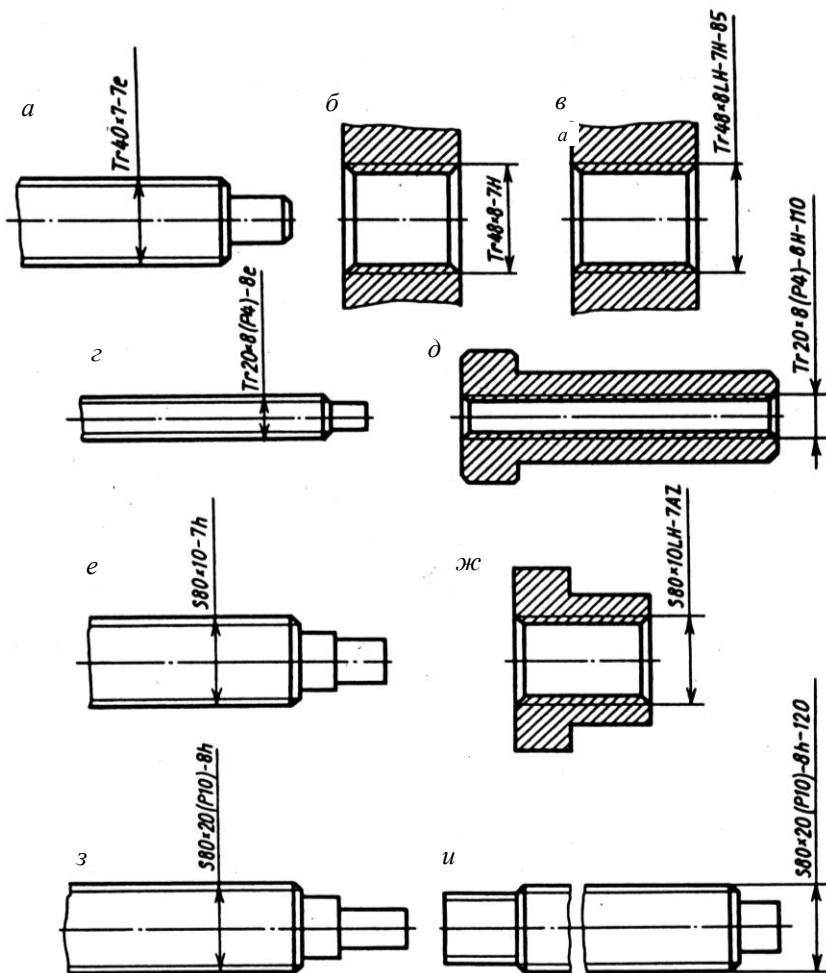


Рис. 1.77. Условные обозначения ходовых резьб:

*a*–*д* – трапецеидальной: *a*, *б* – однозаходной диаметрами 40 и 48 мм с шагом 7 и 8 мм; *в* – однозаходной диаметром 48 мм и шагом 8 мм левой, с длиной свинчивания 85 мм; *г* – многозаходной диаметром 20 мм с ходом 8 мм и шагом 4 мм; *д* – многозаходной диаметром 20 мм с ходом 8 мм, шагом 4 мм, левой и длиной свинчивания 110 мм; *e*–*и* – упорной диаметром 80 мм: *e* – однозаходной с шагом 10 мм; *ж* – однозаходной с шагом 10 мм левой, *з* – двухзаходной с ходом 20 мм и шагом 10 мм; *и* – двухзаходной с ходом 20 мм, шагом 10 мм и длиной свинчивания 120 мм

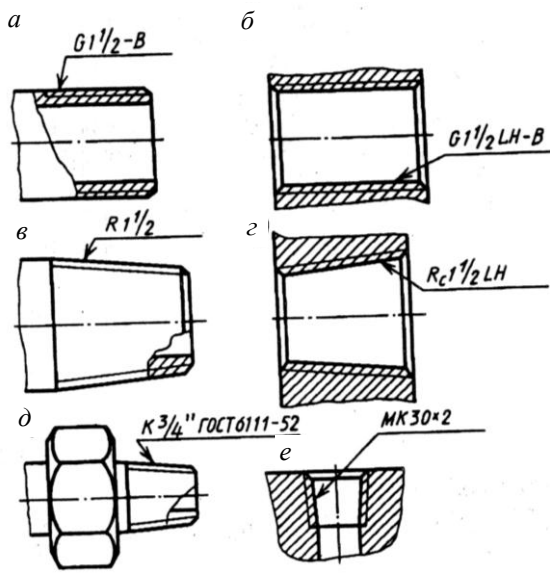


Рис. 1. 78. Условные обозначения трубной и конической резьб:  
 а – трубная цилиндрическая 1½, класса точности В; б – резьба того же размера и класса точности, левая; в – наружная коническая резьба 1½; г – внутренняя трубная коническая резьба 1½; д – резьба коническая дюймовая размера ¾ (с углом профиля 60°);  
 е – метрическая коническая резьба диаметром 30 мм и шагом 2 мм

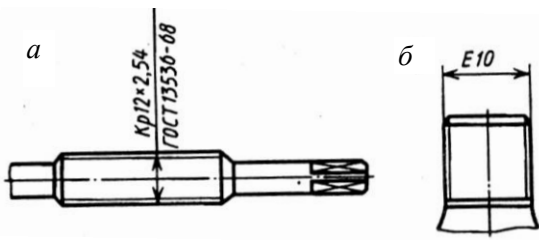


Рис. 1.79. Условные обозначения округлых резьб:  
 а – шпindelей сантехнической арматуры; б – патронов электротехнической арматуры (10 – ближайший целый размер наружного диаметра, мм)

**Выполнение чертежей зубчатых и червячных передач**

**Изображение зубчатых колес.** Выполнение чертежей зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач производится по условным изображениям, установленным в ГОСТ 2.402.

Зубья и витки колес и червяков вычерчивают в осевых разрезах и сечениях, зубья реек – в поперечных. В остальных случаях зубья и витки не вычерчивают, ограничивая изображение окружностью по диаметру выступов. При необходимости профиль зуба или витка показывают на выносном элементе или ограниченном участке изображения детали (рис. 1.80).

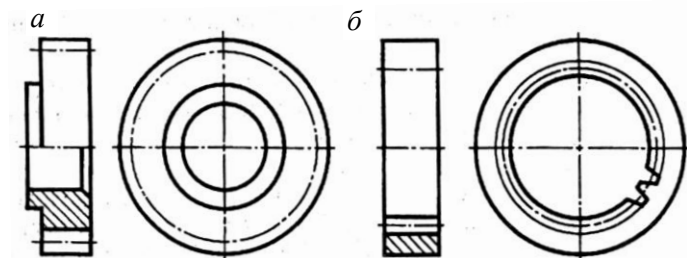


Рис. 1.80. Условное изображение цилиндрических зубчатых колес с наружным (а) и внутренним (б) зубчатым венцом

Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев и витков показывают сплошными линиями, в том числе и в зоне зацепления (рис. 1.81–1.84). Тонкими штрихпунктирными линиями обозначают:

на чертежах зубчатых колес, реек, червяков и звездочек делительные окружности, делительные линии и образующие делительных по-верхностей (цилиндров, конусов и т. п.), а также окружности больших оснований делительных конусов;

на чертежах глобоидных червяков и сопрягаемых с ними червячных колес – расчетные окружности и образующие расчетных поверхностей.

Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев и витков на видах деталей допускается показывать сплошными тонкими линиями, а в разрезах и сечениях – сплошными основными линиями.

В продольных осевых разрезах зубчатых колес и звездочек, а также в поперечных разрезах реек и червяков зубья и витки условно совмещают с плоскостью чертежа и показывают нерассеченными независимо от профиля зуба и углов наклона зуба (углов подъема витка).

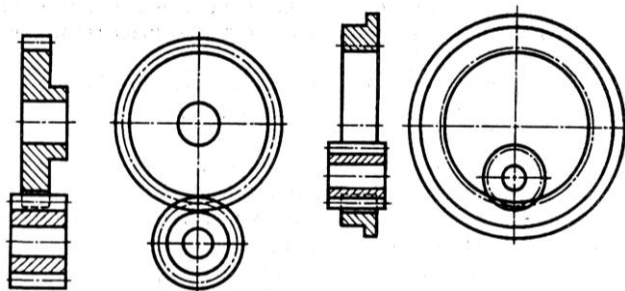


Рис. 1.81. Условное изображение зубчатых передач с цилиндрическими колесами

Примеры применения условных изображений по ГОСТ 2.402 для зубчатых цилиндрических, конических и червячных колес приведены ниже на рис. 1.82–1.84.

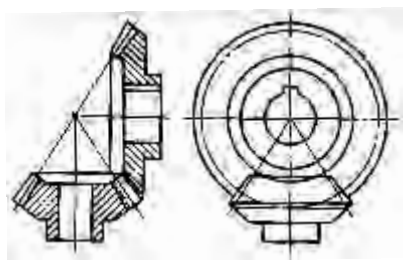


Рис. 1.82. Условное изображение конической передачи с углом между осями  $90^\circ$

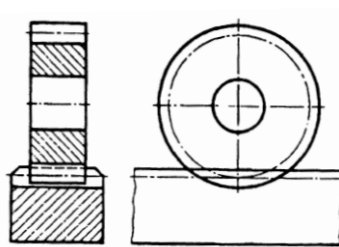


Рис. 1.83. Условное изображение зубчатой реечной передачи

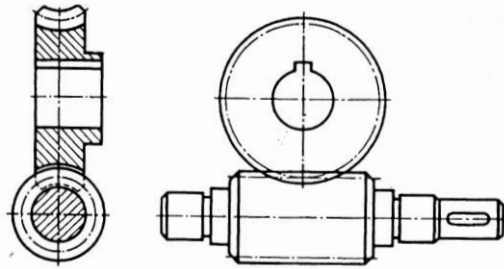


Рис. 1.84. Условное изображение червячной передачи с цилиндрическим червяком

**Изображение зубчатых передач.** При изображении на чертеже зубчатых и цепных передач начальные и расчетные окружности, образующие начальных и расчетных окружностей, а также окружности больших оснований начальных конусов проводят тонкими штрихпунктирными линиями (см. рис. 1.81–1.84). Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев и витков показывают сплошными основными линиями на всем протяжении, включая зону зацепления.

На разрезе в зоне зацепления, если секущая плоскость проходит через оси зубчатых колес, зуб ведущего колеса принято показывать расположенным перед зубом ведомого колеса. Аналогично для червячных передач виток червяка показывают расположенным перед зубом червячного колеса. В реечном зацеплении зуб колеса изображают перед зубом рейки. Во всех случаях невидимые контуры допускается не наносить (см. рис. 1.82).

**Цилиндрические зубчатые колеса.** Правила выполнения чертежей эвольвентных зубчатых колес с указанием параметров зубчатого венца установлены в ГОСТ 2.403. На изображении (рис. 1.85, 1.86) указывают диаметр вершин зубьев, ширину венца, размеры фасок или радиусы притуплений на кромках зубьев, шероховатость боковых поверхностей зубьев.





На поле чертежа в правом верхнем углу помещают таблицу параметров зубчатого венца, состоящую из трех частей, отделенных одна от другой сплошными основными линиями: первая часть – основные данные, вторая – данные для контроля, третья – справочные данные.

В первой части таблицы указывают: модуль  $m$  стандартного ряда; число зубьев  $Z$  (для зубчатого сектора – число зубьев секторного колеса); угол наклона  $\beta$  линии зуба косозубых и шевронных колес; направление линии косоугого зуба (надписью *Правое* или *Левое*, для шевронных колес – надписью *Шевронное*); нормальный исходный контур (стандартный – указанием соответствующего стандарта, нестандартный – указанием группы параметров, включающих угол профиля  $\alpha$ , коэффициент высоты головки  $h_a$ , коэффициент толщины зуба  $s$  и др.). Если исходный контур не полностью определен перечисленными параметрами, то на чертеже должно быть приведено его изображение с необходимыми размерами. В этой части таблицы приводят также коэффициент смещения  $\chi$  с соответствующим знаком и степень точности по нормам бокового зазора.

Вторая часть таблицы содержит данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев. Перечень данных для зубчатых колес со стандартным или нестандартным исходным профилем определяется одним из контрольных комплексов, предусмотренных стандартом на допуски и нормы кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев в передаче и бокового зазора. Вариант данных для прямозубых эвольвентных колес стандартного исходного контура включает: постоянную хорду зуба  $\bar{s}_c$ , высоту до хорды  $\bar{h}_c$ , длину общей нормали  $W$ , торцевой размер  $M$  по роликам или шарикам, диаметр ролика (шарика).

В третьей части таблицы указывают: делительный диаметр  $d$ , шаг зацепления  $p_a$ , осевой шаг  $p_x$ , ход зуба  $p_z$ , обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса.

При наличии двух и более венцов одного вида (см. рис. 1.86) значения параметров указывают в отдельных графах (колонках) таблицы с обозначением соответствующей колонки и венца прописной буквой русского алфавита. Если изделие имеет два или более венцов разного вида (например, цилиндрический и

конический), то для каждого венца заполняют отдельную таблицу. Таблицы допускается располагать рядом или одна под другой. Неиспользуемые строки таблицы параметров разрешено исключать или прорчеркивать.

**Реечное зацепление.** Правила выполнения чертежей механически обработанных реек, сопрягаемых с эвольвентными цилиндрическими зубчатыми колесами, устанавливает ГОСТ 2.404–73.

На изображении зубчатой рейки (рис. 1.87) указывают длину нарезной части рейки, размеры фасок или радиусы скругления на кромках зубьев, шероховатость боковых поверхностей зубьев.

В первой части таблицы параметров обозначают модуль  $m$ ; угол наклона  $\beta$  линии зуба косых зубьев; направление линии зуба для косых зубьев (надписью *Правое* или *Левое*); нормальный исходный контур (нормальный стандартный со ссылкой на соответствующий стандарт или нестандартный с параметрами: угол профиля  $\alpha$ , коэффициент высоты головки  $h_a$ , коэффициент радиального зазора  $c$ , коэффициент толщины зуба  $s$ , степень точности и вид сопряжения по нормам бокового зазора).

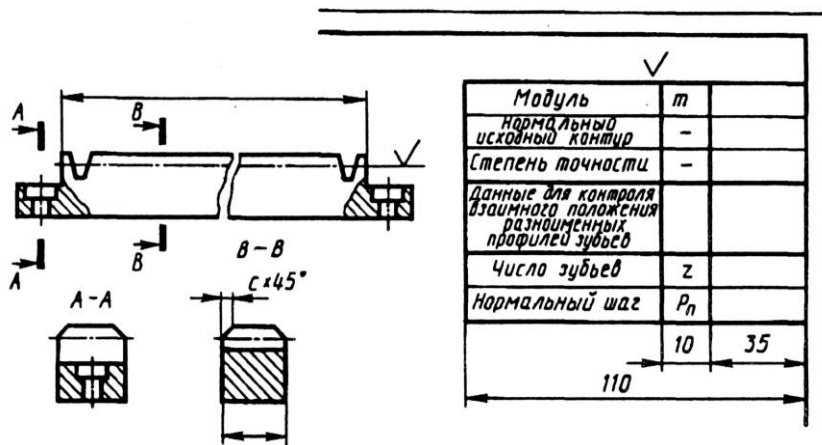


Рис. 1.87. Пример указания параметров зубчатого венца на чертеж прямозубой рейки

Перечень данных для второй части таблицы параметров аналогичен перечню данных таблицы для цилиндрических колес.

В третью часть таблицы параметров вносят число зубьев  $Z$  рейки, нормальный шаг  $p_n$  и обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса.

Пример выполнения чертежа элементов реечного зацепления см. на рис. 1.83, 1.87. Профиль зуба рейки – равнобокая трапеция с углом наклона боковых сторон  $20^\circ$  к высоте трапеции. Средняя линия рейки касательна к делительной окружности зубчатого колеса. Линия впадин рейки не изображается.

**Конические зубчатые колеса** (рис. 1.88). Правила выполнения чертежей конических зубчатых колес с прямолинейным профилем исходного контура и указания параметров зубчатого венца установлены ГОСТ 2.405–75.

На изображении колеса указывают внешний диаметр вершин зубьев до притупления кромки; внешний диаметр вершин зубьев после притупления кромки; расстояние от базовой плоскости до плоскости внешней окружности вершин зубьев; угол конуса вершин зубьев; угол внешнего дополнительного конуса; базовое расстояние; размеры фасок или радиусы притупления вершин зубьев; положение измерительного сечения; шероховатость боковых поверхностей зубьев; ширину зубчатого венца. При плоскосрезанном переднем торце колеса ширину венца обозначают как справочный размер.

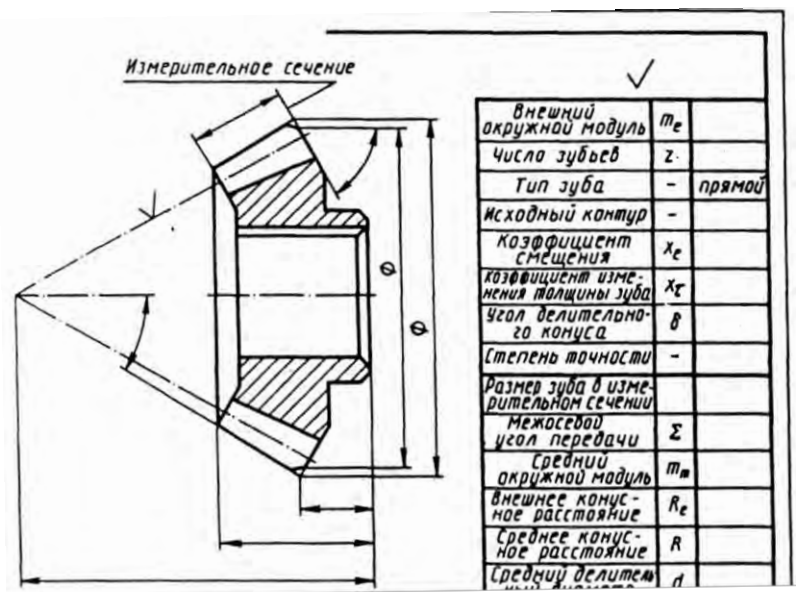


Рис. 1.88. Пример указания параметров зубчатого венца прямозубого конического зубчатого колеса

Зубья конических колес в зависимости от изменения размеров сечений по длине зуба могут выполняться по трем формам:

**форма 1** – пропорционально понижающиеся зубья (вершины конусов делительного и впадин совпадают) – применяется для прямых зубьев и для круговых с модулем не менее 2 мм;

**форма 2** – понижающие зубья (образующие конусов делительного, впадин и вершин не совпадают) – применяется для любых колес при их массовом производстве;

**форма 3** – равновысокие зубья (образующие конусы делительного, впадин и вершин параллельны) – применяется для круговых зубьев.

Модуль конических зубчатых колес измеряют в среднем сечении зуба.

Для зубьев формы 1 и 2 средний нормальный модуль всегда меньше внешнего окружного: для прямозубых колес  $m = 0,857/m_e$ , для колес с круглыми зубьями при угле наклона зуба  $\beta = 35^\circ$

$m = 0,702m_{te}$ . Внешний окружной модуль, вносимый в таблицу параметров конических колес, допускается не округлять до стандартного значения.

В таблицу параметров последовательно вносят:

1-я часть: модуль (внешний нормальный  $m_{ne}$ , внешний окружной  $m_e$ , средний нормальный  $m_n$  для колес соответственно с тангенциальными, прямыми и круговыми зубьями); число зубьев  $Z$ , тип зуба (надписью *Тангенциальный*, *Прямой*, *Круговой*); осевая форма зуба, угол наклона зуба (внешний нормальный  $\beta_{ne}$  для тангенциального или средний  $\beta_n$  для кругового зуба); направление линии зуба (надписью *Правое* или *Левое*); исходный контур (стандартный со ссылкой на номер стандарта или нестандартный с указанием сечения, к которому относятся параметры: угол профиля  $\alpha_n$ , коэффициент высоты головки  $h_a^*$ , коэффициент радиального зазора  $c^*$ ); коэффициент смещения с соответствующим знаком ( $x_e$ ,  $x_{ne}$ ,  $x_n$  для колес соответственно с прямым, тангенциальным и круговым зубом; при отсутствии смещения проставляют «0»); коэффициент изменения толщины зуба с соответствующим знаком; угол делительного конуса  $\delta$ ; степень точности и вид сопряжения по нормам бокового зазора;

2-я часть: размеры зуба в измерительном сечении (допускается на чертеже шестерни вместо размеров зуба в измерительном сечении указывать боковой зазор в паре с сопряженным зубчатым колесом записью *Допускаемый боковой зазор в паре*);

3-я часть: межосевой угол передачи; модуль (средний окружной  $m_n$  для колеса с прямыми зубьями, средний нормальный  $m_n$  для тангенциальных зубьев, внешний окружной  $m_{te}$  для круговых зубьев); внешнее конусное расстояние  $R_e$ ; среднее конусное расстояние  $R$ ; средний делительный диаметр  $d$ ; угол конуса впадин  $\delta_f$ ; внешняя высота зуба  $h_e$  и другие справочные данные с указанием обозначения чертежа сопряженного зубчатого колеса.

**Червяки цилиндрические и червячные колеса.** Правила выполнения чертежей цилиндрических механически обработанных червяков видов  $ZA$  (архимедов червяк),  $ZI$  (эвольвентный червяк),  $ZH1$  (конволютный червяк с прямолинейным профилем витка),  $ZH2$  (кон-волютный червяк с прямолинейным профилем впадины) и  $ZK$  (червяк, образованный конусом) по ГОСТ 2.407–75 и сопрягаемых с

ними червячных колес передач с углом скрещивания  $90^\circ$  регламентированы ГОСТ 2.406–76.

На изображении цилиндрического червяка (рис. 1.89) указывают диаметр вершин витка  $d_{e1}$ , длину нарезанной части червяка  $b_1$ , данные для определения контура нарезной части червяка, радиус кривизны переходной кривой витка  $\rho_L$ , радиус кривизны линии притупления витка  $\rho_{R1}$  или размер фаски, шероховатость боковых поверх-ностей витка.

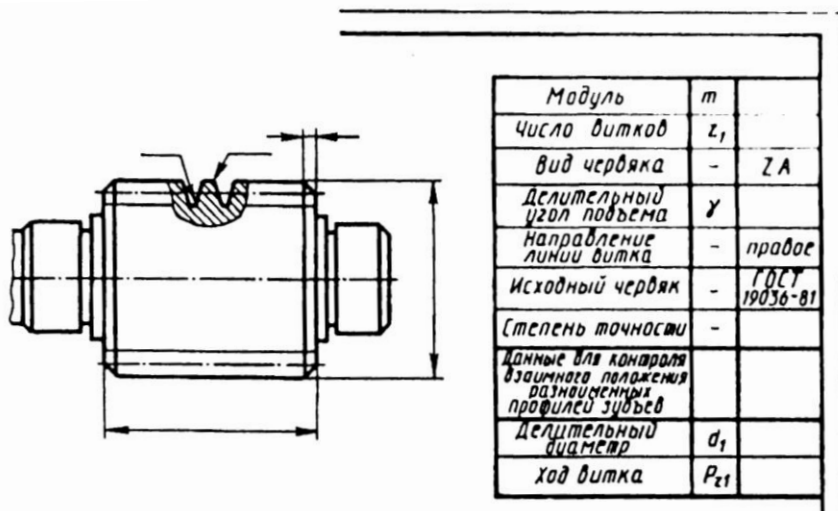


Рис. 1.89. Пример указания параметров зубчатого венца на чертеже червяка вида ZA (архимедова)

На изображении червячного колеса (рис. 1.90) указывают диаметр вершин зубьев  $d_{e2}$ , наибольший диаметр  $D_s$ , ширину венца  $b_2$ , данные для определения контура венца колеса, расстояние от базового торца до средней торцевой плоскости колеса (при необходимости – до центра выемки поверхности вершин зубьев), радиус кривизны переходной кривой зуба  $\rho_2$ , радиус кривизны линии притупления зуба  $\rho_{R2}$  или размер фаски, шероховатость боковых поверх-ностей зубьев.

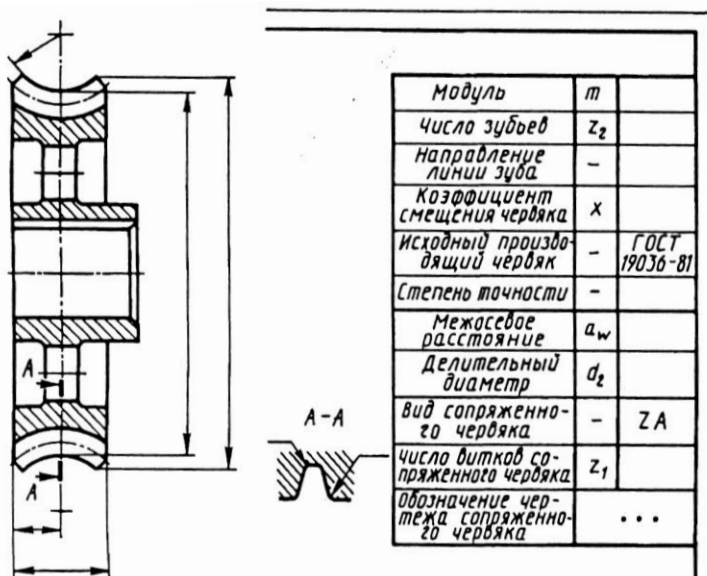


Рис. 1.90. Пример указания параметров зубчатого венца на чертеже колеса, сопрягаемого с червяком вида ZA (архимедова)

В таблицу параметров червяка последовательно вносят:

1-я часть: модуль  $m$ ; число витков  $z_1$ ; вид червяка (ZA, ZJ и т. д.); угол подъема линии витка (основной  $\gamma_v$  для червяка вида ZJ или делительный  $\gamma$  для червяков остальных видов); направление линии витка (надписью *Правое* или *Левое*); исходный червяк (стандартный со ссылкой на соответствующий стандарт или нестандартный с указанием всех параметров витка);

2-я часть: данные для контроля профиля витка, например делительная толщина по хорде витка  $s_{a1}$  и высота  $h_{a1}$  до хорды или размер червяка по роликам  $M$  и диаметр измерительного ролика  $D$ ;

3-я часть: делительный диаметр червяка  $d_1$ , ход витка  $p_{z1}$ , межосевое расстояние  $a_{w3}$ , число зубьев сопряженного червячного колеса  $z_2$ , обозначение чертежа сопряженного колеса.

Аналогично для червячного колеса:

1-я часть: модуль  $m$ ; число зубьев  $z_2$ , направление линии зуба (надписью *Правое* или *Левое*); коэффициент смещения червяка  $x$ ,



исходный производящий червяк (стандартный со ссылкой на соответствующий стандарт или нестандартный с указанием угла профиля, коэффициентов высоты витка, высоты головки, расчетной толщины и радиуса скругления кромки); степень точности и вид сопряжения по нормам бокового зазора в соответствии со стандартом;

2-ю часть таблицы параметров венца на чертеже червячного колеса не заполняют;

3-я часть: межосевое расстояние  $a_{\text{в}}$ ; делительный диаметр  $d_2$ ; вид сопряженного червяка  $Z_A$ ; число витков сопряженного червяка  $Z_1$ ; обозначение чертежа сопряженного червяка.

**Изображение подшипников на чертежах.** Стандартные подшипники качения изображают на чертеже в рабочем положении основными сплошными линиями по контуру в соответствии с их габаритными размерами  $d$  (номинальный диаметр внутреннего кольца),

$D$  (номинальный диаметр наружного кольца) и  $B$  (номинальная ширина подшипника). Сепараторы и монтажные фаски не изображают.

Стандартом предусматривается упрощенное изображение подшипника без указания типа и конструктивных особенностей проведением внутри контура диагоналей сплошными тонкими линиями (рис. 1.91). Допускается при изображении подшипника в разрезе на сборочном чертеже совмещать нормальный разрез в верхней или левой половине изображения с упрощенным изображением в другой половине (рис. 1.92). Допускается также применять упрощенные изображения подшипников, как показано на рис. 1.93. При необходимости в контур подшипника вписывают его условное графическое обозначение и упрощенное изображение конструктивных особенностей.

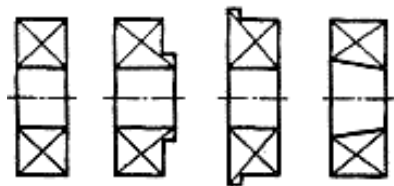


Рис. 1.91. Упрощенное изображение подшипников качения на чертежах

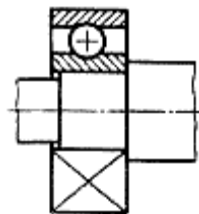


Рис. 1.92. Изображение подшипников сборочных единиц

Примеры условных обозначений:  
 двухрядного сферического шарикового радиального с цилиндрическим отверстием внутреннего кольца серии диаметров 2 с  $d = 20$  мм,  $D = 47$  мм,  $B = 14$  мм:

*Подшипник 1204 ГОСТ...*;

то же с коническим отверстием внутреннего кольца:

*Подшипник 111204 ГОСТ...*;

то же с закрепительной втулкой:

*Подшипник 11204 ГОСТ...*;

радиального шарикового однорядного с упорным бортом на наружном кольце с одной защитной шайбой серии диаметров 9, ширины 3 с диаметром отверстия  $d = 2,5$  мм,  $D = 7,0$  мм,  $B = 3,5$  мм, класса точности 5А:

*Подшипник 5А-386009/2,5 ГОСТ....*

**Подшипники радиальные шариковые однорядные ГОСТ 8338-75 общего применения** (рис. 1.93) имеют конструктивные исполнения, отличающиеся от обычного (а) наличием защитных шайб (б), уплотнений и кольцевых канавок на наружном кольце (в), упорного борта (г) или сочетанием модификаций. Основные размеры подшипников даны в стандартах.

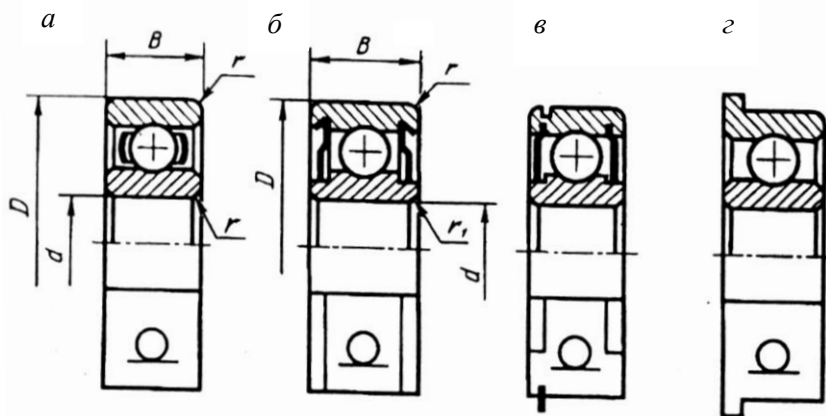


Рис. 1.93. Подшипники шариковые однорядные:  
 а – обычный; б – с защитными шайбами; в – с уплотнением и канавкой на наружном кольце; г – с упорным бортом

### 1.2.2. Расчет размерных цепей

Согласно заданию на проектирование эскизно разрабатывают несколько вариантов компоновки агрегата. Один из них, максимально удовлетворяющий требованиям технического задания, дорабатывают, и он становится основным документом – контрольным сборочным чертежом, на основе которого выполняют деталировку, назначают посадки, определяют номинальные размеры деталей и допустимые их отклонения. Эта работа весьма ответственна, так как недостаток или избыток размеров детали затрудняет ее изготовление, а допуски – возможность изготовления именно на данном предприятии и взаимозаменяемость ее с однотипной. Назначенные допуски на отклонение размеров отдельных деталей должны быть уточнены расчетом размерных цепей сборочной единицы, состоящей из соединяемых в один узел нескольких деталей. Допуски записывают в два «этажа». Верхний допуск устанавливает больший предельный размер, а нижний – меньший (например,  $50_{+0,15}^{+0,35}$ ;  $50_{-0,05}^{+0,15}$ ;  $50_{-0,35}^{-0,15}$ ). Если верхний и нижний допуски имеют разные знаки, но значения их одинаковы, они записываются одной цифрой со знаками «плюс-минус» рядом с номинальным размером ( $50 \pm 0,10$ ). Когда один из допусков равен нулю, номинальный размер записывается с одним допуском, при этом плюсовой ставится вверху, а минусовой – внизу ( $50_{-0,20}^{+0,20}$ ). Допуск не проставляется совсем, если номинальный размер детали не сопрягается ни с каким другим размером и не влияет на сборку узла.

В расчете всегда участвуют две размерные цепи. Первая из них (внутренняя) представляет собой сумму предельных размеров сопряженных между собой деталей сборочной единицы, вторая (внешняя) – сумму предельных размеров деталей, охватывающих сборочную единицу.

Рассмотрим последовательность и алгоритм расчета этих размерных цепей на примерах. На рис. 1.94, *a* показан типичный узел и его размерные цепи. Запишем размеры каждой цепи с их допусками, как показано ниже, и сложим их (номинальные размеры и допуски складываются независимо друг от друга, так же складываются верхние и нижние допуски).

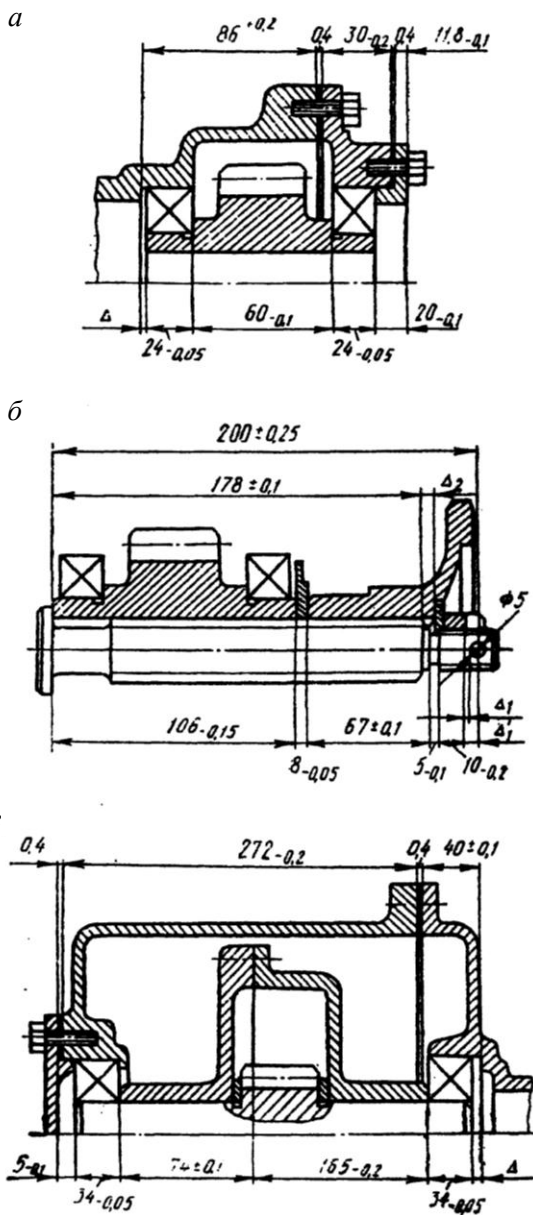


Рис. 1.94. Схемы к расчету размерных цепей

$$\begin{array}{r}
 1\text{-я цепь: } 20,0_{-0,10} \\
 24,0_{-0,05} \\
 60,0_{-0,10} \\
 \hline
 24,0_{-0,05} \\
 \hline
 128,0_{-0,30}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 2\text{-я цепь: } 86,0^{+0,20} \\
 0,4 \text{ (прокладка)} \\
 30,0_{-0,20} \\
 0,4 \text{ (прокладка)} \\
 \hline
 11,8_{-0,10} \\
 \hline
 128,6^{+0,20}_{-0,30}
 \end{array}$$

Размеры подшипников и допуски на них берутся из каталога. Размеры 0,4 мм получают после обжатия прокладок, первоначальная толщина которых 0,5 мм.

Получив предельные размеры цепей, их предельные отклонения от суммарного номинального размера находят следующим образом. Номинальный размер первой цепи вычитают из номинального размера второй, записывают полученную разность и находят ее верхний и нижний допуски. Для этого знаки допусков первой цепи изменяют на обратные (в рассматриваемом случае – только нижнего, так как верхний равен нулю) и находят алгебраическую сумму нижнего допуска первой цепи и верхнего второй. Эта сумма записывается как верхний допуск полученной разности. Нижний ее допуск находится как алгебраическая сумма верхнего допуска первой цепи (с измененным знаком на обратный) и нижнего допуска второй. Таким образом получают предельное отклонение цепи, которое представляет собой зазор  $\Delta$ , имеющий два значения: максимальное при минимальных размерах сопряженных в цепи деталей и минимальное при максимальных размерах тех же деталей.

Выполненная операция записывается так:

$$\begin{array}{r}
 128,6^{+0,20}_{-0,30} \\
 - \\
 128,0_{-0,30} \\
 \hline
 0,6^{+0,50}_{-0,30}
 \end{array}
 \quad
 \boxed{\Delta = \begin{array}{r} 1,10 \\ 0,30 \end{array}}$$

Зазор может быть удовлетворительным, если он достаточен по условию сборки и для компенсации возможного теплового расширения деталей в процессе эксплуатации. Если он мал (велик),

его изменяют корректировкой допусков на размеры сопряженных деталей. Иногда корректируют размер одной детали.

В рассматриваемом примере оба полученных зазора можно считать удовлетворительными. Если возникает необходимость в корректировке допусков, лучше изменять допуски одного размера, например размера (одной детали) 11,8.

Рассмотрим расчет размерных цепей более сложного варианта рассмотренного выше узла (рис. 1.94, в).

$  \begin{array}{r}  1\text{-я цепь: } 5,0_{-0,10} \\  34,0_{-0,15} \\  74,0 \pm 0,10 \\  165,0_{-0,20} \\  \hline  34,0_{-0,05} \\  \hline  312,0_{-0,50}^{+0,10}  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  2\text{-я цепь: } 0,4 \text{ (прокладка)} \\  272,0_{-0,20} \\  0,4 \text{ (прокладка)} \\  \hline  40,0 \pm 0,10 \\  \hline  312,8_{-0,30}^{+0,10}  \end{array}  $
--	--

Для определения зазоров вычитаем предельные значения размерных цепей:

$$\begin{array}{r}
 312,8_{-0,30}^{+0,10} \\
 - \\
 312,0_{-0,50}^{+0,10} \\
 \hline
 0,8_{-0,40}^{+0,60}
 \end{array}
 \quad
 \boxed{\Delta = \begin{array}{l} 1,40 \\ 0,40 \end{array}}$$

Полученный результат можно считать удовлетворительным.

Для обеспечения сборки узла нужно, чтобы было два зазора  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  (рис. 1.94, б). Первый должен обеспечить вход в отверстие шплинта, второй – исключить упор шайбы в заплешико шлицевого вала. В связи с этим здесь используются две пары расчетных цепей. Определим, из каких размеров состоит первая из них. Во внутреннюю ее цепь входят ширина ступицы зубчатого колеса, толщина маслоотражательного кольца, длина шлицевого отверстия фланца, толщина шайбы и высота корончатой гайки от ее основания до прорези. Внешняя цепь этой пары состоит из одного размера – расстояния между головкой вала и центром отверстия под шплинт. Проведем расчет рассмотренной пары цепей.

1-я цепь: $106,0_{-0,15}$ $8,0_{-0,05}$ $67,0 \pm 0,10$ $5,0_{-0,10}$ $10,0_{-0,20}$ <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> $196,0_{-0,60}^{+0,10}$	2-я цепь: определяется одним размером $200,0 \pm 0,25$
---	--

Определим их разность:

$200,0 \pm 0,25$	$\Delta_i = \begin{matrix} 4,85 \\ 3,65 \end{matrix}$
—	
$196,0_{-0,60}^{+0,10}$	
$4,0_{-0,35}^{+0,85}$	

Чтобы найти искомый зазор  $\Delta_1$ , нужно полученные значения  $\Delta_i$  уменьшить на радиус отверстия под шплинт, т. е. на 2,5 мм. Тогда

$\Delta_1 = \begin{matrix} 2,35 \\ 1,15 \end{matrix}$
---

Полученный результат вполне удовлетворителен.

Внутреннюю цепь второй пары составляет только один размер – расстояние от головки вала до конца его шлицевой поверхности, а внешнюю – ширина ступицы зубчатого колеса, толщина маслоотражательного кольца и длина шлицевого отверстия фланца. Рассчитаем эти цепи и установим пределы зазора  $\Delta_2$ .

1-я цепь: определяется одним размером $178 \pm 0,10$	2-я цепь: $106,0_{-0,15}$ $8,0_{-0,05}$ $67,0 \pm 0,10$ <hr style="width: 80%; margin-left: 0;"/> $181,0_{-0,30}^{+0,10}$
--	--

Определим их разность:

$$\begin{array}{r} 181,0^{+0,10}_{-0,30} \\ - \\ 178,0 \pm 0,10 \\ \hline 3,0^{+0,20}_{-0,40} \end{array} \quad \boxed{\Delta_2 = \begin{array}{l} 3,20 \\ 2,60 \end{array}}$$

Полученные значения можно было бы увеличить на 1–1,5 мм. Однако значительное увеличение зазора ведет к уменьшению рабочей длины шлицев. Поэтому необходимо остановиться на полученных значениях.

Расчет размерных цепей производится не только для обеспечения сборности узлов, но и стыковки целых агрегатов между собой, а также включения и выключения различного рода муфт, подвижных зубчатых колес коробок передач и т. д. В любом случае расчет цепей остается аналогичным рассмотренному. В условиях массового производства контрольная проверка таким расчетом предупреждает возможность поступления в работу чертежей, содержащих неувязанные и ошибочные размеры.

### ***1.2.3. Правила выполнения схем***

Разработка схем – важный этап в проектировании изделий. Комплект разрабатываемых схем определяется особенностями изделия. Он оптимален, если минимальное количество схем на изделие содержит сведения, достаточные для его проектирования, изготовления, настройки, регулировки, эксплуатации и ремонта.

Общие требования к выполнению схем устанавливает ГОСТ 2.701–2008, правила выполнения гидравлических и пневматических схем – ГОСТ 2.704–68, правила выполнения электрических схем – ГОСТ 2.702–75, правила выполнения электрических схем обмоток и изделий с обмотками – ГОСТ 2.705–70, правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники – ГОСТ 2.708–81. Обозначения условные графические в схемах общего применения приведены в ГОСТ 2.721–74.

При оформлении кинематических схем дополнительно необходимо пользоваться ГОСТ 2.770–68 «Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики».

При оформлении гидравлических и пневматических схем дополнительно необходимо руководствоваться следующими стандартами:



1. ГОСТ 2.780–96. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей.

2. ГОСТ 2.781–96. Обозначения условные графические. Аппаратура распределительная и регулирующая гидравлическая и пневматическая.

3. ГОСТ 2.782–96. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические.

4. ГОСТ 2.784–96. Обозначения условные графические. Элементы трубопроводов.

5. ГОСТ 2.785–70. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная.

6. ГОСТ 17398–72. Насосы. Термины и определения.

7. ГОСТ 17752–81. Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения.

8. ГОСТ 19587–74. Передачи гидродинамические. Термины и определения.

Наименование и код схем определяют их видом и типом. Код схемы состоит из буквенной части, определяющей вид схемы, и цифровой части, определяющей тип схемы по табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Подразделение схем по ГОСТ 2.701–2008

Наименование	Условное обозначение (шифр)
<b>Виды схем</b>	
Электрические	Э
Гидравлические	Г
Пневматические	П
Газовые (кроме пневматических)	Х
Кинематические	К
Вакуумные	В
Оптические	Л
Энергетические	Р
Деления	Е
Комбинированные	С
<b>Типы схем</b>	
Структурные	1
Функциональные	2

Принципиальные (полные)	3
Соединений (монтажные)	4
Подключения	5
Общие	6
Расположения	7
Объединенные	0

**С х е м а с т р у к т у р н а я** – схема, определяющая основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Схемы структурные разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов, и используют для общего ознакомления с изделием.

**С х е м а ф у н к ц и о н а л ь н а я** – схема, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия или в изделии в целом. Схемами функциональными пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте.

**С х е м а п р и н ц и п и а л ь н а я** – схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая представление о принципах работы изделия. Схемами принципиальными пользуются для изучения принципов работы изделий, а так-же при их наладке, контроле и ремонте. Они служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей.

**С х е м а с о е д и н е н и й (монтажная)** – схема, показывающая соединения составных частей изделия и определяющая провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.п.). Схемами соединений (монтажными) пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чер-тежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгу-тов, кабелей или трубопроводов в изделии, а также для осуществления присоединений и при контроле, эксплуатации и ремонте изделий.

**С х е м а п о д к л ю ч е н и й** – схема, показывающая внешние подключения изделия. Схемами подключения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделия при их эксплуатации.

**С х е м а о б щ а я** – схема, определяющая составные части комплекса и соединения их между собой. Схемами общими пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации. Схему общую на сборочную единицу допускается разрабатывать при необходимости.

**С х е м а р а с п о л о ж е н и я** – схема, определяющая относительное расположение составных частей изделия, а при необходимости – также жгутов, проводов, кабелей, трубопроводов и т. п. Схе-мами расположения пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при эксплуатации и ремонте.

**С х е м а о б ъ е д и н е н н а я** – схема, когда на одном конструкторском документе выполняют схемы двух или нескольких типов, выпущенных на одно изделие.

Примеры обозначения: схема электрическая принципиальная – ЭЗ; схема гидравлическая соединений – Г4; схема электрогидравлическая принципиальная – СЗ; схема электрогидропневмокинематическая принципиальная – СЗ; схема электрическая соединений и подключения – Э0; схема гидравлическая структурная, принципиальная и соединений – Г0.

К схемам или взамен схем в случаях, установленных правилами выполнения конкретных видов схем, в виде самостоятельных документов выпускают таблицы, содержащие сведения о расположении устройств, соединениях, местах подключения и другую информацию. Таким документам присваивают код, состоящий из буквы Т и кода соответствующей схемы. Например, код таблицы соединений к электрической схеме соединений – ТЭ4.

В основной надписи (графа 1) документа указывают наименование изделия, а также наименование документа «Таблица соединений».

Таблицы соединений записывают в спецификацию после схем, к которым они выпущены, или вместо них.

Допускается разрабатывать схемы совмещенные, когда на схемах одного типа помещают сведения, характерные для схемы другого типа, например на схеме соединений изделия показывают его внешние подключения.

При выполнении схем совмещенных должны быть соблюдены правила, установленные для схем соответствующих типов.

Номенклатура, наименования и коды совмещенных схем устанавливаются отраслевыми стандартами.

Если в связи с особенностями изделия объем сведений, необходимых для его проектирования, регулировки, контроля, ремонта и эксплуатации, не может быть передан в комплекте документации в схемах установленных видов, то допускается разрабатывать схемы прочих видов и типов. Номенклатура, наименования и коды прочих схем устанавливаются отраслевыми стандартами.

На изделие допускается выполнять схему определенного вида и типа на нескольких листах или вместо одной схемы определенного вида и типа выполнять совокупность схем того же типа и вида. При этом каждая схема должна быть оформлена как самостоятельный документ.

При выпуске на изделие нескольких схем определенного вида и типа в виде самостоятельных документов в наименовании схемы допускается указывать название функциональной цепи или функциональной группы (например, схема электрическая принципиальная привода, схема гидравлическая принципиальная смазки, схема гидравлическая принципиальная охлаждения).

В этом случае каждой схеме присваивают обозначение по ГОСТ 2.201–80 как самостоятельному конструкторскому документу и, начиная со второй схемы, к коду схемы в обозначении через точку арабскими цифрами порядковые добавляют номера (например,

АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ЭЗ, АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ЭЗ.1,  
АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ГЗ, АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ГЗ.1,  
АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ ГЗ.2).

### **1. Требования к выполнению.**

Между схемами одного комплекта конструкторских документов на изделие должна быть установлена однозначная связь, которая обеспечила бы возможность быстрого отыскания одних и тех же элементов (устройств, функциональных групп), связей или соединений на всех схемах данного комплекта.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия не учитывают или учитывают приближенно.

Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует на схеме располагать таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее

представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей.

Допускается условные графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) располагать на схеме в том же порядке, в котором они расположены в изделии, при условии, что это не нарушит удобочитаемость схемы.

При выполнении схемы на нескольких листах или в виде совокупности схем одного типа рекомендуется:

1) для схем, предназначенных для пояснения принципов работы изделия (функциональная, принципиальная), на каждом листе или на каждой схеме изображать определенную функциональную группу, функциональную цепь (линию, тракт и т. п.);

2) для схем, предназначенных для определения соединений (схема соединений), изображать на каждом листе или на каждой схеме часть изделия, расположенную в определенном месте пространства или в определенной функциональной цепи.

1.1. Расстояние (просвет) между двумя соседними линиями графического обозначения должно быть не менее 1,0 мм.

Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3,0 мм. Расстояние между отдельными условными графическими обозначениями должно быть не менее 2,0 мм.

1.2. Устройства, имеющие самостоятельную принципиальную схему, выполняют на схемах в виде фигуры сплошной линией, равной по толщине линиям связи.

1.3. Функциональную группу или устройство, не имеющее самостоятельной принципиальной схемы, выполняют на схемах в виде фигуры из контурных штрихпунктирных линий, равных по толщине линиям связи.

1.4. При проектировании изделия, в которое входят несколько разных устройств, на каждое устройство рекомендуется выполнять самостоятельную принципиальную схему.

На устройствах, которые могут быть применены в других изделиях или самостоятельно, следует выполнять самостоятельные принципиальные схемы.

1.5. При оформлении схем изделия, в состав которых входят одинаковые устройства, имеющие самостоятельные принципиальные схемы, каждое такое устройство рассматривают как элемент схемы изделия и изображают в виде прямоугольника

или условного графического обозначения, ему присваивают позиционное обозначение и записывают в перечень элементов одной позицией.

1.6. Если в изделие входят несколько одинаковых устройств, не имеющих самостоятельных принципиальных схем, или одинаковых функциональных групп, то на схеме допускается не повторять схемы этих устройств или функциональных групп. При этом устройство или функциональную группу изображают в виде прямоугольника, а схему такого устройства или функциональной группы изображают внутри одного из прямоугольников (большого размера) или помещают на поле схемы с соответствующей надписью, например «Схема блока АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ».

1.7. При выполнении принципиальной схемы на нескольких листах следует придерживаться следующих правил:

1) при присвоении элементам позиционных обозначений соблюдают сквозную нумерацию в пределах изделия (установки);

2) перечень элементов должен быть общим;

3) отдельные элементы допускается повторно изображать на других листах схемы, сохраняя позиционные обозначения, присвоенные им на одном из листов схемы.

1.8. При разработке на одно изделие нескольких самостоятельных принципиальных схем следует выполнять следующие требования:

1) в каждой схеме должен быть перечень только тех элементов, позиционные обозначения которым присвоены в этой схеме;

2) отдельные элементы допускается повторно изображать на нескольких схемах, сохраняя за ними позиционные обозначения, присвоенные им на одной из схем.

В этом случае на схемах помещают указания по типу: «Элементы, изображенные на схеме и не включенные в перечень элементов, см. АБВГ.ХХХХХХ.ХХХ Г3» или «Гидроклапаны К1 и К5, см. АБВГ.ХХХХХХ.ХХ Г3».

## **2. Графические обозначения.**

2.1. При выполнении схем применяют следующие графические обозначения:

1) условные графические обозначения, установленные в стандартах Единой системы конструкторской документации, а также построенные на их основе;

2) прямоугольники;

3) упрощенные внешние очертания (в том числе аксонометрические).

При необходимости применяют нестандартизированные условные графические обозначения.

При применении нестандартизированных условных графических обозначений и упрощенных внешних очертаний на схеме приводят соответствующие пояснения.

Условные графические обозначения, для которых установлено несколько допустимых (альтернативных) вариантов выполнения, различающихся геометрической формой или степенью детализации, следует применять, исходя из вида и типа разрабатываемой схемы в зависимости от информации, которую необходимо передать на схеме графическими средствами. При этом на всех схемах одного типа, входящих в комплект документации, должен быть применен один выбранный вариант обозначения.

Применение на схемах тех или иных графических обозначений определяют правилами выполнения схем определенного вида и типа.

2.2. Условные графические обозначения элементов изображают в размерах, установленных в стандартах на условные графические обозначения.

Условные графические обозначения элементов, размеры которых в указанных стандартах не установлены, должны изображаться на схемах в размерах, в которых они выполнены в соответствующих стандартах на условные графические обозначения.

Размеры условных графических обозначений, а также толщины их линий должны быть одинаковыми на всех схемах для данного изделия.

Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять.

2.3. Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

2.4. Условные графические обозначения элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный  $90^\circ$ , если в соответствующих стандартах отсутствуют специальные указания. Допускается условные графические обозначения поворачивать на угол, кратный  $45^\circ$ , или изображать зеркально повернутыми.

Если при повороте или зеркальном отображении условных графических обозначений может нарушиться смысл или удобочитаемость обозначения, то такие обозначения должны быть изображены в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах.

Условные графические обозначения, содержащие цифровые или буквенные обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90 или 45°.

2.5. Линии связи выполняют толщиной 0,2–1,0 мм в зависимости от форматов схемы размеров графических обозначений. Рекомендуемая толщина линий 0,3–0,4 мм.

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений.

В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линии связи, длину которых следует по возможности ограничивать. Линии связи, переходящие с одного листа или одного документа на другой, следует обрывать за пределами изображения схемы без стрелок.

Рядом с обрывом линии связи должны быть указаны обозначение или наименование, присвоенное этой линии (например, номер провода, номер трубопровода, наименование сигнала или его сокращенное обозначение и т. п.), и в круглых скобках номер листа схемы и зоны при ее наличии в случае выполнения схемы на нескольких листах, например, лист 5 зона А6 (5, А6), или обозначение документа при выполнении схем самостоятельными документами, на который переходит линия связи.

Линии связи должны быть показаны, как правило, полностью.

Линии связи в пределах одного листа, если они затрудняют чтение схемы, допускается обрывать. Обрывы линий связи заканчиваются стрелками. Около стрелок указывают места обозначений прерванных линий, например, подключения, и (или) необходимые характеристики цепей, например, полярность, потенциал, давление, расход жидкости и т. п.

Элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначения в



соответствии со стандартами на правила выполнения конкретных видов схем.

Обозначения могут быть буквенные, буквенно-цифровые и цифровые.

3. Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы, заполняемой сверху вниз (табл. 1.5).

Т а б л и ц а 1.5

Перечень элементов

Поз. обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание

Dimensions: Total width 185, Header height 15, Body height 8mm. Column widths: 20, 110, 10.

В графах перечня указывают следующие данные:

– в графе «Поз. обозначение» – позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

– в графе «Наименование» для элемента (устройства) – наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, отраслевой стандарт, технические условия); для функциональной группы – наименование;

– в графе «Примечание» рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают, как правило, над основной надписью.

Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

При выпуске перечня элементов в виде самостоятельного документа его код должен состоять из буквы «П» и кода схемы, к которой выпускают перечень, например код перечня элементов к гидравлической принципиальной схеме – ПГЗ. При этом в основной надписи (графа 1) указывают наименование изделия, а также наименование документа «Перечень элементов».

Перечень элементов записывают в спецификацию после схемы, к которой он выпущен.

Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняют на листе формата А4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104–68 (форма 2 и 2а).

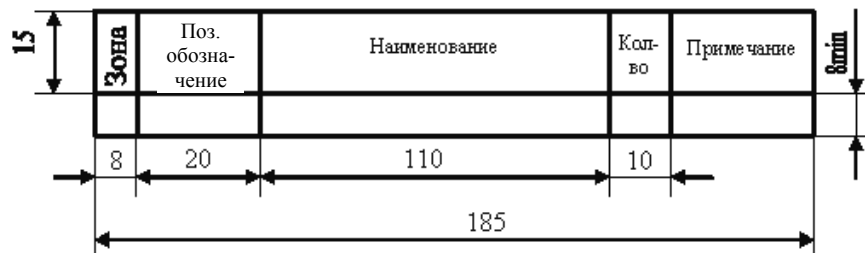
При разбивке поля схемы на зоны перечень элементов дополняют графой «Зона», указывая в ней обозначение зоны, в которой расположен данный элемент (устройство) (табл. 1.6).

В отдельных случаях сведения об элементах, помещаемые на схеме, могут быть неполными, если их объем установлен в государственных или отраслевых стандартах.

На этапах технического предложения, эскизного и технического проектирования сведения об элементах, помещаемые на схеме, могут быть неполными.

Т а б л и ц а 1.6

Перечень элементов



При необходимости в перечень элементов допускается вводить дополнительные графы, если они не нарушают запись и не дублируют сведений в основных графах.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

При выполнении на схеме цифровых обозначений в перечень их записывают в порядке возрастания.

#### **4. Текстовая информация.**

На схемах допускается помещать различные технические данные, характер которых определяется назначением схемы. Такие сведения указывают либо около графических обозначений (по возможности справа или сверху), либо на свободном поле схемы. Около графических обозначений элементов и устройств помещают, например, таблицы, текстовые указания (диаграммы последовательности временных процессов, циклограммы, таблицы замыкания контактов коммутирующих устройств, указания о специфических требованиях к монтажу и т. п.).

Текстовые данные приводят на схеме в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях на схемах не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут быть расположены:

- рядом с графическими обозначениями;
- внутри графических обозначений;
- над линиями связи;
- в разрыве линий связи;
- рядом с концами линий связи;
- на свободном поле схемы.

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно горизонтальным участкам соответствующих линий.

При большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация данных. На схеме около условных графических обозначений элементов, требующих пояснений в условиях эксплуатации (например, переключатели, потенциометры,

регуляторы и т. п.), помещают соответствующие надписи, знаки или графические обозначения.

Надписи, знаки или графические обозначения, предназначенные для нанесения на изделие, на схеме заключаются в кавычки.

Если на изделие должна быть нанесена надпись в кавычках, то на поле схемы приводят соответствующие указания.

На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов, кабелей, трубопроводов, величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами, жгутами и кабелями, трубопроводами, данные о специфичности прокладки и защиты проводов, жгутов, кабелей и трубопроводов и т. п. При выполнении схемы на нескольких листах технические указания, относящиеся к отдельным элементам, располагают или в непосредственной близости от изображения элемента, или на свободном поле (по возможности над основной надписью) первого листа схемы, а технические указания, относящиеся к отдельным элементам, располагают или в непосредственной близости от изображения элемента, или на свободном поле того листа, где они являются наиболее необходимыми для удобства чтения схемы.

### **5. Правила выполнения комбинированных схем.**

Элементы (устройства, функциональные группы) и связи каждого вида (электрические, гидравлические, пневматические и т. п.) изображают на схеме по правилам, установленным для соответствующих видов схем данного типа.

Сведения, помещаемые на схеме, и оформление схемы в целом следует определять по правилам, установленным для соответствующих видов схем данного типа.

Элементом одного вида на схеме присваивают позиционные обозначения, сквозные – в пределах схемы. Для различия одинакового написания их следует подчеркивать, начиная с элементов, относящихся ко второй по виду схеме, указанной в наименовании. Эти правила следует выполнять для устройств и функциональных групп.

Например, схема электрогидравлическая принципиальная – подчеркивание одной чертой для гидравлических элементов (устройств, функциональных групп); схема гидропневмокинематическая

принципиальная – подчеркивание одной чертой для пневматических элементов (уст-ройств, функциональных групп), двумя чертами – для кинематических.

### ***Выполнение кинематических схем***

Общие требования к выполнению кинематических схем регламентируют ГОСТ 2.701–84 и ГОСТ 2.703–84. В зависимости от назначения кинематические схемы подразделяются на принципиальные, структурные и функциональные.

Принципиальная кинематическая схема представляет собой совокупность кинематических элементов и их соединений, предназначенных для осуществления регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов (рис. 1.95).

Все элементы схемы показывают условными графическими обозначениями или упрощенно в виде внешних контурных очертаний. Схему вычерчивают, как правило, в виде развертки на плоскости или в аксонометрической проекции. Соотношение размеров взаимодействующих элементов в изделии должно примерно соответствовать соотношению размеров условных графических обозначений на схеме.

На принципиальной кинематической схеме изображают:

- валы, оси, стержни, шатуны, кривошпы и т. п. – сплошными основными линиями толщиной  $s$ ;
- зубчатые колеса, червяки, шкивы, кулачки и иные элементы в виде упрощенных внешних очертаний – сплошными линиями толщиной  $s/2$ ;
- контур изделия, в который вписана схема или ее часть, – сплошными тонкими линиями толщиной  $s/3$ ;
- кинематические связи между сопряженными парами звеньев, вычерченных раздельно, – штриховыми линиями толщиной  $s/2$ ;
- кинематические связи между элементами или между ними и источником движения через немеханические энергетические участки – двойными штриховыми линиями толщиной  $s/2$ ;
- расчетные связи между элементами – тремя параллельными штриховыми линиями толщиной  $s/2$ .

На принципиальной кинематической схеме указывают:

– наименование каждой группы элементов с учетом ее основного функционального назначения, которое наносят на полке линии-выноски, проведенной от соответствующей группы;

– основные характеристики и параметры кинематических элементов, определяющие исполнительные движения рабочих органов изделия или его составных частей.

Примерный перечень основных характеристик и параметров кинематических элементов:

– для источника движения (двигателя) – наименование, тип, характеристика;

– для механизма или кинематической группы – характеристика основных исполнительных движений, диапазон регулирования, передаточные отношения, пределы перемещений (длина перемещения или угол поворота исполнительного органа), направление, вращения или перемещения исполнительного органа;

– для отсчетных, делительных и других точных механизмов и устройств – пределы измерения, степень точности передачи, значения допускаемых относительных перемещений и поворотов, значения мертвых ходов между ведущими и исполнительными элементами, цена деления;

– для шкивов ременной передачи – диаметры; для сменных шкивов – отношение диаметров ведущих шкивов к диаметрам ведомых;

– для зубчатых зацеплений – число зубьев колес, число зубьев на полной окружности и фактическое число зубьев зубчатых секторов, модуль, направление и угол наклона зубьев косозубых колес и реек, модуль осевой, число заходов и тип червяка;

– для ходового винта – ход винтовой линии, число заходов, надпись «Лев.» для левых резьб;

– для звездочки цепной передачи – число зубьев, шаг цепи;

– для кулачка – параметры кривых, пределы перемещения поводка (толкателя).

При наличии в схеме элементов, параметры которых подлежат уточнению в процессе регулирования и наладки, на схеме обозначают расчетные значения параметров со ссылкой на примечание в виде надписи «*Параметры ... подбирают при регулировании*».

**Нумерация элементов.** Каждому кинематическому элементу схемы присваивают порядковый номер, начиная от источника движения, или буквенное позиционное обозначение. Буквенные коды наиболее распространенных групп элементов (ГОСТ 2.703): А – механизм (общее обозначение); В – вал; С – элементы кулачкового механизма (кулачок, толкатель); Е – разные элементы; Н – элементы механизма с гибкими звеньями (цепь, ремень); К – элементы рычажного механизма; М – источник движения (двигатель); Р – элементы мальтийского или храпового механизма; Т – элементы зубчатого или фрикционного механизма; Х – муфта; У – тормоз. Валы допускается нумеровать римскими цифрами, все остальные элементы нумеруют только арабскими цифрами. Порядковый номер элемента проставляют на полке линии-выноски. Под полкой указывают основные характеристики и параметры данного кинематического элемента.

Элементы покупных или заимствованных механизмов не нумеруют. Сменные кинематические элементы на схеме обозначают строчными буквами латинского алфавита. Характеристики всего набора сменных элементов указывают в таблице на поле чертежа.


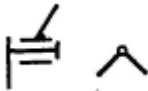

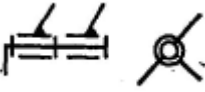



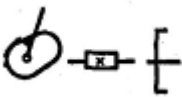




**Структурная кинематическая схема** должна содержать все основные функциональные части изделия и взаимосвязи между ними. Схему представляют либо графическим изображением простых геометрических фигур, либо аналитической записью, допускающей применение ЭВМ. Наименование соответствующей функциональной части изделия вписывают внутрь геометрической фигуры.

Функциональная кинематическая схема должна содержать изображение всех участвующих в процессе функциональных элементов с обязательным их обозначением в последовательности функциональной связи. Изображения выполняют посредством простых геометрических фигур с соответствующими надписями, обозначениями и линиями взаимосвязи.

Условные графические обозначения некоторых элементов кинематики по ГОСТ 2.770–68 приведены в табл. 1.7.



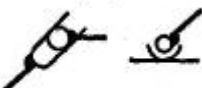
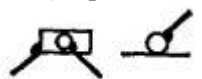




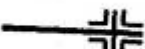


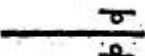
Таблица 1.7

Условные графические обозначения  
элементов кинематических схем и обозначения движения

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Вал, валик, ось, стержень, шатун и т.п.</p> 	<p>Кинематическая пара: вращательная</p> 
<p>Неподвижное звено (стойка). Для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой</p> 	<p>вращательная многократная, например, двукратная</p>  <p>поступательная</p> 
<p>Соединение частей звена: неподвижное</p>  <p>неподвижное, допускающее регулировку</p>  <p>неподвижное соединение детали с валом, стержнем</p> 	<p>винтовая</p>  <p>цилиндрическая</p>  <p>сферическая с пальцем</p>  <p>карданный шарнир</p> 


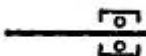





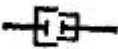
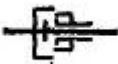


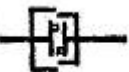
Продолжение табл. 1.7



Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Кинематическая пара: сферическая (шаровая)</p>  <p>плоскостная</p>  <p>трубчатая (шар – цилиндр)</p>  <p>точечная (шар – плоскость)</p> 	<p>Подшипники скольжения: радиальные</p>  <p>радиально-упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p>  <p>упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p> 
<p>Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): радиальные</p>  <p>упорные</p> 	<p>Подшипники качения: радиальные</p> 







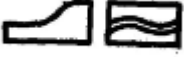
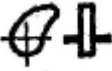




Продолжение табл. 1.7

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
----------------------------	----------------------------

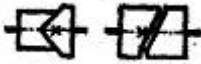
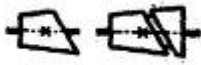
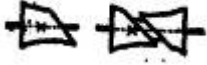




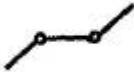

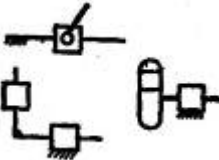
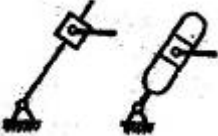
<p>Подшипники качения: радиально-упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p>  <p>упорные: односторонние</p>  <p>двусторонние</p> 	<p>Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): упругая</p>  <p>Компенсирующая</p> 
<p>Муфта. Общее обозначение без уточнения типа</p> 	<p>Муфта сцепления (управляемая): общее обозначение</p>  <p>односторонняя</p>  <p>двусторонняя</p> 
<p>Муфта нерасцепляемая (неуправляемая) глухая</p> 	<p>Муфта сцепления механическая: синхронная, например, зубчатая</p> 

Продолжение табл. 1.7



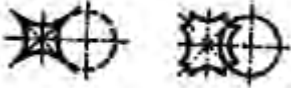
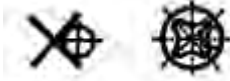
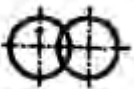



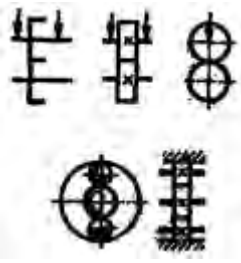
Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
----------------------------	----------------------------

<p>Муфта сцепления механическая: асинхронная (например, фрикционная)</p> 	<p>Муфта автоматическая (самодействующая): предохранительная с разрушаемым элементом</p>  <p>с неразрушаемым элементом</p> 
<p>Муфта сцепляемая электрическая</p> 	<p>Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа</p> 
<p>Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая</p> 	<p>Кулачки плоские: продольного перемещения</p>  <p>вращающиеся</p>  <p>вращающиеся пазовые</p> 
<p>Муфта автоматическая (самодействующая): общее обозначение</p>  <p>обгонная (свободного хода)</p>  <p>центробежная фрикционная</p> 	

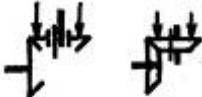
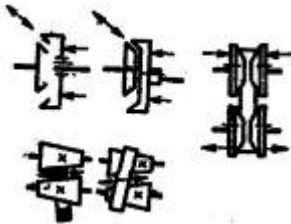



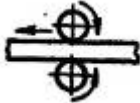


Продолжение табл. 1.7

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Кулачки барабанные: цилиндрические</p>  <p>конические</p>  <p>криволинейные</p> 	<p>Толкатель (ведомое звено) плоский</p> 
<p>Толкатель (ведомое звено): заостренный</p>  <p>дуговой</p>  <p>роликовый</p> 	<p>Звено рычажных механизмов двухэлементное: кривошип, коромысло, шатун</p>  <p>эксцентрик</p>  <p>ползун</p>  <p>кулиса</p> 


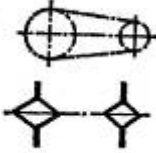
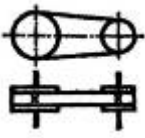

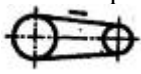

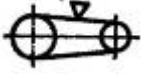
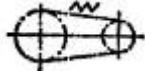
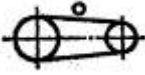
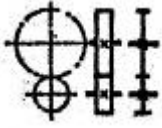
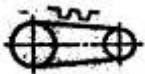
Продолжение табл. 1.7

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Звено рычажных механизмов трехэлементное</p> 	<p>Храповые зубчатые механизмы с реечным зацеплением</p> 
<p>Примечания: 1. Штриховку допускается не наносить. 2. Обозначение многоэлементного звена аналогично двух- и трехэлементному</p>	<p>Мальтийские механизмы с радиальным расположением пазов у мальтийского креста: с наружным зацеплением</p>  <p>с внутренним зацеплением</p>  <p>общее обозначение</p> 
<p>Храповые зубчатые механизмы: с наружным зацеплением односторонние</p>  <p>с наружным зацеплением двусторонние</p>  <p>с внутренним зацеплением односторонние</p> 	<p>Передачи фрикционные: с цилиндрическими роликами</p> 

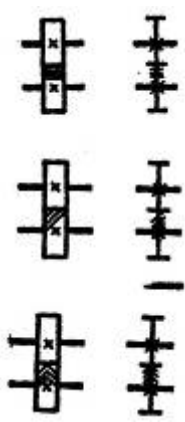

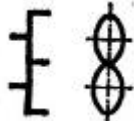
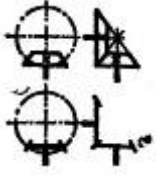



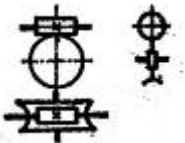
Продолжение табл. 1.7

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Передачи фрикционные: с коническими роликами</p>  <p>с коническими роликами регулируемые</p>  <p>с криволинейными образующими рабочих тел и наклоняющимися роликами регулируемые</p>  <p>торцовые (лобовые) регулируемые</p> 	<p>Передачи фрикционные: со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые</p>  <p>с цилиндрическими роликами, преобразующие вращательное движение в поступательное</p>  <p>с гиперboloидными роликами, преобразующие вращательное движение в винтовое</p> 
	<p>Маховик на валу</p> 

Продолжение табл. 1.7









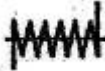
Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Шкив ступенчатый, закрепленный на валу</p> 	<p>Передача цепью: общее обозначение без уточнения типа цепи</p> 
<p>Передача ремнем без уточнения типа ремня</p> 	<p>круглозвенной</p> 
<p>Передача плоским ремнем</p> 	<p>пластинчатой</p> 
<p>Передача клиновидным ремнем</p> 	<p>зубчатой</p> 
<p>Передача круглым ремнем</p> 	<p>Передачи зубчатые (цилиндрические): внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)</p> 
<p>Передача зубчатым ремнем</p> 	

Продолжение табл. 1.7


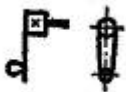

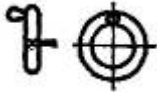







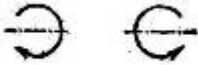
Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Передачи зубчатые (цилиндрические): внешнее зацепление с прямыми, косыми и шевронными зубьями</p>  <p>внутреннее зацепление</p>  <p>с некруглыми колесами</p> 	<p>Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические: общее обозначение без уточнения типа зубьев</p>  <p>с прямыми, спиральными и круговыми зубьями</p> 
<p>Передачи зубчатые с гибкими колесами (волновые)</p> 	<p>Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: гипоидные</p>  <p>червячные с цилиндрическим червяком</p> 

Продолжение табл. 1.7



















Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Передачи зубчатые со скрещивающимися валами: червячные глобоидные</p> 	<p>Гайка на винте, передающем движение: неразъемная с шариками</p>  <p>разъемная</p> 
<p>Передачи зубчатые реечные: общее обозначение без уточнения типа зубьев</p> 	<p>Пружины: цилиндрические сжатия</p>  <p>цилиндрические растяжения</p>  <p>конические сжатия</p> 
<p>Передача зубчатая сектором без уточнения типа зубьев</p> 	<p>Винт, передающий движение</p>  <p>цилиндрические, работающие на кручение</p> 
<p>Гайка на винте, передающем движение: неразъемная</p> 	

Продолжение табл. 1.7

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
Пружины: спиральные 	Рукоятка 
листовые: одинарная 	Маховичок 
рессора 	Передвижные упоры 
тарельчатые 	Гибкий вал для передачи вращающего момента 
Рычаг переключения 	Одностороннее движение: прямолинейное 
Конец вала под съемную рукоятку 	вращательное: с осью вращения в плоскости чертежа 

Продолжение табл. 1.7

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Одностороннее движение: вращательное: с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  <p>винтовое с осью вращения в плоскости чертежа</p>  <p>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p> 	<p>Возвратное движение: вращательное: с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p>  <p>винтовое: с осью вращения в плоскости чертежа</p>  <p>с осью вращения перпендикулярно плоскости чертежа</p> 
<p>Возвратное движение: прямолинейное</p>  <p>вращательное: с осью вращения в плоскости чертежа</p> 	<p>Одностороннее движение с мгновенной остановкой в промежуточном положении: прямолинейное</p>  <p>вращательное</p> 

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Одностороннее движение с выстоем в промежуточном положении:</p> <p>прямолинейное</p> 	<p>Одностороннее движение с частичным обратным движением:</p> <p>вращательное</p> 
<p>вращательное</p> 	<p>Возвратное движение с выстоем в одном крайнем положении:</p> <p>прямолинейное</p> 
<p>Одностороннее движение с частичным обратным движением:</p> <p>прямолинейное</p> 	<p>вращательное</p> 
<p>П р и м е ч а н и е. Для указания правого или левого винта на поле схемы приводят необходимое пояснение. Обозначение других видов движения следует строить по аналогии с приведенными в таблице.</p>	

Элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений. Все элементы и устройства изображают на схемах, как правило, в исходном положении: пружины – в состоянии предварительного сжатия, электромагниты – обесточенными и т. д.

В технически обоснованных случаях отдельные элементы схемы или всю схему допускается вычерчивать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы положения, для которого изображены эти элементы или вся схема.

## ***Выполнение гидравлических и пневматических схем***

Гидравлические и пневматические схемы в зависимости от назначения разделяются на структурные, принципиальные и схемы соединения.

На *структурной* схеме показывают все основные функциональные части изделия: элементы, устройства и функциональные группы и основные взаимосвязи между ними. На линиях взаимосвязи указывают направление потоков рабочей среды. Наименования, обозначения и технические данные функциональных частей наносят над изображением или справа от него или вписывают в прямоугольники, заменяющие изображения.

На принципиальной схеме дается полный состав элементов в виде условных графических обозначений и все связи между ними. Элементы и устройства показывают, как правило, в исходном положении: пружины – в состоянии предварительного сжатия, электромагниты – обесточенными и т. п. Условные графические обозначения баков под атмосферным давлением и мест удаления воздуха из гидросети применяют только в положении, рекомендуемом соответствующим стандартом.

Каждый элемент схемы должен иметь позиционное обозначение, состоящее из буквенного обозначения и последующего порядкового номера. В ГОСТ 2704–76 установлены следующие обязательные к применению позиционные обозначения гидро- и пневмоэлементов:

А – устройство (общее обозначение)	ЗМ – замок
АК – аккумулятор	К – клапан
АТ – аппарат теплообменный	КВ – клапан выдержки времени
Б – гидробак	КД – клапан давления
ВД – влагоотделитель	КО – клапан обратный
ВМ – вентиль	КП – клапан предохранительный
ВТ – гидровытеснитель	КР – клапан редуционный
Г – пневмоглушитель	КМ – компрессор
Д – двигатель поворотный	М – мотор
ДП – делитель потока	МН – манометр
ДР – дроссель	

МП – гидродинамическая  
передача  
МР – маслораспылитель  
МС – масленка  
МФ – гидродинамическая муфта  
Н – насос

### *Насосы*

НА – аксиально-поршневой  
НМ – насос-мотор  
НП – пластинчатый  
НР – радиально-поршневой  
ПР – пневмогидропреобразо-  
ватель

Р – распределитель  
РД – реле давления  
РЗ – аппарат золотниковый  
РК – аппарат клапанный  
РС – ресивер  
С – сепаратор  
СП – сумматор потока  
Т – термометр  
ТР – трансформатор  
гидравлический  
УВ – устройство воздухо-  
спускное  
УС – гидроусилитель  
Ф – фильтр  
Ц – цилиндр

При введении обозначения вне этого перечня его содержание расшифровывают на поле схемы.

При присвоении элементам позиционных обозначений соблюдают сквозную нумерацию в пределах изделия. Порядковые номера вводят по группам элементов с одинаковым буквенным позиционным обозначением, например: КП1, КП2, ..., КП12; Р1, Р2,... Буквы и цифры в позиционных обозначениях выполняют шрифтом одного размера. Порядковые номера устанавливают в последовательности расположения элементов на схеме в направлении сверху вниз, слева направо. Место простановки позиционного обозначения – справа или над условным графическим обозначением соответствующего элемента схемы.

Данные об элементах схемы записывают в перечень элементов. Элементы записывают в перечень группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы элементы перечисляют в порядке возрастания номеров.

При выполнении принципиальной схемы на нескольких листах необходимо сохранить сквозную нумерацию и единый перечень элементов. Отдельные элементы допускается повторно изображать на других листах схемы с сохранением ранее присвоенных им позиционных обозначений.

При сокращении длины слива и дренажа баки повторно изображают около соответствующего элемента; при сокращении длины линии нагнетания источник питания повторно не изображают, а около соответствующего элемента или устройства показывают подвод рабочей среды.

На схеме соединений помимо гидравлических, пневматических устройств показывают трубопроводы и элементы соединений трубопроводов. Элементы, устройства и соединения трубопроводов изображают в виде упрощенных внешних очертаний, а трубопроводы – сплошными основными линиями. Соединения принято изображать условными графическими изображениями. Номера элементов, устройств и трубопроводов должны соответствовать номерам, принятым на принципиальной схеме. Соединениям трубопроводов присваивают номера после номеров трубопроводов. Номера трубопроводов проставляют, как правило, возле обоих концов их изображений. В перечне элементов для трубопроводов должны быть обозначены сортамент и материал труб. Допускается эти данные указывать около линий, изображающих трубопроводы.

### **1.3. Требования к городскому электрическому транспорту и методика проектирования**

К конструкции изделий ГЭТ предъявляют производственные, эксплуатационные, потребительские, экологические требования; она так-же должна обеспечить активную и пассивную безопасность при эксплуатации.

**Производственные требования** – это соответствие конструкции изделия технологическим возможностям изготовителя или передовым тенденциям новейшей технологии, минимальный расход материала и энергии, необходимых для ее изготовления, наименьшая трудоемкость и себестоимость продукции.

**Эксплуатационные требования** – изделие должно соответствовать дорожным и климатическим условиям той страны или региона, где оно будет эксплуатироваться. Этим объясняется выпуск изделий в мире «северного», «тропического» и других вариантов. Сюда же нужно отнести и требования по энергетической

экономичности, кур-совой устойчивости, управляемости, маневренности, плавности хода, проходимости, надежности, технологичности обслуживания и ремонта, минимальной себестоимости транспортных работ.

**Потребительские требования** – малая стоимость изделия и его эксплуатации, возможность использования для различных технических и потребительских нужд, безотказность, ремонтпригодность, активная и пассивная безопасность, комфортабельность, легкость управления.

**Экологические требования** сводятся к уменьшению вредных воздействий изделия с гибридными приводами на окружающую среду – загрязнения атмосферы выхлопными газами, парами топлива и смазки; загрязнения тропосферы Земли озоном, образующимся при сгорании органического топлива (этот озон при соединении с оксидами азота выделяет очень вредные для окружающей среды вещества); загрязнения почвы и водоемов; снижению шума, радиопомех и вибрации. В конструкции должна быть заложена возможность использования списанной машины в качестве вторичного сырья.

Основой формирования представлений о путях модернизации и создания новых машин является растущая потребность в более эффективном выполнении транспортных перевозок пассажиров.

Выполнение поставленных задач может быть обеспечено высоким качеством проектирования и изготовления изделий высокой маневренности, эффективностью использования новой техники. При проектировании изделий необходимо учитывать накопленный опыт разработки аналогичных конструкций, современный мировой уровень техники и определять перспективные направления дальнейшего их совершенствования и использования.

Изделия высокой маневренности и разноприводные нужно создавать с возможностью большой унификации одинаковых элементов. Кроме шин и ведущих мостов изделия должны иметь дополнительные механизмы и устройства, повышающие их эксплуатационные качества. К таким механизмам и устройствам относятся блокирующиеся и самоблокирующиеся дифференциалы, межосевые дифференциалы, устройства для изменения давления воздуха в шинах на ходу, системы подогрева салонов и кабины при работе в условиях низких температур, кондиционеры для



обеспечения необходимой температуры и влажности воздуха в кабине и салоне.

При проектировании городского электрического транспорта необходимо ориентироваться на мировой опыт максимальной унификации с автобусом.

К изделиям ГЭТ предъявляют следующие требования:

оптимальное сочетание скоростных и тяговых характеристик;

прочность, высокая износостойкость материала, простота и надежность конструкции;

минимальная собственная масса, оптимальные габаритные размеры (выступающие детали должны легко сниматься);

низкий уровень звукового давления и вибрации в кабине и салоне изделия;

простота технического обслуживания (минимальное число мест для смазывания и регулировки, легкий доступ к ним, безопасность обслуживания) и ремонта;

возможность эксплуатации в различных климатических условиях;

максимальная скорость движения – до 70–80 км/ч, минимальная скорость движения 4 км/ч; двигатель должен обеспечивать хорошую приемистость;

наличие рабочей, запасной и стояночной тормозных систем (стояночная тормозная система должна надежно удерживать изделие на дороге с предельным уклоном не менее 25 %);

высокая степень автоматизации управления и диагностирования систем;

возможность эксплуатации без дополнительного оборудования при температуре до  $-30$  °С, а с незначительными изменениями в конструкции – до  $-40$  °С;

возможность перевозки изделий различными видами наземного, водного и железнодорожного транспорта.

По сложившейся на настоящее время системе перевозок пассажиров городским транспортом последний состоит из трех основных видов – метрополитен, трамвай, троллейбусы и комбинированные. К каждому из видов ГЭТ с учетом особенности каждого предъявляются и самостоятельные отдельные технические требования, доста-точно широко регламентируемые ГОСТ 7495–70 и ГОСТ 8802–78.

## Требования к троллейбусам

### Общие требования:

- Конструкция троллейбусов должна обеспечивать возможность их эксплуатации на дорогах с усовершенствованным капитальным покрытием I и II категорий с уклонами до 8 %.

- Пассажировместимость троллейбуса следует определять по ГОСТ 1002262.

- Дорожный просвет троллейбусов, укомплектованных шинами основного размера, – не менее 150 мм при нагрузке из расчета нормы площади на одного стоящего пассажира  $0,125 \text{ м}^2$  и заполнении всех мест для сидения (норма веса одного человека 70 кг). Передний и задний углы свеса не должны быть менее  $6^\circ$ , кроме зоны

подножек.

- Минимальный радиус поворота троллейбусов – не более 12 м.

- Троллейбус должен быть рассчитан на нагрузку 700 кг на  $1 \text{ м}^2$  площади, предназначенной для размещения стоящих пассажиров и заполнения всех мест для сидения.

- Весовые параметры троллейбуса при номинальной (из расчета нормы площади на одного стоящего пассажира –  $0,2 \text{ м}^2$ ) нагрузке и габариты принимаются по ГОСТ 9314–59.

- Нагрузка, приходящаяся на переднюю ось, не должна быть более 36 % общего веса троллейбуса.

- Троллейбус при номинальных нагрузке и напряжении контактной сети должен развивать скорость не менее:

60 км/ч – на горизонтальном участке дороги;

43 км/ч – на подъеме с уклоном 3 %.

Время разгона троллейбуса с места на горизонтальном участке дороги до скорости 50 км/ч – не более 26 с.

- Условная расчетная скорость сообщения троллейбуса на условном маршруте с эквивалентным уклоном дороги до 0,3 % – не менее 25 км/ч при номинальных нагрузке и напряжении контактной сети, скорости на перегоне 50 км/ч, замедлении не более  $1,5 \text{ м/с}^2$ , среднем расстоянии между остановочными пунктами 350 м, длительностью стоянки 8 с и 10 %-м запасом времени на нагон.

- Расчетная скорость троллейбуса – не менее 70 км/ч.

- Троллейбусы должны иметь оборудование для бескондукторного обслуживания пассажиров.

**Требования, предъявляемые к кузову и его оборудованию:**

- Планировочные размеры пассажирского помещения троллейбусов принимаются по ГОСТ 10022–62.

- При установке сидений на надколесных кожухах в примыкающих к ним местах допускается повышать уровень пола до 200 мм. Если уровень пола задней накопительной площадки ниже уровня пола в центральном проходе, заднюю накопительную площадку следует соединять с центральным проходом переходным пандусом.

- Сиденья должны быть мягкими, с полумягкими спинками.

- Управление дверями осуществляется водителем из кабины.

- Двери пассажирского помещения имеют устройство, сигнализирующее водителю об их положении.

- Поручни должны быть удобными для пользования и иметь надежное нетоксичное покрытие, исключаящее загрязнение и ранение рук пассажиров. Крепить поручни к створкам дверей не допускается.

- Пассажирские сиденья, поручни и отделка кузова должны быть удобны для очистки, обработки дезинфицирующими средствами и допускать замену при ремонте.

- Для обеспечения естественной вентиляции пассажирского помещения в крыше предусматриваются вентиляционные люки, а в боковых окнах – сдвигаемые или откидные форточки. Люки и форточки должны открываться вручную с усилием не более 15 кгс.

- На окнах устанавливаются уплотнения, не допускающие вибрации стекол, не пропускающие влагу и пыль внутрь троллейбуса. Стекла окон пассажирского помещения не должны ухудшать видимость и искажать предметы. При разрушении стекол не должно быть рвящих осколков.

- Остекление крыши, если оно предусмотрено конструкцией, должно производиться детермальным или тонированным стеклом, защищающим пассажиров от теплового воздействия солнечных лучей.

- Покрытие пола в проходе пассажирского помещения, подножек и ступенек должно быть износостойким, исключаящим

скольжение, не пропускающим влагу, позволяющим мытьё водой и обработку дезинфицирующими средствами.

- Для внутренней отделки пассажирского помещения необходимо применять гладкий светостойкий материал, не загрязняющий одежду пассажиров.

- Соединения элементов кузова и люков должны иметь надежное уплотнение и не пропускать в пассажирское помещение пыль и влагу. Зазоры между ступенькой и дверью не должны превышать 30 мм.

- Размеры кабины и рабочего места водителя регламентируются ГОСТ 12024–66. Длина кабины не должна быть более 1500 мм. На месте педали тормоза устанавливается пусковая педаль, а на месте педали сцепления – тормозная. Педаль должна иметь поверхность, не допускающую соскальзывание ног водителя.

- Рабочее место водителя от пассажирского помещения изолируется перегородкой, застекленной тонированным стеклом с коэффициентом пропускания света 0,4–0,6.

- Кабина водителя в боковом борту или в перегородке должна иметь дверь, обеспечивающую водителю удобный вход и выход.

Левое боковое окно кабины должно открываться.

- Щиток приборов в кабине водителя оборудуется приборами для контроля скорости, пройденного пути, напряжения аккумуляторной батареи, давления в пневматической системе, сигнальными лампами наличия напряжения в сети, сигнализацией положения дверей и работы указателей поворота. Приборы располагаются так, чтобы водитель мог наблюдать за их показаниями, не изменяя положения корпуса.

На шкалах приборов должны быть четкие цифровые обозначения, хорошо различимые водителем при естественном и искусственном освещении.

- Для удобства очистки вручную внешней поверхности стекол ветрового окна предусматриваются подножки и ручки.

- Освещенность пассажирского помещения троллейбуса не должна быть менее 75 лк при использовании люминесцентных ламп и 50 лк при лампах накаливания на уровне 0,86 м от пола в зоне пассажирских сидений с неравномерностью не менее 1 : 2. Питание источников освещения низковольтное. Подножки должны быть

освещены специальными светильниками. Освещенность их не должна быть менее 10 лк. Освещенность зоны дороги около открытых дверей на расстоянии 1 м от дверей троллейбуса и на высоте 1 м от уровня дороги не должна быть менее 10 лк.

Система освещения не должна ухудшать видимости водителю в темное время суток.

- В пассажирском помещении и кабине водителя при открытых люках и форточках должен быть обеспечен двадцатикратный обмен воздуха в течение 1 ч при скорости троллейбуса не менее 15 км/ч.

Воздух, поступающий через систему вентиляции, должен равномерно распределяться по всему объему помещения. В летнее время температура воздуха в пассажирском помещении и кабине водителя при движении троллейбуса со скоростью 15 км/ч не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 5 °С.

- Скорость движения воздуха в зонах пребывания пассажиров не должна превышать 2,5 м/с в летнее и 0,5 м/с в зимнее время года.

- Кабина водителя оборудуется вентилятором, закрепленным шарнирно, и вешалкой для одежды.

- В троллейбусах обязательно предусматривается отопление пассажирского помещения и кабины водителя. Отопление пассажирского помещения должно осуществляться несколькими источниками тепла, включаемыми отдельно, и обеспечивать температуру воздуха при закрытых дверях и номинальном напряжении контактной сети на 20 °С выше наружной. В системе отопления кабины водителя предусматривается подвод теплого воздуха к ногам водителя.

- Тепло, поступающее через систему отопления, должно равномерно распределяться по всему объему пассажирского помещения. Перепад температуры в пассажирском помещении не должен превышать 10 °С, за исключением зоны на уровне 0,5 м от пола.

- В перегородке кабины водителя предусмотрено закрывающееся из кабины водителя окно для продажи абонементных книжек и проездных билетов.

- Двери пассажирского помещения и кабины водители оборудуются запорными устройствами, препятствующими открыванию дверей по время хранения троллейбусов.

- Наружная окраска троллейбусов осуществляется с учетом требований ГОСТ 9894–61, класс III, группа А.

- Внутренняя и внешняя отделка и окраска троллейбусов должна соответствовать эталонам, утвержденным в установленном порядке.

**Требования, предъявляемые к узлам, агрегатам и системам:**

- Высоковольтное электрооборудование троллейбуса должно быть рассчитано на работу при номинальном и максимальном напряжениях на токоприемниках по ГОСТ 6962–54. Допускается кратковременное понижение напряжения на 20 %.

- Тяговый двигатель троллейбуса выбирается по ГОСТ 2582–72. Конструкция тягового двигателя должна обеспечивать восприятие осевых и радиальных усилий, возникающих от карданного вала.

Непосредственное попадание воды и снега в тяговый двигатель не допускается.

- Система управления тяговым двигателем троллейбуса должна быть полуавтоматической, обеспечивающей плавный пуск и разгон троллейбуса с возможностью регулирования скорости, а также электродинамическое (реостатное или рекуперативно реостатное) торможение. Питание цепи управления на троллейбусе должно быть низковольтным.

- Электрическое оборудование троллейбуса должно быть защищено от проникновения пыли и влаги, быть удобным для осмотра и ремонта, иметь электрическую изоляцию и обеспечивать электробезопасность. По заказу потребителя оборудование должно иметь тепловую изоляцию и вентиляцию.

- Нормальный токосъем обеспечивается при колебаниях высоты подвески контактного провода в точках подвеса 4,2–6 м от уровня дороги.

Конструкция токоприемников троллейбуса должна обеспечивать возможность отклонения продольной оси троллейбуса от оси контактных проводов на расстоянии до 4,5 м в каждую сторону. Максимальная высота подъема головки токоприемника, не стоящего на контактном проводе, не должна превышать 7 м от уровня дороги.

- Троллейбус оборудуется устройством, подавляющим помехи радиоприему в соответствии с «Общесоюзными нормами допускаемых промышленных радиопомех: нормы 1–63».

- Для питания низковольтных цепей устанавливается преобразователь напряжения, работающий совместно с аккумуляторной батареей. Допускается применять мотор-генератор. Низковольтную сеть троллейбуса выполняют по двухпроводной схеме.

Регулирование напряжения преобразователя и переключение низковольтной сети на питание от аккумуляторной батареи осуществляются автоматически.

- Троллейбус оборудуется усилителем рулевого управления. Люфт рулевого колеса не должен превышать  $15^\circ$ . Поворот рулевого колеса на указанный угол должен обеспечивать включение распределительного устройства усилителя.

- Усилие на рулевом колесе троллейбуса при максимальной нагрузке на управляемую ось должно быть в пределах 9–12 кгс при въезде в кривую минимального радиуса со скоростью 5 км/ч.

Полный поворот управляемых колес из одного крайнего положения в другое должен осуществляться не более чем за пять оборотов рулевого колеса.

В случае прекращения действия усилителя рулевого управления должна быть обеспечена возможность управления троллейбусом без каких-либо переключений.

- Троллейбус должен быть оборудован независимо действующими тормозами:

- рабочим (пневматическим, пневмогидравлическим и др.) на все колеса, с отдельным приводом на оси;

- вспомогательным (электрическим);

- стояночным, с приводом на задние колеса, который может быть использован в качестве запасного.

- Установившееся замедление движения троллейбусов при номинальной нагрузке на горизонтально сухой дороге с асфальтовым покрытием не должно быть менее  $0,8 \text{ м/с}^2$  при торможении вспомогательным тормозом в интервале скоростей от 40 до 10 км/ч.

- Стояночный тормоз должен неограниченное время удерживать остановленный троллейбус на дороге с сухим асфальтовым покрытием на уклоне до 15 %.

- Привод рабочего тормоза должен обеспечивать соответствующую интенсивность торможения при каждом положении тормозной педали. Рабочий и вспомогательный тормозы должны включаться одной педалью.

- Тормозной путь троллейбуса при номинальной нагрузке с начальной скоростью торможения 60 км/ч на горизонтальном участке сухой дороги с асфальтовым покрытием не должен превышать 36,7 м при действии рабочего тормоза.

- В троллейбусах предусматривается возможность проверки давления и подкачки внутренних шин без съема наружных.

- Конструкция пневмосистемы троллейбуса должна исключать отказ ее работы в результате замерзания конденсата.

- Троллейбус снабжается внешними световыми приборами по ГОСТ 8769–69. Должна быть предусмотрена возможность включения всех указателей поворота на режим одновременного мигания.

#### **Дополнительные требования:**

- Троллейбус оборудуется маршрутными указателями. Номер маршрута, расположенный в лобовой части кузова, должен быть виден в дневное и вечернее время на расстоянии не менее 70 м. У задней двери предусматривается место для установки трафарета.

- Форма кузова троллейбуса и его наружное оборудование должны быть рассчитаны на проведение мойки механизированными установками.

- Троллейбусы должны иметь крюки, позволяющие буксировать их в случае неисправности.

- Для подъема троллейбусов домкратами предусматриваются специальные места.

- Каждый троллейбус снабжается углекислотным огнетушителем емкостью не менее 2 л.

- Троллейбус оборудуется лестницей с откидной площадкой на заднем борту.

- На крыше троллейбуса устанавливается изоляционный коврик.



- Проводка высоковольтных и низковольтных цепей выполняется раздельно.

- Ресурс до первого капитального ремонта троллейбуса – не менее 540 тыс. км пробега.

**Комплектность:**

- Троллейбус должен быть укомплектован запасными частями и набором инструмента.

- К каждому троллейбусу прилагаются паспорта на машину в целом, на тяговый двигатель, мотор-компрессор и вспомогательный двигатель по ГОСТ 2.601–68.

**Правила приемки:**

- Для проверки соответствия троллейбусов требованиям настоящего стандарта предприятие-изготовитель должно проводить приемосдаточные испытания, обкатку при пробеге 25 км и непериодические испытания.

- При приемосдаточных испытаниях каждый троллейбус подвергают внешнему осмотру.

- При обкатке проверяют исправность действия высоковольтного и низковольтного электрооборудования, пневматического и механического оборудования, контрольных приборов, действие рабочего и вспомогательного тормозов (измерением тормозного пути, который не должен превышать 7 м при движении ненагруженного троллейбуса с начальной скоростью 30 км/ч по горизонтальному участку дороги с сухим чистым асфальтовым покрытием).

- Периодические испытания проводят не реже одного раза в два года. Испытаниям подвергают не менее двух троллейбусов.

**Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение:**

- На перегородке кабины водителя каждого троллейбуса должна быть прикреплена табличка, содержащая:

- наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;

- порядковый номер троллейбуса по системе нумерации предприятия-изготовителя;

- вместимость;

- год и месяц выпуска;

- обозначение настоящего стандарта.

Маркировка должна сохраняться в течение всего срока службы троллейбуса.

- При транспортировании троллейбусов наружные хромированные поверхности должны быть предохранены от коррозии лаком БТ-577 по ГОСТ 5631–70.

- Консервация троллейбусов производится в соответствии с требованиями ГОСТ 13168–69 в зависимости от категории условий хранения и транспортирования.

**Требования безопасности:**

- У каждой пассажирской двери троллейбуса на видном и доступном месте устанавливаются и обозначаются надписями включатели для экстренного открывания данной двери.

Троллейбусы должны иметь люки и аварийные выходы через окна левого и правого бортов.

Размер аварийного выхода из салона должен быть не менее 600 × 800 мм. Аварийные люки должны открываться изнутри без помощи инструмента. Стекла окон, являющихся аварийными выходами, должны легко удаляться или разбиваться изнутри при помощи специальных ручек или молоточков. Аварийные выходы с внутренней стороны пассажирского помещения обозначаются надписями.

- Крепление каркасов сидений к кузову должно выдерживать длительную нагрузку от горизонтальной силы, равной весу сидящих на сиденьях пассажиров, приложенной на высоте 0,7 м от уровня пола, а также кратковременную 20-кратную перегрузку от собственного веса сиденья в сборе, действующую в горизонтальной плоскости.

- Поручни входа и выхода, а также подножка должны иметь электроизоляционное покрытие.

- Противосолнечный козырек должен быть травмобезопасным и не ухудшать обзор в нерабочем положении.

- При движении троллейбуса со скоростью 45 км/ч на горизонтальном участке сухой дороги с асфальтовым покрытием уровни шума не должны превышать:

  - 80 дБ – в кабине водителя;

  - 85 дБ – в пассажирском помещении;

  - 85 дБ – на расстоянии 7,5 м от троллейбуса.

- Троллейбус оборудуется штангоуловителями и регулируемым устройством, ограничивающим высоту опускания головки токоприемника.

- При соединении обоих токоприемников с положительным полюсом контактной сети, имеющей номинальное напряжение, и при включении всех высоковольтных цепей вновь изготовленного троллейбуса ток утечки между корпусом кузова и землей при действии постоянной составляющей тока не должен превышать 1 мА.

- Сопротивление изоляции при относительной влажности окружающей среды 80 % должно быть:

не менее 3 МОм для высоковольтной цепи от корпуса троллейбуса, а также между высоковольтной и низковольтной цепями;

не менее 0,5 МОм для низковольтной цепи от корпуса троллейбуса.

- На внутренней стороне пассажирских дверей предусматривается устройство, позволяющее открывать их при отключенной системе дистанционного привода.

- Наружные и внутренние поверхности троллейбусов, каркасы сидений, ручки, замки и шарниры створок дверей, поручни, оконные запоры, ручки вентиляционных и смотровых люков и арматура должны быть травмобезопасными.

- Уровень вибрации в кабине и пассажирском помещении троллейбуса не должен превышать норм, установленных Министерством здравоохранения СССР.

- В троллейбусах предусматривается место для хранения противооткатных упоров (башмаков).

#### **Гарантии изготовителя:**

- Предприятие-изготовитель должно гарантировать соответствие выпускаемых троллейбусов требованиям настоящего стандарта при соблюдении потребителем условий хранения и эксплуатации.

Гарантийный срок троллейбусов (кроме шин и аккумуляторных батарей) – 12 месяцев со дня их ввода в эксплуатацию при пробеге не более 75000 км.

## Требования к трамваям

Вагоны трамвайные пассажирские имеют различные, но достаточно однотипные конструктивные исполнения для перевозки пассажиров на городских линиях с шириной рельсовой колеи 1524 мм.

При создании новых прогрессивных изделий ГЭТ необходимо учитывать, что основными критериями их оценки являются качество и экономическая эффективность, которые в общем виде представляются системой обобщенных показателей продукции машиностроения в абсолютных и относительных показателях в табл. 1.8.

Таблица 1.8

### Показатели качества изделия

Показатели качества изделия																
Абсолютные	Производственно-технологические расходы						Эксплуатационные расходы									
	Материалоемкость	Трудоемкость	Энергоемкость	Себестоимость и оптовая цена изделия	Капитальные вложения в производство	Техн. возможности изделия по основному назначению	Производительность изделия в единицу времени	Точность и однородность работы изделия	Надежность работы			Экологические показатели	Эргономичность и эстетические характеристики	Капиталовложения потребителя	Себестоимость единицы продукции	
е	Масса изделия						Эксплуатационные расходы (по видам)									

Определяющий эксплуатационный показатель	Определяющий эксплуатационный показатель
Трудоемкость	Себестоимость изделия + эксплуатационные затраты за срок службы
Определяющий эксплуатационный показатель	Количество выполненной работы за срок службы
Себестоимость	Прочие относительные (удельные) показатели
Определяющий эксплуатационный показатель	
Экономическая эффективность	

В рельсовом транспорте с учетом специфики строительства рельсовых путей регламентированы НТД и основные параметры вагонов трамвайных пассажирских.

**Общие требования:**

• Основные параметры вагонов должны соответствовать указанным ниже:

длина вагона (по кузову), мм	15000 ± 300
ширина вагона (по кузову), мм	2600 ± 50
высота вагона (по кузову), мм	3100 ± 50
масса тары, т, не более	19,5
число дверей пассажирского помещения, шт.	3
высота опорной площадки нижней ступеньки над головкой рельса для порожнего вагона, мм, не более:	
при пневматической системе подвески кузова	320
при других системах подвески	360 + 10
расстояние от головки рельса до нижней точки оборудования (кроме рельсовых тормозов)	
при максимальной нагрузке, мм, не менее	105
конструктивная скорость, км/ч, не менее	75
время разгона вагона при номинальных нагрузке и напряжении на горизонтальном участке до скорости 40 км/ч, с, не более	16
длина тормозного пути вагона с номинальной нагрузкой при торможении со скоростью 40 км/ч, м, не более:	

при служебном торможении	60
при экстренном торможении	50
установившаяся скорость вагона при движении с номинальной нагрузкой при номинальном напряжении контактной сети на горизонтальном участке пути, км/ч, не менее	62
скорость изменения ускорения при пуске и замедлении при служебном торможении, м/с, не более	2
условная расчетная скорость сообщения вагона при работе в одиночку на условном маршруте с эквивалентным подъемом 0,003 при номинальных нагрузке и напряжении контактной сети, среднем расстоянии между пунктами 350 м, длительности стоянки 10 с и 10 % запаса времени на вагон, км/ч, не менее	25

### **Технические требования**

#### *Общие требования*

- Вагоны изготавливаются в соответствии с требованиями существующих стандартов и технических условий.

- Вагоны должны быть приспособлены для работы в одиночку и в составе поезда из двух вагонов.

По согласованию с потребителем поезд допускается сцеплять из трех вагонов по системе многих единиц.

- Конструкция одиночного вагона в составе поезда из двух вагонов должна предусматривать возможность его работы на путях с уклонами до 0,1 протяженностью не более 1000 м.

- Одиночные вагоны, а также двух- и трехвагонные поезда должны обеспечивать прохождение криволинейных участков парковых путей радиусом 10 м со скоростью 10 км/ч и вписываться в габарит подвижного состава на кривых участках пути радиусом 20 м в соответствии со СНиП П-41–76 «Электрифицированный городской транспорт. Трамвайные и троллейбусные линии», утвержденным постановлением Госстроя СССР № 67 от 10 мая 1976 года.

- Вагон должен работать от контактной сети постоянного тока напряжением, установленным ГОСТ 6962–75.

- Вагон рассчитывается на нагрузки:

*номинальную* – от массы пассажиров, сидящих на всех местах, и стоящих пассажиров из расчета пять человек на 1 м свободной площади пола;

*максимальную допустимую в эксплуатации нагрузку* – от массы пассажиров, сидящих на всех местах, и стоящих пассажиров из расчета 10 человек на 1 м свободной площади пола в течение 1 ч движения по графику.

Примечание. Средняя масса пассажира – 70 кг.

- Вагон должен быть оборудован правым и левым наружными зеркалами заднего вида, снеговыми и звуковыми приборами.

Количество и расположение приборов – по согласованию с потребителем.

- Вагон должен быть оборудован системами радиооповещения пассажиров и подачи сигналов из пассажирского салона водителю.

По согласованию с потребителем допускается оборудовать вагон наружными динамиками.

- Внешний и внутренний вид вагона, планировка пассажирского помещения, конфигурация и оформление дверей, окон, кресел, поручней, компоновка оборудования в кабине управления, фактура, материал и цвет поверхностей внутреннего оборудования и декоративных материалов должны отвечать современным требованиям эргономики и технической эстетики.

- Показатели надежности:

ресурс до первого капитального ремонта I объема – не менее 280 тыс. км пробега, II объема – не менее 560 тыс. км пробега; наработка на отказ – не менее 10 тыс. км пробега.

*Требования к кузову и оборудованию*

- Кузов должен иметь опорные поверхности, обеспечивающие возможность его подъема домкратами.

- Конструкция кузова предусматривает возможность применения для боковых стен механизированной мойки.

- Внутренние металлические поверхности кузова должны иметь противозумное покрытие.

- Стены и потолок пассажирского помещения и кабины водителя облицовываются декоративным пластиком по ГОСТ 9590–76.

По согласованию с потребителем допускается применять другие облицовочные материалы.

- Покрытие пола пассажирского помещения, подножек и ступенек должно быть износостойким, исключающим скольжение и позволяющим вести обработку моющими и дезинфицирующими средствами.

- Окна и форточки должны иметь уплотнения, не допускающие попадания пыли и влаги.

- Управление дверьми вагона осуществляется из кабины водителя. Водитель должен иметь возможность управлять передней дверью головного вагона независимо от остальных дверей.

- На вагоне устанавливается тяговое оборудование по ГОСТ 9219–75 и ГОСТ 2582–72.

- В вагонах должна применяться тиристорно-импульсная система управления тяговыми электродвигателями. По согласованию с потребителем допускается устанавливать другие системы управления.

- При работе по системе многих единиц аппаратура должна обеспечивать синхронность управления тяговыми электродвигателями.

- Питание цепей управления и вспомогательного оборудования осуществляется от статического преобразователя напряжения и аккумуляторной батареи. Номинальное напряжение цепей управления и вспомогательного оборудования должно составлять 24 или 50 В постоянного тока.

По согласованию с потребителем допускается питание цепей управления и вспомогательного оборудования от мотор-генератора и аккумуляторной батареи.

- Вагон оборудуется электрическим, механическим и электромагнитным рельсовым тормозами.

Служебное торможение производится электрическим тормозом. Дотормаживание вагона со скоростью 5–7 км/ч производится механическими тормозами.

Экстренное торможение производится с применением электрического и электромагнитного рельсового тормозов.

В случае отказа электрического тормоза последний автоматически замещается механическим.



Электромагнитные рельсовые тормоза должны получать питание от аккумуляторных батарей.

Механический тормоз должен удерживать вагон на уклонах до 0,1 при сухих и чистых рельсах при максимальной нагрузке.

- В вагоне устанавливаются песочницы, оборудованные электроподогревом песка. При экстренном торможении песочницы включаются автоматически.

- Токоприемник пантографного или полупантографного типа должен иметь привод для поднятия и опускания его из кабины водителя и автоматически фиксироваться в крайнем нижнем положении. Рабочий диапазон токоприемника – от 3,8 до 6,0 м над уровнем головки рельсов.

- Вагон должен быть оборудован автосцепками, которые обеспечивают автоматическое или механическое сцепление вагонов при подъезде со скоростью до 3 км/ч. Расцепление осуществляется автоматически или вручную.

По согласованию с потребителем допускается применять ручные сцепки.

- По согласованию с потребителем допускается оборудовать автосцепки устройством, позволяющим буксировать вагон в случае неисправности.

- Колеса вагона должны иметь подрезиненные колесные центры.

- Бандажи соответствуют ГОСТ 5257–50.

- Воздушные резервуары регламентируются ГОСТ 1561–75.

**Требования к кабине водителя:**

- Сидение водителя должно быть поворотным, регулируемым по высоте, продольному положению и углу наклона спинки.

Обивка сидения должна быть воздухопроницаемой.

- Место водителя отделяется от пассажирского помещения перегородкой с дверью, оборудованной запорным устройством. Перегородка и дверь застеклены тонированным стеклом по ГОСТ 17622–72.

- Стекла кабины водителя и пассажирского помещения соответствуют требованиям ГОСТ 8435–76 или ГОСТ 5727–75. Лобовое стекло кабины водителя должно быть полированным.

- Лобовое стекло кабины водителя оборудуется стеклоочистителями. Лобовое и боковые стекла кабины оборудуются стеклообо-гревателями.

- Кабина водителя оборудуется защитным противосолнечным устройством и вешалкой для верхней одежды водителя.

- На пульте управления кабины водителя размещаются: спидометр; указатель открытого положения дверей вагона; указатель положения механических тормозов; амперметр силового тока; вольтметр напряжения низковольтной цепи; вольтметр напряжения контактной сети или оптический индикатор; сигнальная лампа; указатель поворотов и другие приборы в соответствии с техническими условиями.

- Поверхность пульта управления должна исключать возникновение бликов.

#### **Требования к планировке и оборудованию пассажирского помещения:**

- Планировка пассажирского помещения должна обеспечивать наличие центрального прохода, расположенного между продольными рядами, и накопительных площадок, располагаемых у дверей пассажирского помещения.

- Накопительные площадки должны обеспечивать возможность размещения одной детской коляски или крупногабаритного груза размером  $0,6 \times 1,0$  м.

- Планировка сидений должна быть трехрядной (по схеме 2 + 1). По согласованию с потребителем допускается четырехрядное расположение сидений.

- Сидения располагаются поперечно и обращены вперед по ходу движения. По согласованию с потребителем допускается другое расположение сидений.

- Сидения и спинки должны быть полумягкими с толщиной настила не менее 30 мм.

Обивка должна допускать возможность обработки моющими и дезинфицирующими средствами.

По согласованию с потребителем допускается устанавливать жесткие сидения и спинки.

- Основные планировочные размеры пассажирского помещения должны соответствовать указанным ниже:

высота прохода и продольной вертикальной плоскости вагона, мм, не менее	2050
ширина центрального прохода на уровне подушек (при трехрядной планировке), мм, не менее	900
высота ступени подножки, мм, не более	280
глубина ступени подножки, мм, не менее	280
высота подушки сидения над уровнем пола, мм	450±10
шаг сидения, мм, не менее	735
ширина одноместного сидения, мм, не менее	430
высота от опорной площадки нижней ступени до верхней кромки дверного проема, мм, не менее	2000
высота верхней кромки окон над уровнем пола, мм, не менее	1750
высота нижней кромки окон над уровнем пола, мм, не более	900
высота от пола до потолочного поручня, мм	1850±50

- Центральный проход между продольными рядами сидений и накопительные площадки оснащаются потолочными поручнями.

- Спинки поперечных сидений должны иметь опорные поручни, обеспечивающие возможность пользования ими, не мешая при этом сидящим пассажирам.

- Накопительные площадки, кроме потолочных поручней, оснащаются стойками и бортовыми поручнями (оконными ограждениями).

Расстояние между стеклом и поручнями должно быть не менее 50 мм.

- В зоне дверей устанавливаются стойки или поручни для опоры при выходе.

- Двери располагаются с правой стороны по ходу вагона.

Ширина дверного проема в свету должна быть не менее 1300 мм для задней и средней дверей и не менее 800 мм – для передней.

- Дверь в открытом положении не должна выступать за габариты кузова более чем на 80 мм.

- Оконные форточки должны быть сдвижными.

- Планировка пассажирского помещения должна предусматривать возможность установки кассовых аппаратов и компостеров.

Их число и место расположения устанавливаются по согласованию с потребителем.

**Требования к комфорту:**

- Показатель плавности хода – не выше 3,5 при максимальной скорости и номинальной нагрузке.

- Максимальный уровень шума в кабине водителя при движении одиночного вагона со скоростью 40 км/ч не должен превышать 77 дБ (нормировочная кривая № 70).

Максимальный уровень шума в пассажирском помещении, а также наружного шума, измеренного на расстоянии 7,5 м от колеи при движении одиночного вагона со скоростью 40 км/ч, не должен превышать 83 дБ (нормировочная кривая № 75).

При этих условиях уровни звукового давления в октавных полосах частот не должны превышать значений, приведенных в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Уровни звукового давления

Номер нормированной кривой	Уровни звукового давления, дБ, при средне-геометрических частота октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
70	103,1	90,8	82,0	77,1	73,0	70,0	67,5	65,7	64,1
75	106,5	94,7	87,2	84,7	77,9	75,0	72,6	70,8	69,2

- Кабина водителя оборудуется системой вентиляции, обеспечивающей подачу воздуха в летнее время не менее 30 л/ч.

- Пассажирское помещение оборудуется системой вентиляции, обеспечивающей при средней эксплуатационной скорости (17–20 км/ч) вагона подачу воздуха на одного пассажира: 20 л/ч в летнее время; 6 л/ч в зимнее время;

- Система отопления должна быть регулируемой и обеспечивать:
  - на стоянке при закрытых дверях порожнего вагона средний перепад температур снаружи и внутри вагона – не менее 20 °С;

- в кабине водителя во время движения вагона – температуру не менее плюс 10 °С при температуре наружного воздуха минус 40 °С.

- Система отопления кабины водителя должна быть независимой от системы отопления пассажирского помещения.

- Освещение пассажирского помещения должно быть люминесцентное. Допускается освещение лампами накаливания.

Освещение подножек и зоны дороги возле дверей должно осуществляться лампами накаливания.

- Освещенность должна составлять:

не менее 100 лк – в местах расположения сидений на уровне 0,86 м от пола;

не менее 10 лк – в зоне подножек на уровне пола.

Равномерность распределения освещенности салона должна быть не менее 1:2 (отношение величины минимальной освещенности к максимальной).

- На вагоне предусматривается запасное освещение пассажирского помещения лампами накаливания с питанием от аккумуляторных батарей. Освещенность в проходе и на площадках должна быть не менее 0,5 лк.

#### **Требования к материалам:**

- Для изготовления несущих элементов трамвайных вагонов из проката следует применять низколегированные стали по ГОСТ 19281–73, ГОСТ 19282–73 и листовую сталь по ГОСТ 16523–70.

Допускается применять углеродистые стали по ГОСТ 380–71 и ГОСТ 1050–74.

Марки сталей и их категории выбираются по согласованию с потребителем.

- Стальные литые детали вагонов выбираются по ГОСТ 977–75;

- Чугунное литье – по ГОСТ 1412–70;

- Отливки из цветного литья должны соответствовать: ГОСТ 2685–75 – для алюминия; ГОСТ 17711–72 – для латуни.

- Алюминиевые сплавы, применяемые при изготовлении деталей вагонов, – по ГОСТ 21631–76, ГОСТ 18475–73, ГОСТ 18482–73, ГОСТ 4784–74.

- Деревянные детали – по ГОСТ 3191–75 (разд. А и В).

- Допускается применять другие равноценные материалы по согласованию с потребителем.

- Подготовка к сварке сборочных единиц и деталей, выполнение сварочных работ, марки применяемых материалов, методы сварки, а также качество швов и соединений должны соответствовать

нормативно-технической документации на изготовление сварных конструкций.

- Окраска вагонов – по рабочим чертежам.

Внешний вид поверхностей покрытий – по ГОСТ 9.032–74, класс IV.

#### **Требования безопасности:**

- Конструкция вагона, расположение его оборудования и монтаж должны обеспечивать доступ при обслуживании и безопасность обслуживающего персонала.

- В пассажирском помещении устанавливается устройство для аварийной остановки вагона.

- У каждой пассажирской двери устанавливаются и обозначаются надписями устройства для экстренного открывания двери.

- Кабина водителя оборудуется устройством бдительности (безопасности), включающим экстренное торможение.

- Сопротивление изоляции при относительной влажности окружающей среды 80 % должно быть не менее:

- 1,5 МОм – для тяговой силовой цепи;

- 1,5 МОм – для вспомогательной цепи на 550 В;

- 1 МОм – для вспомогательной цепи на 220 В.

- Конструкция дверей пассажирского помещения должна предусматривать возможность их открывания при отключенной системе дистанционного привода.

- По согласованию с потребителем вагон может быть оборудован устройством для автоматического затормаживания на уклонах пути.

- Вагон должен иметь устройства для защиты от радиопомех и грозовых разрядов в соответствии с «Общесоюзными нормами допускаемых промышленных радиопомех».

- Крыша вагона в зоне установки электрооборудования должна иметь электроизоляционное покрытие.

- Вагоны оборудуются специальным устройством, исключающим попадание посторонних предметов под колеса вагона.

- Высоковольтная и низковольтная проводка выполняются в отдельных жгутах.

- В случае разрыва сцепных устройств при работе вагонов по системе многих единиц должно быть обеспечено автоматическое торможение и остановка ведомых и ведущих вагонов.

- Вагон должен быть снабжен огнетушителем, установленным в кабине водителя.

#### **Правила приемки:**

- Для определения соответствия вагонов требованиям стандарта предприятие-изготовитель проводит следующие испытания: приемосдаточные (для каждого вагона); периодические и типовые.

Определение видов испытаний – по ГОСТ 16504–70.

Объем и программа испытаний устанавливаются по согласованию с потребителем.

#### **Методы испытаний:**

- Один вагон из годовой программы взвешивается в снаряженном состоянии без водителя и пассажиров. Точность взвешивания – до 2 %.

- Определение длины тормозного пути следует производить на горизонтальном участке пути при сухих и чистых рельсах и номинальном напряжении в контактной сети. При этом не должно быть юза колесных пар.

- Освещенность пассажирского помещения следует проверять при номинальном напряжении в контактной сети.

- Системы вентиляции и отопления вагона следует испытывать по методикам испытаний, согласованным с потребителем.

- Плавность хода вагона следует проверять в соответствии с методикой, согласованной с потребителем.

- Уровни шума измеряют в соответствии с методикой «Допускаемые уровни шума и методы его измерения в вагонах пассажирских, почтовых, багажных электро- и дизельпоездов, рефрижераторных поездов, трамваев и метрополитена».

- Плотность окон и крыши следует проверять струей воды (дождеванием). Попадание воды внутрь вагона не допускается.

Допускается проверять плотность крыши другими способами.

#### **Маркировка и транспортирование:**

- На каждом вагоне должна быть установлена фирменная табличка с указанием:

- товарного знака предприятия-изготовителя;

- порядкового номера вагона по системе нумерации предприятия-изготовителя; месяца и двух последних цифр года изготовления.

- Каждая партия поставляемых вагонов должна сопровождаться эксплуатационной документацией по ГОСТ 2.001–68 в объеме, согласованном с потребителем.

- Вагоны должны транспортироваться к месту эксплуатации в соответствии с требованиями ГОСТ 15150–69, группа Ж1.

#### **Гарантии изготовителя:**

- Изготовитель должен гарантировать соответствие вагонов требованиям стандарта при соблюдении потребителем руководства по эксплуатации.

- Гарантийный срок эксплуатации вагонов устанавливается по ГОСТ 22352–77.

- На тяговые двигатели и вспомогательные машины гарантийный срок устанавливается по ГОСТ 2582–72, на тяговую аппаратуру – по ГОСТ 9219–75.

Изложенные технические требования к видам городского электрического транспорта содержат основные пункты, которые должны соблюдаться при проектировании новых изделий ГЭТ, но не ограничивать прогрессивное развитие и совершенствование конструктивных исполнений. Изменение технических требований по некоторым позициям допускается при проектировании ГЭТ с комбинированными ходовыми системами и создании подвесных транспортных средств, дуобусов, электробусов, автобусов с гибридными приводами.

Вагоны метрополитена в основном соответствуют техническим требованиям к вагонам трамвайным пассажирским.

### ***1.3.1. Классификация безрельсового и рельсового электротранспорта***

#### **Структура науки о городском электрическом транспорте**

Сложившуюся совокупность знаний о ГЭТ можно разделить на три составляющие (рис. 1.96):

- теория подвижного состава (ПС) ГЭТ;
- теория конструирования изделий ГЭТ;
- теория эксплуатации ГЭТ.



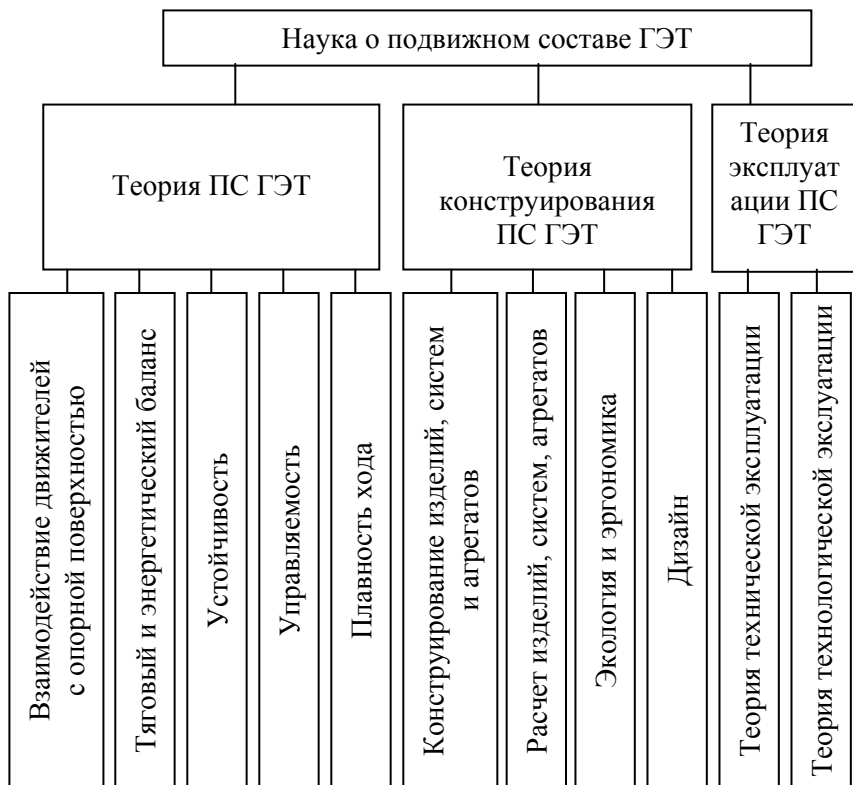


Рис. 1.96. Примерная структура науки о подвижном составе ГЭТ

Теория ПС ГЭТ изучает методы определения его свойств и показателей.

Теория конструирования ПС ГЭТ определяет методы создания такой конструкции изделия, которая в целом и по отдельным системам и агрегатам соответствовала бы техническим требованиям по функциональному назначению, надежности, экологии, дизайну, художественной эстетике и безопасности труда.

Теория эксплуатации ПС ГЭТ состоит из технической и технологической теорий по эксплуатации ГЭТ.

Наиболее общими признаками классификации подвижного состава ГЭТ являются: функциональное назначение; характер выполняемых процессов; тип базовой конструкции; тип движителей; компоновка оборудования, агрегируемого с базовой конструкцией; способ привода энергии к ходовой системе; по грузоподъемности; по

дорожной регламентации; по специальному классификационному признаку.

На рис. 1.97 представлена общая укрупненная классификация ПС ГЭТ. Отмеченные на ней характерные классификационные признаки присущи различным типам машин. Например, машины, разделенные по назначению на транспортные и специальные, также классифицируются по колесной формуле, компоновке, типу несущей системы, типу силовой установки, двигателя, типу системы поддрессирования, типу рулевого управления и наличию электрических систем.

Троллейбусы подразделяют по общему числу колес и числу ведущих колес или колесной формуле (первая цифра в обозначении – число колес, вторая – число ведущих колес): 4×2, 4×4, 6×2, 6×4 и т. д., а также по числу осей: 2, 3, ..., 8 и более. Наибольшее распространение получили двух- и трехосные машины. Троллейбусы с числом осей более трех, как правило, сочлененные.

Компоновочно троллейбусы делят в зависимости от расположения силового агрегата, по числу и расположению осей и ведущих мостов, по типу кузова, расположению кабины и грузоподъемности и т. п.

Троллейбусы и трамваи имеют электромеханическую тягу и могут иметь разные системы поддрессирования. По типу направляющих устройств различают изделия с независимыми, зависимыми и балансирными подвесками.

По способу поворота троллейбусы бывают с управляемыми колесами, а также с поворачивающими путем складывания несущих систем при сочлененных конструкциях.

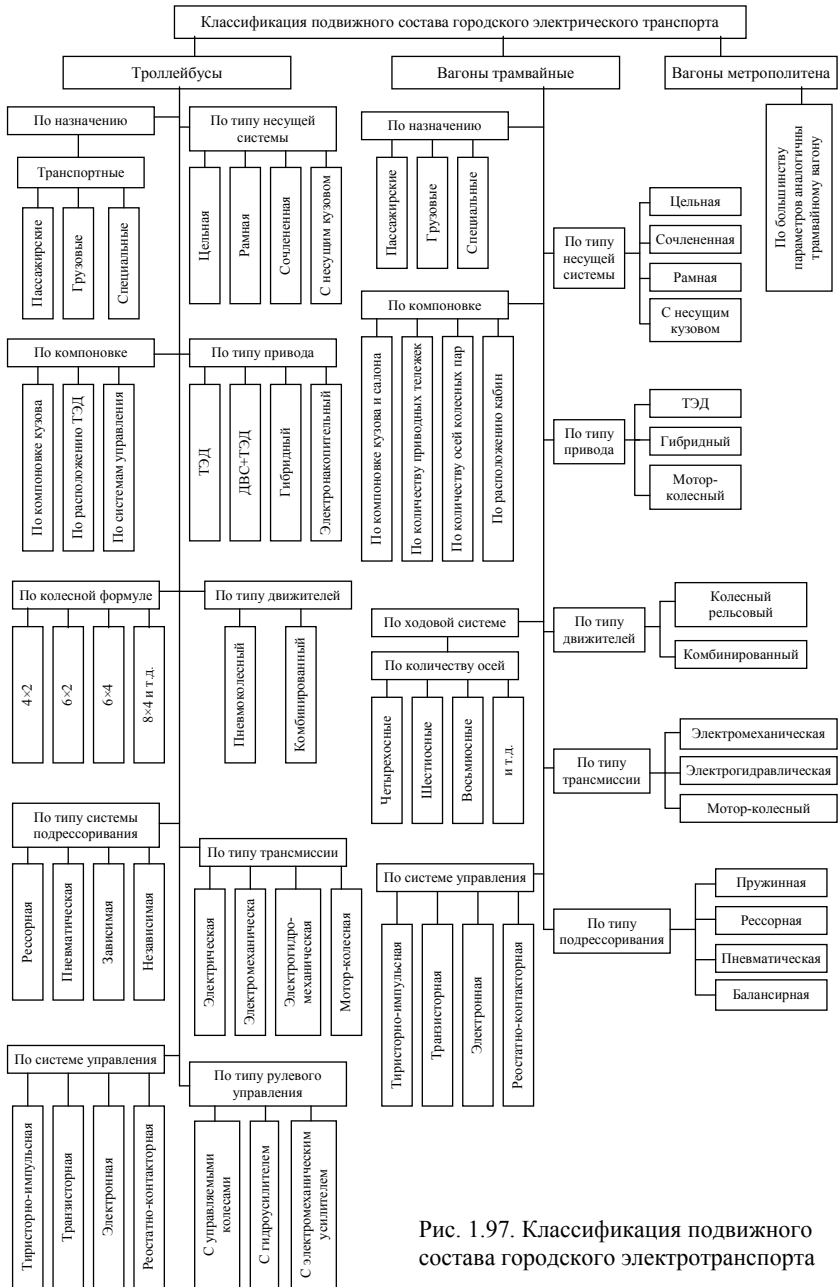


Рис. 1.97. Классификация подвижного состава городского электротранспорта

**Компоновка изделий ГЭТ** – это взаимное расположение их основных элементов: кабины с управлением, салона для полезной нагрузки, тягового электродвигателя, ведущих и управляемых осей, трансмиссии и т. д. На компоновку влияют: назначение изделия, тип двигателя и силовой передачи, число осей и их размещение по базе, тип несущей системы, подвеска колес и другие факторы. Она должна обеспечивать рациональное размещение пассажиров в салоне, удобство входа и выхода, легкость погрузки и разгрузки, безопасность, хорошую обзорность, удобство обслуживания, высокие эксплуатационные качества (маневренность, устойчивость, плавность хода и т. д.), а также удовлетворять различным ограничениям (правилам дорожного движения, железнодорожным габаритам и т. п.).

В свою очередь, компоновка оказывает влияние на массу изделия, его вместимость, степень воздействия на дорогу, технологию сборки, способность преодолевать уклон и т. д. Она в значительной степени определяет внешний вид и является основой для архитектурной разработки формы изделия ГЭТ.

### ***1.3.2. Методика проектирования безрельсового и рельсового электротранспорта***

Создание и производство ПС ГЭТ отнесено к сложной продукции машиностроения. Подготовка конструктора, включающая творческий и системный подходы к созданию изделий ГЭТ, определяет специфику его исследовательского, конструкторского и практического характера в достижении требуемых результатов при создании троллейбусов, дуобусов, электробусов, вагонов трамваев и метрополитена.

#### **Принципы методики системного подхода**

*Системный подход* – это направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объектов как систем. Он ориентирует исследования на раскрытие целостности объекта, на выявление многообразных типов связей в нем и сведения их в единую теоретическую картину.

*Система* – множество элементов, находящихся между собой в отношениях и связях, образующих определенную целостность, единство.

Основной задачей системного подхода применительно к созданию изделий ГЭТ является установление связей и закономерностей, присущих транспортным системам. Системы могут быть относительно сложными и относительно простыми. Все зависит от постановки задачи и целей исследования данной системы. Любая сложная система (кроме абсолютной) является частью некоторой большой системы, т. е. все системы относительны.

С принципом относительности взаимосвязано понятие иерархичности, которая предполагает определенное расположение систем, отдельных элементов и частей в порядке от высшего уровня к низшему.

### ***Целостность системы***

Целостность системы определяют внутренние связи ее элементов. Элементы, входящие в систему, взаимовлияют через эти связи. Изменение одного элемента влечет за собой изменение связанного с ним элемента и системы в целом, в данном случае целое является *органическим*. Когда такой взаимосвязи и взаимовлияния нет, целое является *механическим*. Например, если разобрать на детали ведущий мост, редуктор или другой узел изделия, то весь набор деталей будет представлять собой механическое целое отдельных, не связанных между собой элементов. Когда между деталями появляются функциональные связи в результате их сборки в единый узел (ведущий мост, редуктор и др.), то механическое целое превращается в органическое с единством формы и содержания.

Системный подход предусматривает классификацию систем. Системы могут быть централизованными и децентрализованными. Система с явно выраженной одной подсистемой – *централизованная*. Если же такая подсистема отсутствует, то система называется *децентрализованной*.

Тяговый электродвигатель – централизованная система с главной (центральной) подсистемой – статором. Рама – система децентрализованная, поскольку и левый и правый лонжероны одинаково важны для формирования системы.

Исходя из изложенных выше положений сформированы основные принципы решения сложных технических задач:

1) всякая система целостна, если она может быть разделена на элементы конструкции, способна преодолевать воздействие окружающей среды и оказывать на нее влияние;

2) целостность системы характеризуется наличием связей между ее элементами;

3) совокупность элементов и связей, их взаимообусловленности определяются структурой системы;

4) специфический признак системы – иерархия ее строения.

Рассмотрим укрупненную структурную схему изделия подвижного состава городского электрического транспорта (рис. 1.98).

ПС ГЭТ является системой потому, что соответствует каждому из четырех принципов решения сложных технических задач при системном подходе.

Максимальная эффективность решения задачи достигается лишь в случае поэтапного анализа состояния системы: описания, объяснения, прогнозирования, управления.

Единая система конструкторской документации (ГОСТ 2.101–68) устанавливает следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты.

Системный подход позволяет рассматривать каждый из видов изделий как систему, подсистему, элемент, определяющие соответствующий уровень. Выбор уровня, на котором следует рассматривать изучаемый объект, зависит от поставленной задачи, решение которой во многом сводится к выявлению связей и отношений между структурными составляющими системы.

*Связь* предопределяет изменение одного элемента системы при изменении другого, с ним связанного.

*Отношения* предопределяют взаимное расположение элементов системы и их взаимозависимости: с изменением одного элемента не обязательно изменение другого элемента.

Системный подход обуславливает классификацию связей. Связи бывают внутренние и внешние. Внутренние – это связи между элементами системы (например, ступица–колесо), внешние – между элементами системы и окружающей средой (например, колесо – дорога).

Внутренние и внешние связи, в свою очередь, подразделяются на связи: *взаимодействия*, характеризующиеся назначением каждого взаимодействующего элемента; *структурные*, характеризующие неделимость элементов системы, и *функционирования*, обеспечивающие действие всего объекта.

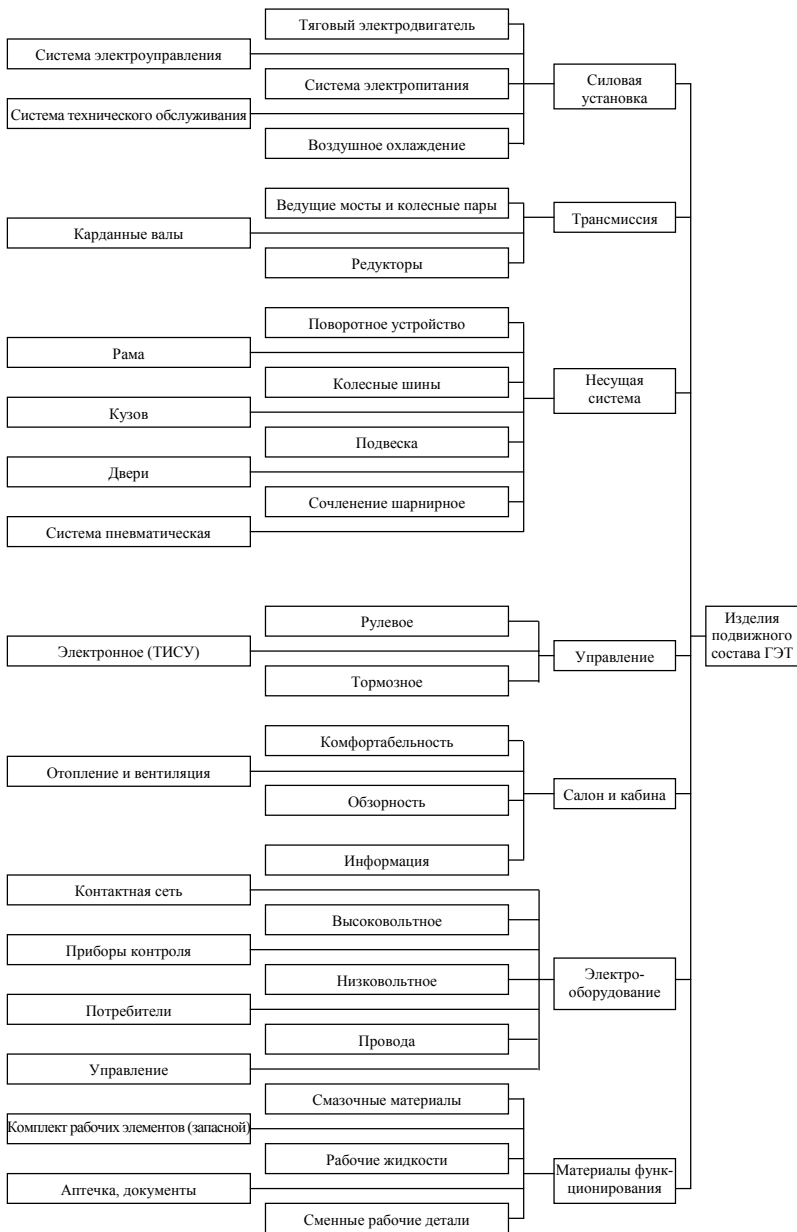


Рис. 1.98. Структурная схема изделий подвижного состава городского электротранспорта



*Управляющие* связи служат для выполнения задач управления функционированием системы и поддержанием ее целостности, сохранения заданных или задаваемых параметров, состояния равновесия или устойчивости системы.

Управляющие связи бывают информационные, командные и субординарные.

*Информационные* связи необходимы для сбора и обработки информации о состоянии функционирования системы. *Командные* пред-назначены для передачи команд управления на элементы системы для выполнения задач управляющих связей. *Субординационные* связи представляют собой связи подчиненности элементов в иерархической структуре системы.

Управляющие связи необходимы для выполнения системой ее целевого назначения.

Связи подразделяют также на *материальные* (например, механические, гидравлические, электромагнитные, электрические, тепловые связи) и *логические* (абстрактные).

**Обращение машины** – это часть жизненного цикла изделия ГЭТ от отгрузки его предприятием-изготовителем до получения потребителем. Типичными этапами этой стадии являются: хранение на складе готовой продукции, реклама, упаковка, транспортирование, монтаж. При обращении должно быть обеспечено максимальное со-хранение объемов и качества готовой продукции, установленных плановыми заданиями, стандартами и техническими условиями.

**Эксплуатация машины.** На этой стадии реализуется, поддерживается и восстанавливается качество изделия ГЭТ (ГОСТ 25866–83). В общем случае эксплуатация изделия включает в себя ввод в эксплуатацию, использование по назначению, техническое обслуживание, ремонт, модернизацию и хранение. Каждый из названных этапов может содержать множество операций, направленных на достижение высоких технико-экономических показателей изделия, обеспечение его эффективной работы, повышение срока службы.

Наконец, вследствие морального или физического износа в процессе использования изделие ГЭТ перестает отвечать предъявленным требованиям. Дальнейшее его использование по назначению и ремонт становятся нецелесообразными, и поэтому

изделие подлежит снятию с эксплуатации и последующей утилизации. Снятие с эксплуатации машины оформляют документально в установленном порядке в соответствии с ГОСТ 25866–83.

Рассмотренные стадии можно представить в виде замкнутого цикла, в котором условия высокого качества и экономичности изготовления, сохраняемости, живучести и эффективного использования создаваемого изделия ГЭТ в народном хозяйстве страны являются исходными факторами для формирования технических требований к разработке конструкции. Таким образом, все четыре стадии жизненного цикла тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены. Степень полноты учета этих взаимосвязей на этапах предпроектных исследований и проектирования определяет качество и технический уровень создаваемых изделий ГЭТ и оказывает решающее влияние на показатели эффективности достижения конечных народнохозяйственных результатов.

### *Методические рекомендации*

Проектирование подвижного состава городского электрического транспорта выполняется в соответствии с ГОСТ 22487–77, *проектирование* – это процесс составления описания, необходимого для создания еще несуществующего объекта (алгоритма его функционирования или алгоритма процесса), который осуществляется преобразованием первичного описания (технического задания), оптимизацией характеристик объекта и алгоритма его функционирования, устранением некорректности первичного описания и последовательным описанием детализируемого объекта для различных этапов проектирования.

В процессе проектирования выполняют технические и экономические расчеты, схемы, графики, макеты; составляют пояснительные записки, спецификации, сметы, калькуляции и описания.

Процесс проектирования реализуется в соответствии с определенным планом, который можно представить в виде логической схемы (логического графа) построения проекта. Такая схема отображает очередность выполнения основных проектных процедур и операций.

Определения основных элементов процесса проектирования даны в ГОСТ 22487–77.

*Проектная процедура* соответствует формализованной совокупности действий, выполнение которых заканчивается принятием проектного решения. Под *проектным решением* понимается промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления, или окончание проектирования. Проектная процедура состоит из элементарных проектных операций со строго установленным порядком их выполнения и направлена на достижение локальной цели в процессе проектирования. *Проектная операция* – это действие или формализованная совокупность действий, часть проектной процедуры, алгоритм, которые остаются неизменными для ряда проектных процедур. *Алгоритм проектирования* представляет собой совокупность предписаний, необходимых для выполнения проектирования.

Примерами проектных процедур могут служить расчет параметров трансмиссии, выбор кинематической схемы трансмиссии, оформление сборочного чертежа механизма или узла, а примерами проектных операций – решение системы алгебраических уравнений, описывающих статическое состояние какого-либо механизма при определении нагрузок его элементов или машины при определении реакций опорной поверхности на колеса; расчет показателей эффективности очередного варианта конструктивной схемы; вычерчивание типового графического изображения (зубчатого зацепления, шпоночного соединения, рамки чертежа и т. п.).

Последовательность выполняемых проектных процедур называют *маршрутом проектирования*. Если эта последовательность сохраняется для многих объектов данного класса, то маршрут проектирования является типовым.

Процедуры проектирования опираются на язык проектирования, который служит средством лингвистического или графического представления и преобразования описания при проектировании.

Результатом проектирования является проектное решение (совокупность проектных решений), удовлетворяющее заданным требованиям, необходимое для создания объекта проектирования. По окончании процесса проектирования получают проектные докумен-

ты и проект в целом. В *проектном документе*, выполненном по заданной форме, представлено какое-либо проектное решение, полученное при проектировании. *Проект* – это совокупность проектных документов в соответствии с установленным перечнем, в которых представлен результат проектирования.

Современный этап развития техники характеризуется применением систем автоматизированного проектирования (САПР). Автоматизация проектирования требует пересмотра сложившихся традиционных представлений и приемов выполнения проектных работ в сторону большей формализации, большей строгости определения понятий, однозначности толкования терминов, четкости классификаций. Выполнение этих условий дает возможность перейти к новой методологии проектирования, позволяющей разработать эффективную технологию выполнения проектно-конструкторских работ. Методология проектирования при этом должна базироваться на общей теории технических систем, динамике систем, системном анализе, исследовании операций, теории надежности, экономике, методах прикладной математики, теории принятия решений, теории информации и т. п.

Проектирование ПС ГЭТ – творческий процесс, трудно поддающийся формализации, а следовательно и автоматизации. Однако наряду с творческими задачами он содержит множество рутинных операций, автоматизация которых не встречает особых затруднений и дает значительный эффект в сокращении времени их выполнения при высоких показателях точности и качества проектных операций.

Решения творческих задач при проектировании технических объектов разделяют на эвристические и систематические. *Эвристическими* называют решения, при которых важная часть творческого процесса совершается в результате мыслительной деятельности человека и не может быть логически получена из предшествующего опыта. *Систематическими* называют решения, полученные в результате использования методов, стимулирующих творческую деятельность (например, метода мозгового штурма, морфологического метода, инверсии, аналогии, алгоритмов решения изобретательских задач). Эти методы представляют собой отдельные систематизированные эвристические приемы.

Систематические решения базируются на осознанном выборе метода поиска и решении задачи в результате упорядочения

мышления и применения методов его активизации. Различия между решениями, полученными эвристическими и систематическими методами, может и не быть. Однако подходы к достижению результата и способы его получения различны. Методы творческой деятельности основаны на логике и используют заранее определенную последовательность действий и операций (технологии проектирования).

Сокращение сроков создания машин, повышение их технико-экономических показателей и эффективности использования требуют комплексного подхода к проектированию с учетом взаимосвязи и взаимообусловленности различных элементов динамических систем машин и процессов взаимодействий с окружающей средой на основе соответствующей стратегии, нацеленной на достижение конечных народнохозяйственных результатов.

Такую стратегию может обеспечить *системный подход* – направление методологии научного познания, в основе которого лежит исследование объектов как систем.

Таким образом, характерными особенностями современной технологии проектирования являются: методология системного подхода, базирующаяся на общей теории технических систем, динамике систем, системном анализе, исследовании операций, теории надежности, экономики, методах прикладной математики, теории принятия решений, теории информации; стратегия, нацеленная на достижение конечных народнохозяйственных результатов; высокая степень формализации и типизации проектных процедур и операций; автоматизация проектирования на всех стадиях и этапах с применением комплекса технических средств САПР; создание базы данных и базы знаний.

Проектирование как процесс, развивающийся во времени, расчленяется на стадии, этапы, проектные процедуры и операции. Наиболее крупные этапы – внешнее и внутреннее проектирование.

*Внешнее проектирование* содержит ряд стадий. На стадии научно-технического поиска и прогнозирования (предпроектные исследования) на основе изучения потребностей общества, научно-технических достижений в области автомобилестроения и в смежных областях промышленности, а также имеющихся ресурсов обосновывают необходимость создания и формируют замысел изделий ГЭТ; определяют тенденции их развития; проводят сбор информации и прогнозируют задачи и условия ее

функционирования; разрабатывают новые идеи и технические решения. Эта стадия характеризуется умственной творческой деятельностью конструкторов и завершается синтезом концепции создаваемого изделия ГЭТ.

Конечной целью внешнего проектирования является разработка ТЗ на проектирование изделия ГЭТ. Для количественного обоснования критериев эффективности и технических требований к ПС ГЭТ проводят моделирование и исследование альтернативных вариантов структурного и принципиального построения изделия с учетом характеристик и условий внешней среды.

Основа внешнего проектирования – правильный учет современного состояния техники, возможностей технологии, прогноз их развития на период времени, не меньший жизненного цикла изделия. Наряду с техническими факторами необходимы учет экономических показателей, прогноз стоимости и сроков проектирования и изготовления. На основе изучения состояния и перспектив научно-технического прогресса группа экспертов формулирует первоначальный вариант ТЗ на изделие ГЭТ. Оценку выполнимости сформулированного ТЗ и рекомендации по его корректировке получают с помощью проектных процедур внутреннего проектирования.

Таким образом, на этапе внешнего проектирования основная проблема состоит в конкретизации целей и задач, выполняемых создаваемым изделием при эксплуатации, а также определении ее основных характеристик и показателей качества. Решением этих вопросов занимается группа ведущих конструкторов во главе с генеральным конструктором в тесном взаимодействии с научно-исследовательскими учреждениями, вузами и отдельными учеными – крупными специалистами в области автомобилестроения.

Внешнее проектирование принято называть этапом научно-исследовательских работ. Во многих случаях этот этап частично включает работы, выполняемые на стадии технического предложения.

Внутреннее проектирование необходимо для конкретизации основных конструктивных параметров, определяющих облик машины. Оно включает этап опытно-конструкторских работ (ОКР) и завершается разработкой рабочего проекта изделия. Этап ОКР объединяет стадии технического предложения (частично),

эскизного и технического проектов, на которых отражаются вопросы детальной конструкторской проработки проекта. Внутреннее проектирование выполняет конструкторская организация – исполнитель данного про-екта (обычно ГСКБ или ОГК завода-изготовителя).

Следует отметить, что на начальных стадиях проектирования сложных систем имеет место итерационный процесс, в котором поочередно выполняются процедуры внутреннего и внешнего проектирования – формулировка ТЗ, его корректировка, оценка выполнимости, прогноз материальных и временных затрат на проектирование и изготовление. Итерационный характер проектирования свойствен всем стадиям и этапам и является важным принципом проектирования сложных объектов.

Перечень работ, осуществляемых в процессе разработки цикла производства продукции, регламентирован ГОСТ 15.001–88 и СТБ 972–2000. Разработку ведут в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) согласно ГОСТ 2.103–68.

Рассмотрим основное содержание работ, выполняемых на этапе внутреннего проектирования.

*Техническое предложение* содержит технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия ГЭТ, уточняет требования к нему, полученные на основании анализа технического задания и проработки вариантов возможных технических решений. Требования к выполнению технического предложения установлены ГОСТ 2.118-73.

*Эскизный проект* представляет собой проектную конструкторскую документацию, в которой изложены принципиальные конструкторские решения, дающие общее представление о конструкции и принципе работы ПС ГЭТ, а также данные, определяющие соответствие его назначению (ГОСТ 2.119–73).

*Технический проект* содержит окончательное техническое решение, дающее полное представление о конструкции разрабатываемого изделия ГЭТ и включающее данные, необходимые для разработки рабочей конструкторской документации (ГОСТ 2.180–73). Конструкторскую документацию разрабатывают на стадии рабочего проекта и используют для технологической подготовки производства, изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта изделия.

Отметим, что понятия иерархического уровня и аспекта относятся к структурированию представлений о проектируемом объекте, а стадии и этапы – к структурированию процесса проектирования.

Если решение задач высоких иерархических уровней предшествует решению задач более низких уровней, то проектирование называют *нисходящим*. Если же раньше выполняются этапы, связанные с низшими иерархическими уровнями, то проектирование будет *восходящим*.

У каждого из этих двух видов проектирования имеются преимущества и недостатки. При нисходящем проектировании систему разрабатывают в условиях, когда ее элементы еще не определены, а следовательно, сведения об их возможностях и свойствах носят предположительный характер. При восходящем проектировании, наоборот, элементы проектируют раньше системы и, следовательно, предположительный характер имеют требования к ней.

В практике создания изделия применяют оба вида проектирования, но преимущественно используют второй. Дело в том, что чаще создают различные модификации, а при проектировании новых семейств изделий ГЭТ широко практикуют конструктивную преемственность, когда многие узлы и агрегаты выпускаемых машин, находящиеся на высоком техническом уровне, отвечающие современным требованиям и хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации, применяют на вновь создаваемых изделиях ГЭТ. Имея набор типоразмерных рядов отработанных конструкций различных агрегатов, завершенных в функциональном и монтажном отношении, можно перейти к наиболее перспективному блочно-модульному принципу проектирования, позволяющему сократить сроки создания новой техники.

У нисходящего и восходящего проектирования имеются отличия на стадии разработки ТЗ. При нисходящем проектировании формулировка ТЗ на разработку элементов  $k$ -го иерархического уровня относится к проектным процедурам этого же уровня. Иначе обстоит дело с разработкой ТЗ на систему высшего иерархического уровня или на унифицированную систему элементов, предназначенную для многих областей применения. Здесь



разработка ТЗ является самостоятельной стадией, завершающей этап внешнего проектирования. В отличие от него стадии проектирования изделий ГЭТ по сформулированным ТЗ входят в состав этапа внутреннего проектирования.

Техническую документацию, получаемую в процессе проектирования и используемую на различных стадиях жизненного цикла изделия, разделяют на исходную, проектную, рабочую, информационную.

К *исходной* документации относят заявку на разработку и освоение продукции, исходные требования, рекомендации по разработке продукции, получаемые в процессе НИР, техническое задание, аванпроект. Последний содержит обоснование разработки и включает в себя пояснительную записку, чертежи, схемы, расчеты и проект ТЗ. Утверждение аванпроекта заказчиком или основным потребителем и разработчиком является необходимым условием для начала разработки изделий ГЭТ.

*Проектную* документацию подразделяют на конструкторскую и технологическую. Конструкторскую составляют материалы технического предложения, эскизного и технического проектов, а технологическую – материалы предварительного проекта.

К информационной документации относят карту технического уровня и качества продукции (ГОСТ 2.116–84), патентный формуляр, информационную карту расчета экономической эффективности и цен новой (модернизированной) продукции, каталоги, отчеты о патентных исследованиях, экспертное заключение, акты и протоколы об испытаниях, решение о снятии продукции с производства и др.

### ***Описание объектов проектирования***

Применение принципов декомпозиции и иерархичности при проектировании изделий городского электрического транспорта дает возможность структурировать представление о проектируемом объекте, выделяя при этом следующие его элементы: аспекты проектирования, иерархические уровни, блоки, базовые элементы (детали машин).

Каждый из этих элементов представляет собой объект проектирования, результатом которого является абстрактный образ – проект, имеющий определенное содержательное описание.

Описание проекта создаваемого объекта представляет собой полный комплект схемной, конструкторской и технологической документации, оформленной по требованиям ЕСКД и предназначенной для использования в процессе изготовления и эксплуатации объекта. Отметим, что создаваемыми объектами при блочно-модульном проектировании являются не только машины, комплексы или машинные агрегаты, но и отдельные сборочные единицы и агрегаты, отвечающие соответствующим требованиям, составляющие типоразмерные ряды и используемые для разработки семейств унифицированных изделий ГЭТ. Аналогичные описания имеют результаты проектирования на уровне аспектов, блоков, деталей и т. д.

Процесс проектирования на любой стадии или этапе состоит из проектных процедур и операций и сопровождается проектными решениями, предназначенными для использования непосредственно при проектировании. В особенности это относится к современной технологии проектирования, используемой в САПР. Процесс проектирования при этом основан на оперировании математическими моделями.

### *Методика выбора тяговых электродвигателей*

Понятие номинальной нагрузки любых, в том числе и тяговых электродвигателей, – понятие условное, тепловое: номинальной нагрузкой считается любая нагрузка, при которой максимальная температура перегрева изоляции обмоток двигателя в пределе равна допустимой для используемого в электродвигателе класса изоляционных материалов. В тяговых электродвигателях (ТЭД) используется изоляция класса Н (слюда, асбест, стеклоткань и другие неорганические материалы в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами) с предельной температурой нагрева 180 °С, а перегрева 140 °С при нормативной температуре окружающей среды 40 °С.

В реальных условиях эксплуатация тягового электродвигателя происходит при переменной нагрузке, когда имеют место некоторые колебания температуры нагрева (перегрева) изоляции. Установлено, что если колебания температуры перегрева находятся в пределах  $\Delta t \leq 4-5$  °С от среднего значения температуры

перегрева  $\tau_{\text{ср}} = \tau_{\text{доп}}$ , то сокращение срока службы изоляции составляет менее 5 % от нормативного срока службы, что находится в пределах допуска точности используемых методов анализа и используемых исходных данных. Поэтому при указанных условиях имеется возможность, исходя из равенства средних температур перегрева, эквивалентировать между собой различные циклические режимы с переменной нагрузкой, а также циклические режимы с постоянной нагрузкой. По ГОСТ требуется, чтобы при таком эквивалентировании длительность цикла переменной нагрузки не превосходила 10 мин, что для двигателей промышленных габаритов с запасом обеспечивает  $\Delta t \leq 4-5$  °С.

Анализ режимов работы городского электротранспорта (троллейбусы, трамваи, электромобили) показывает, что их технологические циклы работы, как правило, не превосходят по времени 10 мин.

Далее необходимо иметь в виду, что выбор тягового (как и большинства общепромышленных) электродвигателя по габариту (или номинальной мощности для одного из стандартных режимов работы), как правило, производится методом последовательных приближений и включает в себя подбор 1-го приближения номинальной мощности  $P'_{HS_{j,i}}$  (предварительный выбор), а затем проверки выбранного габарита и, при необходимости, его уточнение с учетом полученных дополнительных исходных данных. Индекс  $S_{j,i}$  включает наименование номинального режима:  $j = 1$  – продолжительный режим;  $j = 2$  – кратковременный режим;  $j = 3$  – повторно-кратковременный режим и соответствующего подрежима, например,  $S_{3,2}$  соответствует номинальной мощности в повторно-кратковременном режиме с продолжительностью включения в цикле ПВ = 25 % и т. д.

Проверка производится по нагреву за счет сравнения допустимых (номинальных) потерь предварительно выбранного двигателя с расчетными средними потерями за выбранный технологический цикл, а также и по силовым возможностям (перегрузочной способности) например, по обеспечению заданного ускорения и (или) преодолению предельного подъема с заданной нагрузкой электротранспортного средства (ЭТС).

Исходя из вышеизложенного типовая методика выбора тягового электродвигателя для городского электротранспорта содержит следующие процедуры:

1. Определение типового технологического цикла движения транспортного средства. Как правило, для городского транспорта типовой технологический цикл состоит из следующих основных режимов: разгон, установившееся движение, выбег, торможение до пониженной скорости доводки, доводка на доводочной скорости к месту остановки для высадки-посадки пассажиров, погрузки-выгрузки грузов и т. п., остановка и стоянка. Все основные режимы рассчитываются исходя из нормативных или среднестатистических технологических параметров: неизменных средних (предельных) ускорений и замедлений, средних (номинальных) скоростей движения, средних длительностей стоянки, средних значений межостановочных дистанций, средних загрузок транспортного средства, средних значений уклонов на маршруте и т. п. Анализ данных по Минску показывает, что, например, для троллейбусов средняя загрузка составляет 80 % от номинальной, среднее значение уклона подъема – 0,02, межостановочная дистанция 300–400 м, длительность выбега – 10–25 % от длительности установившегося движения, скорость доводки 5–8 км/ч, средняя скорость движения весьма близка к скорости движения на номинальной скорости тягового двигателя и составляет 20–25 км/ч.

По результатам анализа технологического цикла необходимо рассчитать длительность основных режимов и ориентировочно определить номинальный режим работы тягового электродвигателя. Наиболее часто в качестве номинального режима выбирают повторно-кратковременный режим либо длительный режим с переменной нагрузкой.

2. Далее необходимо рассчитать моменты, требуемые от тягового электропривода во всех переходных и установившихся режимах: в режиме разгона, установившегося движения, торможения и доводки. При расчете моментов должны быть учтены силы сопротивления качения ходовых колес, силы уклона, силы трения в трансмиссии, динамические силы ускорения и замедления транспортного средства (инерционность отсутствующего тягового электродвигателя может быть увеличена путем повышения инерционности тягового механизма на 0,02–0,10).

Силы аэродинамического сопротивления можно не учитывать, так как скорость движения в типовом цикле в 2,5–3 раза меньше максимальной скорости и эти силы в расчетном цикле не достигают заметной величины.

После этого необходимо определить среднеквадратичный момент тягового электродвигателя за цикл, который характеризует нагрев электродвигателя в первом приближении. В типовом технологическом цикле для режима  $S_1$ , например:

$$M_{\text{экс}S_1} = \sqrt{\frac{M_{p1}^2 \cdot t_{p1} + M_{y1}^2 \cdot t_{y1} + M_{T1}^2 \cdot t_{T1} + M_{д1}^2 \cdot t_{д1}}{\alpha \cdot (t_{p1} + t_{T1}) + t_{\text{уст}} + t_{\text{выб}} + \beta \cdot t_{\text{ост}}}},$$

где  $M_{p1}, M_{y1}, M_{T1}, M_{д1}, t_{p1}, t_{y1}, t_{T1}, t_{д1}$  – соответственно моменты в ТЭД в режимах разгона, установившегося движения, торможения и доводки в первом приближении;

$t_{\text{уст}}, t_{\text{выб}}$  – время остановки (стоянки) и выбега;

$\alpha, \beta$  – коэффициенты ухудшения теплоотдачи ТЭД в условиях ненормального охлаждения в переходных процессах и при остановке.

3. Выбор ТЭД по мощности в 1-м приближении, например, для режима  $S_1$  с переменной нагрузкой

$$P_{H_{S1}} \geq K_3 \cdot M_{\text{экс}S1} \cdot \omega_{H_{S1}},$$

где  $K_3 = 1,05–1,20$  – коэффициент запаса;

$\omega_{H_{S1}}$  – номинальная скорость вращения искомого ТЭД.

Иногда более строгим является запись условия выбора в виде

$$\frac{P_{H_{S1}}}{\omega_{H_{S1}}} \geq K_3 \cdot M_{\text{экс}S1}.$$

4. С учетом момента инерции и номинальной скорости выбранного ТЭД уточнение всех параметров нагрузочной диаграммы тягового электропривода для всех режимов и расчет токов в цепи якоря ТЭД. После этого производится проверка ТЭД по нагреву методом эквивалентного тока во втором приближении:

$$I_{Hsl} \geq \sqrt{\frac{I_{p2}^2 \cdot t_{p2} + I_{y2}^2 \cdot t_{y2} + I_{T2}^2 \cdot t_{T2} + I_{д2}^2 \cdot t_{д2}}{\alpha \cdot (t_{p2} + t_{T2}) + t_{ycr2} + t_{выб} + \beta \cdot t_{ост}}}$$

Если вышеприведенное условие не выполняется, то это означает, что ТЭД перегружен и необходимо увеличивать его габарит либо уменьшать технологические уровни ускорений и замедлений, пока не будет выполняться условие проверки по току.

*Принципы построения электрических схем управления  
тягового электропривода и перспективы развития  
тягового электропривода*

В системах городского электротранспорта существуют две основные концепции построения систем управления тяговым электроприводом постоянного тока:

а) системы регулирования тока (момента) ТЭД за счет включения в цепь тока якоря балластного резистора дискретно регулируемого силовым переключателем (групповым контроллером);

б) системы полупроводниково-импульсного регулирования напряжения (тока), устанавливаемые между контактной сетью и ТЭД и обеспечивающие импульсное формирование необходимых тягово-тормозных характеристик электроприводу.

Реостатные системы, разработанные в 50-х годах прошлого столетия, к настоящему времени полностью себя исчерпали, так как не удовлетворяют современным требованиям к тяговому приводу по основным параметрам: экономичности, производительности, комфорту и управляемости. Полупроводниково-импульсные системы для тяговых электроприводов постоянного тока к настоящему моменту охватывают обширную область агрегатов, различающихся по типу используемых силовых полупроводниковых ключей, функциональным возможностям и конструктивному исполнению.

По типу используемых полупроводниковых ключей импульсные системы подразделяются:

1) на системы импульсного регулирования с использованием незапираемых (обычных) быстродействующих тиристоров с цепями принудительного силового запираания (искусственной коммутацией) – так называемые тиристорно-импульсные системы управления (ТИСУ);

2) системы импульсного регулирования с использованием запираемых по цепи управляющего электрода тиристоров (по западной терминологии «Gate turn off – GTO–тиристоров) – ТЗИСУ;

3) системы импульсного регулирования с использованием биполярных транзисторных модулей с изолированной полевой базой (за-твором) (по западной терминологии Insulated gate bipolar transistor – IGBT – транзисторы (модули)) – ТРИСУ.

Хронологически время появления и коммерческого распространения данных систем на городском электротранспорте соответствует вышеизложенному порядку перечисления систем: 70-е годы XX века – ТИСУ; 80–90-е годы – ТЗИСУ; конец 90-х годов – ТРИСУ.

Развитие полупроводниковых ключей шло в направлении улучшения управляемости систем и повышения их быстродействия, хотя при этом пришлось пожертвовать рядом таких важных свойств, как живучесть, перегрузочная способность, причем не только по кратности перегрузки по току, но и по длительности действия такой перегрузки. Необходимо отметить, что появление новых ключей GTO-тиристоров, IGBT-модулей не исключило из научно-технического и коммерческого оборота обычных тиристоров, хотя и существенно сузило область их применения. Что касается сравнения свойств ТИСУ, ТЗИСУ, ТРИСУ, то такое сравнение необходимо производить с учетом дополнительных классификационных признаков тягового электропривода:

– тип ТЭД: электродвигатель постоянного тока последовательного возбуждения (ЭДПТ ПВ), электродвигатель постоянного тока независимого возбуждения (ЭДПТ НВ), асинхронный электродвигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором (АД КЗР), синхронный электродвигатель переменного тока с электромагнитным или магнитоэлектрическим возбуждением (СД Э(МЭ)В);

– особенности режима электрического торможения: реостатно-динамическое торможение (РДТ); рекуперативно-динамическое торможение с ограниченной зоной рекуперации (РДТ-ОР);

рекуперативно-динамическое торможение с предельно возможной, но не всегда полной зоной рекуперации из-за ограниченной по контактной сети (РДТ-ПВР); рекуперативно-динамическое торможение с полной зоной рекуперации в накопитель энергии транспортного средства (РДТ-ПРНЭ).

Далее необходимо учитывать особенности ценообразования перечисленных полупроводниковых приборов: обычные тиристоры были освоены в СССР и выпускались в Москве, Таллинне, Запорожье, Саранске и по качественным параметрам соответствовали мировому уровню. GTO-тиристоры, а особенно IGBT-модули (запатентованы США только в 1982 г.), в СССР практически не были освоены и не производились, поэтому их коммерческое предложение на нашем рынке осуществляется западными производителями, что привело к резкому диспаритету цен: обычные тиристоры российского производства стоят в пять-шесть раз дешевле по сравнению, например, с IGBT-модулями фирмы INFINION (Германия) аналогичных электрических параметров, притом что кроме самих модулей требуется приобретение дополнительных «фирменных» узлов и компонентов, приводящее к существенному перерасходу валютных средств при производстве и эксплуатации (замене вышедших из строя IGBT-модулей и др.) ТЗИСУ и ТРИСУ.

Полное технико-экономическое сравнение всех систем управления тяговым электроприводом городского электротранспорта с учетом всего спектра типов ТЭД и режимов электроторможения выходит за рамки данного издания, но на основании имеющегося опыта производства и эксплуатации систем можно сделать следующие выводы:

1. Для тягового электропривода общественного городского транспорта (троллейбуса, трамвая и т. п.) с ТЭД типа ДПТ ПВ и РДТ-ОР наиболее целесообразно применение ТИСУ, чем будет обеспечено наилучшее соотношение качественных параметров и стоимости капитальных и эксплуатационных системы электропривода:

- 1.1. Наименьшая стоимость из всех тяговых систем с полупроводниковым управлением из-за простоты (минимум ключей) и проверенности схемы силовых цепей и алгоритмов управления, которые в сочетании с отработанностью конструкции, надежностью, не-высокой стоимостью и достоинствами



механических характеристик тяговых электродвигателей постоянного тока последовательного возбуждения обеспечивают приводу наилучшие тяговые свойства: высокий, но плавно регулируемый пусковой момент и плавный автоматический разгон до максимальной скорости при снижении нагрузки без внешнего управления. Все компоненты данной системы – отечественного и российского производства.

1.2. Высокая надежность ТИСУ из-за высокой «живучести» тиристоров в силовом ключе, причем структура силовых цепей ТИСУ такова, что обеспечивает работоспособность тягового привода при выходе из строя (пробое) части компонентов силовой цепи, хотя и в ограниченном диапазоне скоростей и моментов (токов), что исключено в системе переменного тока.

1.3. Меньшие потери в тяговом приводе, так как на основном интервале цикла движения троллейбуса, когда на двигатель подается полное напряжение контактной сети, отсутствуют переключения си-лового ключа, а значит – динамические потери в ключе и электромагнитные помехи в эфире и контактной сети.

1.4. Наименьшие расходы на диагностику и ремонт ТИСУ и тягового двигателя из-за возможности использования персонала средней квалификации, разработанности технологии ремонта, относительно низкой стоимости приборов, оборудования и запчастей российского и отечественного производства.

2. Для тягового электропривода городского транспорта с ТЭД типа ДПТ ПВ и РДТ-ПРНЭ, как исходно весьма дорогой системы, целесообразно применение ТРИСУ, а для метро – ТЗИСУ.

3. Для тягового электропривода с ТЭД переменного тока, требующего большого количества ключевых элементов, работающих на высокой частоте коммутации, наиболее целесообразна ТРИСУ.

В целом при использовании ТРИСУ в электродвигателях переменного тока необходимо иметь в виду, что главное положительное свойство АД и СД – бесконтактность исполнения и на этой основе – уменьшение вероятности повышенных токов утечек в ТЭД по сравнению с коллекторными машинами, имеющими открытый коллектор, нередко с наличием токопроводящей пыли от износа щеток. Что касается остального, то внедрение в городской транспорт ТЭД переменного тока создает немало дополнительных проблем:

1. Большая стоимость тягового асинхронного электродвигателя, который характеризуется меньшим распространением, низкой серийностью и существенно большими затратами на производство по сравнению широко распространенными и хорошо конструктивно и технологически отработанными тяговыми двигателями постоянного тока.

2. Большая стоимость тягового комплекта переменного тока (минимум в 2–2,5 раза) из-за значительно более сложной схемы силовой цепи (семь силовых ключей вместо одного), структуры и алгоритма работы блока управления (трудоемкость разработки которого для переменного тока в пять-шесть раз выше, чем для систем постоянного тока). Кроме того, элементная база систем переменного тока будет по стоимости на 80–90 % состоять из более дорогостоящих импортных элементов.

3. Более низкий общий КПД системы (на 2–3 %) из-за больших потерь в преобразовательном агрегате из-за большего количества включенных силовых ключей, имеющих более высокие статические потери по сравнению с тиристорами и большего количества переключений ключей в единицу времени (динамические потери).

4. Более низкая надежность работы преобразовательного агрегата из-за большей сложности системы (наличие большего числа датчиков, в частности датчика по скорости тягового двигателя) и более низкой «живучести» силовых ключей на IGBT-модулях по сравнению с тиристорами.

5. Большие расходы на ремонт тягового комплекта переменного тока из-за необходимости использования персонала более высокой квалификации, более дорогостоящего диагностического оборудования и приборов, а также создания запаса дорогостоящих запасных частей.

6. Пониженный ресурс подшипников ротора тягового асинхронного электродвигателя троллейбуса из-за электроэрозионного износа металлических тел вращения и беговых дорожек подшипника под действием паразитных электромагнитных импульсных полей в асинхронной машине при питании от преобразователя частоты с управлением. При особо неблагоприятных условиях ресурс подшипников ротора может оказаться существенно меньше, чем ресурс щеток в двигателе постоянного тока. Для устранения этого явления необходимо применение дополнительных весьма дорогостоящих узлов: тяжелых и громоздких выходных силовых фильтров (синус-фильтров) с

соответствующим увеличением потерь и мощности преобразователя частоты или использования дорогостоящих керамических подшипников.

7. Появление дополнительного опасного эффекта утечек переменной составляющей тока (напряжения) с корпуса тягового электродвигателя на землю через возможное случайное прикосновение к нему ремонтного персонала, водителей и пассажиров троллейбуса.

Использование в тяговом приводе ТЭД на основе ДПТ НВ взамен ДПТ ПВ не дает каких-либо преимуществ в профессионально-квалифицированной разработке и производстве, но создает существенные проблемы в эксплуатации таких двигателей в импульсных системах, так как из-за индукционной (магнитной) связи обмоток якоря и возбуждения в последней наводится паразитная импульсная ЭДС, по амплитуде часто многократно превышающая напряжение контактной сети из-за эффекта повышающего импульсного трансформатора, так как число витков обмотки возбуждения (вторичной обмотки паразитного трансформатора) во много раз выше числа витков обмотки якоря (первичной обмотки паразитного трансформатора). Данный эффект часто приводит к пробое изоляции обмотки независимого возбуждения и выходу ее из строя, что требует применения специальных и часто дорогостоящих мер по устройству усиленной высоковольтной изоляции этой обмотки.

Кроме того, в таких ТЭД всегда требуются два контура регулирования токов – по якорю и по возбуждению со своими регуляторами, датчиками и т.п., в то время как ДПТ ПВ естественным путем в одном контуре позволяют, регулируя ток якоря и возбуждения, необходимым образом формировать нужные тяговые и тормозные характеристики привода.

*Методика разработки тиристорно-импульсных систем управления и приборов контроля основных параметров изделий городского электрического транспорта*

Существует большое количество электрических схем силовых цепей ТИСУ, различающихся конфигурацией контуров искусственной коммутации, возвратом электромагнитной энергии



Прежде чем перейти к расчету параметров, необходимо кратко рассмотреть назначение основных элементов и их взаимодействие в режиме регулирования напряжения (тока) в режиме хода и торможения.

Реакторы L1, L2 и конденсатор C1 образуют низкочастотный фильтр тока контактной сети, который должен сгладить ток импульсного потребления ТИСУ до его среднего значения (в пределе). Контакттор K1 и резистор R1 служат для предварительного заряда конденсатора C1 фильтра и QF1 – для автоматического выключения защиты контактной сети. Диод VD4 и контакттор K2 обеспечивают работу цепи режима хода. Штриховыми линиями условно показаны цепи, которые создаются соответствующими коммутационными элементами (контактторы торможения, вспомогательные диоды) в режиме торможения, когда K2 разомкнут.

Главный ключ образуется с помощью основного тиристора VS1 и шунтирующего диода VD0; тиристор VS2 (запирающий), диоды VD1, VD2, конденсатор C2 и дроссель L4 составляют контур запирающего тиристора VS1. Резистор R<sub>т</sub>, тиристор VS3, диод VD5 служат для обеспечения рекуперативно-динамического торможения, причем если тиристор VS3 отключен, имеет место только рекуперативный режим и через VD5 энергия поступает на конденсатор C1 фильтра, а с него – в контактную сеть. Если же в контактной сети отсутствуют потребители соответствующей мощности, что вызывает немедленный рост напряжения на C1, то включается VS3 и в контур тормозного тока вводится балластный резистор R<sub>т</sub> для «гашения» тормозной энергии, причем если величина напряжения на тормозном резисторе

$$U_t = R_3 \cdot I_{ят} > U_{кс},$$

то при появлении в контактной сети потребителей даже при работе балластного резистора часть тормозного тока

$$\Delta I_{ят} = I_{я} - \frac{U_{кс}}{R_3}$$

может быть рекуперативна этим потребителем. Резистор R2 и диод VD3 служат для предварительного заряда коммутирующего конденсатора C2 и «сброса» с него в C1 и контактную сеть дополни-

тельной энергии, которая может накопиться в коммутирующем контуре (в L4), а также в ТЭД М1 при торможении, т. е. обеспечивается резервная цепь рекуперации помимо или даже без диода VD5.

Дроссель L3 на стальном сердечнике с зазором служит для дополнительного сглаживания тока якоря, которое также осуществляется за счет собственных индуктивностей обмоток якоря и возбуждения LM1 тягового электродвигателя М1. Рассмотрим кратко режим импульсного регулирования напряжения (тока) на М1 в режиме хода: при включении VS1 напряжение  $U_{кв}$  прикладывается к якорной цепи М1 – к L1, М1 через VD4 – к LM1 и через VS1 – к «плюсу»  $U_{кв}$ .

В результате в якорной цепи начинает расти ток, который через датчик тока поступает в систему автоматического регулирования тока якоря, обеспечивающую поддержание тока на уровне, задаваемом водителем с помощью педали хода. Когда ток в среднем достигает значения заданного уровня, включается вспомогательный запирающий тиристор VS2, в результате заряженный конденсатор C2 с полярностью  $U_{к1}$  начинает подготовительный перезаряд по колебательному контуру  $C2 \rightarrow VS2 \rightarrow L4 \rightarrow VS1 \rightarrow C2$ , при этом последующий полупериод перезаряда тока изменяет направление перезаряда на противоположное, протекая по цепи  $C2 \rightarrow VD1 \rightarrow L4 \rightarrow VD2 \rightarrow C2$ .

В процессе этого обратного перезаряда как VS1, так и VS2 оказываются под обратным напряжением  $\Delta U_{vd}$  от падения напряжения на открытых диодах VD1, VD2. Параметры C2, L4 подобраны так, чтобы длительность действия этого обратного напряжения была достаточной для восстановления запирающих свойств тиристоров VS1, VS2. После запирающего VS1 ток якорной цепи через VD2 устремляется в C2, доводя напряжение на нем до уровня несколько большего, чем  $U_{кв}$ , а поэтому шунтирующий диод VD0 оказывается под положительной, т. е. открывающей, разностью потенциалов «анод-катод», поэтому он открывается и ток якорной цепи замыкается через него по так называемому контуру свободного затухания – контуру, замыкающему цепь якоря через VD0 на короткое замыкание, т. е. шунтирующему цепь нагрузки главного ключа. Таким образом обеспечивается процесс регулирования тока за счет

регулирования соотношения времени открытого и закрытого состояния VS1.

В процессе электрического торможения якорная цепь от контактной сети отключается и включается в цепь, показанную на схеме рис. 1.99 пунктирными линиями. В этом случае при включении VS1 образуется цепь для протекания тока торможения  $I_{\text{ят}}$  через якорь обратной полярности следующей конфигурации:  $M1 \rightarrow L3 \rightarrow LM1 \rightarrow VS1 \rightarrow VD7 \rightarrow M1$ . Здесь весьма важно, что полярность тока в обмотке возбуждения не изменилась по сравнению с полярностью в режиме тока, поэтому возникают условия для самовозбуждения ТЭД, когда под действием остаточного магнитного потока во вращающейся обмотке якоря появляется начальная ЭДС, которая создает начальный ток, усиливающий поток через LM1, и через механизм так называемой положительной обратной связи («чем больше» – «тем больше») в ТЭД возникает требуемый поток и ЭДС якоря. Когда ток  $I_{\text{ят}}$  достигает среднего заданного значения, производится отключение VS1 и тормозной ток разделяется на два контура: ток в якорной цепи протекает по цепи  $M1 \rightarrow L3 \rightarrow VD5 \rightarrow C1(\pm U_{\text{кв}}) \rightarrow VD7 \rightarrow M1$  (режим рекуперации) или  $M1 \rightarrow L3 \rightarrow VS3 \rightarrow R3 \rightarrow M1$  (режим реостатно-динамического торможения), а ток в цепи обмотки возбуждения протекает по контуру свободного затухания  $LM1 \rightarrow VD0 \rightarrow LM1$  с весьма большой постоянной времени, что практически переводит ДПТ ПВ в данном режиме в условия, близкие к независимому возбуждению. За счет системы автоматического регулирования тормозного тока автоматически будет выставлено такое соотношение между интервалами открытого и закрытого состояния VS1, которое вне зависимости от скорости вращения ТЭД обеспечит заданное значение тормозного тока момента. Следует отметить, что при снижении скорости вращения ТЭД ниже некоторого критического уровня условия самовозбуждения не могут поддерживаться и электрическое торможение прекратится. Этот критический уровень обычно соответствует значению скорости ЭТС в пределах 1,8–2,5 км/ч, ниже которого возможно только пневмомеханическое торможение. Далее необходимо отметить, что для облегчения начала самовозбуждения полезно принимать дополнительные меры, например, использование специальной обмотки для начального

подмагничивания машины в течение 0,5–1,0 с после начала торможения.

Теперь остановимся на основных расчетных соотношениях для определения параметров элементов силовой цепи ТИСУ. В качестве основных исходных данных принимаются следующие величины:

$U_{\text{кc мин}}$ ,  $U_{\text{кc макс}}$  – минимальное и максимальное напряжения контактной сети;

$I_{\text{е макс}}$  – максимальное значение тока якоря в режиме тяги или торможения;

$t_{\text{выкл}}$  – время выключения основного тиристора, которое выбирается по справочным данным ориентировочно для предполагаемого к применению типа и габаритов быстродействующего тиристора и принимается из нормативного ряда, как правило, 25, 32, 45 мкс.

Предварительный выбор силового тиристора VS1 производится по максимальному току якоря и максимальному напряжению:

$$I_{\text{нохл}} \geq K_3 \cdot I_{\text{е макс}};$$

$$U_{\text{раб}} \geq K_{\text{пер}} \cdot U_{\text{кc макс}},$$

где  $I_{\text{нохл}}$  – номинальный ток тиристора при заданных условиях охлаждения;

$K_3 \geq 1,25$  – коэффициент запаса для повышения надежности в условиях аварийных и технологических перегрузок;

$U_{\text{раб}}$  – рабочее напряжение тиристора в прямом направлении;

$K_{\text{пер}} \geq 1,5$  – коэффициент импульсных коммутационных перенапряжений, величина  $K_{\text{пер}}$  зависит от качества цепей демпфирования перенапряжения и величины паразитных индуктивностей силовой цепи. Опыт показывает, что обеспечить  $K_{\text{пер}} < 1,5$  в условиях серийного производства затруднительно.

Проверку выбранного тиристора по ударному неповторяющемуся току короткого замыкания при защите быстродействующим автоматическим выключателем ( $t_{\text{сраб}} \leq 0,01$  с) производят по условию



$$I_{\text{удар}} > K_{\text{за}} \cdot I_{\text{кз}},$$

где  $I_{\text{удар}}$  – максимально допустимый ударный неповторяющийся ток перегрузки тиристора в течение 0,01 с (полупериода промышленной сети);

$K_{\text{за}}$  – коэффициент запаса по обратному току перегрузки:  $K_{\text{за}} \geq 1,25$ ;

$I_{\text{кз}}$  – ток короткого замыкания в цепи основного тиристора:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{кз max}}}{L_{\text{яц}}} \cdot t_{\text{сраб}},$$

где  $t_{\text{сраб}}$  – время срабатывания автоматического выключателя под действием «мгновенного» электромагнитного расцепителя:  $t_{\text{сраб}} = 0,010-0,015$  с;

$L_{\text{яц}}$  – суммарная индуктивность всех последовательных элементов цепи нагрузки (якорной цепи ТЭД); анализ результатов практических разработок ТИСУ показывает, что ориентировочно  $L_{\text{яц}} = 2,0-4,0 \cdot 10^{-3}$  Гн.

Выбор шунтирующего диода VD0 можно произвести по следующим соотношениям:

$$I_{\text{HVD0}} \approx I_{\text{HVS1}};$$

$$U_{\text{рабVD0}} = K_{\text{перVD0}} \cdot U_{\text{кз max}};$$

$$K_{\text{перVD0}} = 1,7-2,0.$$

Выбор возвратно-рекуперативного диода VD3 и диодов VD2, VD4 следует производить по следующим соотношениям:

$$I_{\text{VD4}} = I_{\text{HVD2}} = I_{\text{HVD3}} \approx I_{\text{HVS1}};$$

$$U_{\text{рабVD0}} = K_{\text{запVD3}} \cdot 2 \cdot U_{\text{ксmax}};$$

$$K_{\text{запVD3}} \geq 1,25;$$

$$U_{\text{рабVD4}} = U_{\text{рабVD2}} = K_{\text{запVD3}} \cdot U_{\text{ксmax}}.$$

Для определения значений рабочих параметров приборов VS2, VD1 необходимо рассчитать значение рабочих параметров контура коммутации, определив значение индуктивности коммутирующего дрос-сея L4 и емкости коммутирующего конденсатора C2. В расчетах параметров контура коммутации обычно принимают, что амплитуда запирающего тока в два раза превышает предельное значение тока нагрузки, которое задают с запасом  $K_{3/I} = 1,3-1,5$  по максимальному току технологической перегрузки тока якоря ТЭД:

$$I_{\text{пред}} = K_{3/I} \cdot I_{\text{я max}}.$$

Ток максимальной технологической перегрузки ТЭД, как правило, выбирается исходя из режима пуска груженого ЭТС с нормативным ускорением либо на предельном (нормативном) уклоне подь-ема и т. п.

Тогда индуктивность и емкость контура коммутации

$$L_{\text{к}} = L4 = \frac{3 \cdot U_{\text{кс ном}} \cdot K_{\text{зап}t} \cdot t_{\text{выкл}}}{4\pi \cdot I_{\text{пред}}},$$

$$C_{\text{к}} = C2 = \frac{3 \cdot I_{\text{пред}} \cdot K_{\text{зап}t} \cdot t_{\text{выкл}}}{\pi \cdot U_{\text{кс ном}}},$$

где  $t_{\text{выкл}}$  – паспортное время выключения основного тиристора VS1 в зависимости от номера группы динамических параметров (и цены) прибора  $t_{\text{выкл}} = 20:32:45$  (мкс);

$K_{\text{зап}t}$  – коэффициент запаса по времени выключения: в принятой схеме, когда обратное напряжение на выключаемом тиристоре VS2 ограничено прямым падением напряжения на диоде

VD1 и составляет около 1,5–2,0 В, что существенно меньше паспортных уровней запирающего с  $U_{\text{обр зап}} = 100\text{В}$ , выбираем  $K_{\text{зап } t} = 2,0$ .

После определения значений  $C_K$  и  $L_K$  можно определить минимальную длительность открытого состояния  $\Delta t_{\text{min}}$  основного тиристора VS1 – так называемое «мертвое» время, в течение которого осуществляется подготовительный и запирающий полупериоды тока в контуре коммутации:

$$\Delta t_{\text{min}} \cong 2 \cdot \frac{T_K}{2} = T_K = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_K \cdot C_K},$$

а затем рассчитать минимальную частоту импульсного регулирования:

$$f_{\text{min}} = \frac{R_{\text{яц}} \cdot I_{\text{я min}}}{U_{\text{кв max}} \cdot \Delta t_{\text{min}}}$$

и максимальную частоту импульсного регулирования

$$f_{\text{max}} = (10-15) \cdot f_{\text{min}},$$

где  $R_{\text{яц}}$  – суммарное активное сопротивление всех элементов, включенных в цепь нагрузки (цепь якоря ТЭД);

$I_{\text{я min}}$  – минимальное значение тока якорной цепи, обычно рассматриваемое как значение тока выбора люфта в главной передаче ЭТС; опыт показывает, что

$$\frac{R_{\text{яц}} \cdot I_{\text{я min}}}{U_{\text{кв max}}} \leq 0,01.$$

Действующее значение тока через тиристор VS2 и диод VD1 одинаково и может быть рассчитано по формуле

$$I_{VS2} = I_{VD1} = I_{дкк} = U_{кc \max} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2} \cdot C_k \cdot f_{\max} \cdot \sqrt{\frac{C_k}{L_k}}};$$

$$I_{\max VS2} = I_{\max VD1} = I_{дкк} = U_{кc \max} \cdot \sqrt{\frac{C_k}{L_k}}.$$

Рабочее напряжение для VS2, VD1 составляет

$$U_{VS2} = K_{зап VS2} \cdot U_{кT \max}; \quad K_{зап VS2} \geq 1,4;$$

$$U_{VD1} = U_{VS1}.$$

Параметры блока тормозного резистора следует рассчитывать по соотношению

$$R_T \leq \frac{U_{кc \max}}{I_{я \text{ торм } \max}};$$

$$R_T \leq \frac{m_{ср.эТС} \cdot \left( v_0^2 - v_k^2 \right)}{2 \Delta t_{повт.т}};$$

где  $I_{я \text{ торм } \max}$  – максимальное значение тормозного тока;

$m_{ср.эТС}$  – среднее значение массы тормозного ЭТС;

$v_0, v_k$  – соответственно усреднённые значения начальных и конечных скоростей при торможении ЭТС;

$\Delta t_{повт.т}$  – усредненные значения интервала времени между смежными торможениями.

Из опыта эксплуатации троллейбусов с ТИСУ в городе Минске можно ориентировочно указать значение данных величин:  $m_{ср.эТС}$  при 80 % загрузки ЭТС,  $v_0 = 20-24$  км/ч,  $v_k = 1,8-2,5$  км/ч,  $\Delta t_{повт.т} \approx 15-20$  с.

Расчет фильтра токов контактной сети (L1, L2, C1) может быть проведен исходя из двух условий: во-первых, по условию сглаживания неровной гармоники переменной составляющей тока сети  $I_{\Delta 1}$  по сравнению с постоянной составляющей тока сети  $I_{\text{окс}}$ , при этом коэффициент первой гармоники задают  $K_{1Г} = \frac{I_{\Delta 1}}{I_{\text{окс}}} = 0,20-0,05$ , а во-вторых – по условию исключения резонанса фильтра в режимах работы ТИСУ. Для исключения резонанса и колебания напряжения на фильтре необходимо существенно «раздвинуть» рабочую частоту ШИМ ТИСУ  $f_{\text{максим}}$ , резонансную частоту  $f_p$  фильтра, обычно рекомендуется  $f_{\text{максим}} > (2-4) \cdot f_p$ . Расчетная практика оказывает, что расчет фильтра по последнему условию обеспечивает подавление резонанса, но и  $K_{1Г} \leq 0,10$ , что с практической точки зрения достаточно, так как данный уровень переменной составляющей не оказывает существенного влияния на других потребителей контактной сети. При расчете дросселей L1 и L2 заданы, ибо ими являются традиционные радиореакторы после токоприемников с индуктивностью  $2L_p$ , тогда емкость конденсатора фильтра можно рассчитать по формуле

$$C_{\Phi} = C_1 = \frac{1}{2 \cdot L_p} \left( \frac{2-4}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{максим}}} \right)^2.$$

Для предварительного заряда фильтра используются резистор R1 и диод VD5, обычно выбирают максимальный ток заряда  $I_{3\text{max}} = 10-20 \text{ А}$  = 10–20 А при этом  $R_1 = \frac{U_{\text{ксmax}}}{I_{3\text{max}}}$ , мощность зарядного резистора  $P_{R1} = (0,10(0,2)) \cdot U_{\text{ксmax}} \cdot I_{3\text{max}}$ , при этом минимальный интервал между двумя смежными зарядами должен составлять

$$\Delta t_{\text{зар.min}} > \frac{U_{\text{ксmax}} \cdot C_p}{2 \cdot I_{3\text{max}} \cdot (0,1-0,2)}.$$

## Рабочие параметры диода

$$I_{\text{HVD5}} \geq I_{3\text{max}};$$

$$U_{\text{HVD5}} = K_{3\text{u}} \cdot U_{\text{кcmax}};$$

$$K_{3\text{u}} = 1,25.$$

Все приведенные соотношения для расчета параметров и выбора основных элементов силовой цепи ТИСУ следует рассматривать как формулы предварительного анализа с использованием моделирования на ПЭВМ с учетом различных факторов уточнения: по режиму динамики ЭТС, нагрева и охлаждения элементов, наличие паразитных элементов монтажа и конструкции, статических факторов и т. п.

### *Общие правила выполнения схем в дипломных проектах*

**Схема** – это графический конструкторский документ, на котором в виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

Схемы применяют при изучении принципа действия механизмов, машин, приборов, аппаратов, при их наладке и ремонте, монтаже трубопроводов и электрических сетей, для уяснения связи между отдельными составными частями изделия без уточнения особенностей их конструкции.

Схемы входят в комплект конструкторской документации и вместе с другими документами содержат необходимые данные для проектирования, изготовления, сборки, регулировки, эксплуатации изделий.

#### **Схемы предназначаются:**

- *на этапе проектирования* – для выявления структуры будущего изделия при дальнейшей конструкторской проработке;
- *на этапе производства* – для ознакомления с конструкцией изделия, разработки технологических процессов изготовления и контроля деталей;
- *на этапе эксплуатации* – для выявления неисправностей и использования при техническом обслуживании.

Правила выполнения и оформления схем регламентируют стандарты седьмой классификационной группы ЕСКД. Виды и типы схем, общие требования к их выполнению должны соответствовать ГОСТ 2.701–84 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению», правила выполнения всех типов электрических схем – ГОСТ 2.702–75 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем». При выполнении электрических схем цифровой вычислительной техники руководствуются правилами ГОСТ 2.709–81 «ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники». Обозначение цепей в электросхемах выполняют по ГОСТ 2.709–72 «ЕСКД. Система обозначений цепей в электрических схемах», буквенно-цифровые обозначения в электрических схемах – по ГОСТ 2.710–81 «ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

Перечислим общие требования к выполнению схем.

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия.

2. Необходимое количество типов схем, разрабатываемых на проектируемое изделие, а также количество схем каждого типа определяется разработчиком в зависимости от особенностей изделия. Комплект схем должен быть по возможности минимальным, но содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Между схемами одного комплекта конструкторских документов на изделие должна быть установлена однозначная связь, обеспечивающая возможность быстрого получения необходимой информации об элементах, устройствах и соединениях на всех схемах данного комплекта.

3. На схемах, как правило, используют стандартные графические условные обозначения. Если необходимо использовать нестандартизованные обозначения некоторых элементов, то на схеме делают соответствующие пояснения.

4. Следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 мм.

5. На схемах не допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения помещают либо около графических обозначений, либо на свободном поле схемы, как правило, над основной надписью.

6. Разрешается выполнять схему на нескольких листах (объединенную или комбинированную схему). Наименование объединенной схемы определяется видом и объединенными типами схем (например, схема электрическая принципиальная и соединений), наименование комбинированной схемы – комбинированными видами и типом схемы (например, схема электрогидравлическая принципиальная).

ГОСТ 2.701–84 устанавливает классификацию, обозначение схем и общие требования к их выполнению для изделий всех отраслей промышленности, а также схем энергетических сооружений (электрических станций, электрооборудования промышленных предприятий и т. п.). Стандартом установлены также термины, используемые в конструкторской документации, и их определения.

*Элемент схемы* – составная часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное назначение (резистор, конденсатор, интегральная микросхема, трансформатор, насос и т. п.).

*Устройство* – совокупность элементов, представляющая единую конструкцию (блок, плата), может не иметь определенного функционального назначения в изделии.

*Функциональная группа* – совокупность элементов, выполняющих в изделии определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию (усилитель, модулятор, генератор и т. п.).

*Функциональная часть* – элемент, устройство или функциональная группа, имеющие строго определенное функциональное назначение.

*Функциональная цепь* – линия, канал, тракт определенного назначения (канал звука, видеоканал, тракт СВЧ и т. п.).

*Линия взаимосвязи* – отрезок линии на схеме, указывающий на наличие связи между функциональными частями изделия.

*Линия электрической связи* – линия на схеме, указывающая путь прохождения тока, сигнала и т. д.

*Установка* – условное наименование объекта в энергетических сооружениях, на который выпускается схема, например, главные цепи.



*Классификация и обозначение схем.* Схемы, в зависимости от элементов и связей между ними, подразделяют на следующие виды, обозначаемые буквами: электрические – Э, гидравлические – Г, пневматические – П, газовые (кроме пневматических) – Х, кинематические – К, вакуумные – В, оптические – Л, энергетические – Р, комбинированные – С, деления – Е.

Схему деления изделия на составные части (схему деления) выпускают для определения состава изделия.

По основному назначению схем их подразделяют на типы, обозначаемые цифрами (в скобках приведены соответствующие коды по СТ СЭВ 527–77): структурные – 1 (101), функциональные – 2 (102), принципиальные (полные) – 3 (201), соединений (монтажные) – 4 (301), подключения – 5 (303), общие – 6 (302), расположения – 7 (401), объединенные – 0.

Наименование схемы определяется ее видом и типом, например: схема электрическая принципиальная, схема электрическая функциональная, схема деления структурная, схема гидравлическая соединений.

Код схемы состоит из буквы, определяющей вид схемы, и цифры, обозначающей тип схемы, например, Э3 – схема электрическая принципиальная, Э4 – схема электрическая соединений, Г1 – схема гидравлическая структурная.

Наименование и код комбинированной схемы определяются комбинированными видами схем и типом схемы, например, схема электрогидравлическая принципиальная – С3, схема пневмогидравлическая соединений – С4.

Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи. Структурные схемы разрабатывают при проектировании изделий на стадиях, предшествующих разработке схем других типов. Схемами пользуются для общего ознакомления с изделием.

Функциональная схема служит для разъяснения процессов, протекающих в отдельных функциональных цепях изделия или изделия в целом. Схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте в процессе эксплуатации.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов и связей между ними и дает детальное представление о

принципах работы изделия. Принципиальными схемами пользуются для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле и ремонте. Схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений (монтажных) и чертежей.

Схема соединений (монтажная) показывает соединения составных частей изделия и определяет провода, жгуты, кабели или трубопроводы, которыми осуществляются эти соединения, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т. п.). Схематическими соединениями пользуются при разработке других конструкторских документов, в первую очередь чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов, кабелей или трубопроводов в изделии, а также для осуществления присоединений. Схемы также используют при контроле, эксплуатации и ремонте изделий в процессе эксплуатации.

Схема подключений показывает внешние подключения изделия. Схематическими подключениями пользуются при разработке других конструкторских документов, а также для осуществления подключений изделий и при их эксплуатации.

Общая схема определяет составные части комплекса и соединения их между собой на месте эксплуатации. Схематическими соединениями пользуются при ознакомлении с комплексами, а также при их контроле и эксплуатации.

**Принципиальная схема (ЭЗ)** является наиболее полной электрической схемой изделия, на которой изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме могут быть изображены соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Электрические элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД. Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать не полностью, а только их используемые части.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении. В технически обоснованных случаях отдельные элементы схемы допускается изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле режима, для которого изображены эти элементы.

Условные графические обозначения элементов и устройств выполняют совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме так, как они расположены в изделии, т. е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей элементов располагают в разных местах схемы с учетом порядка прохождения по ним тока (т. е. последовательно) так, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом можно вычерчивать как отдельные элементы или устройства (например, обмотки и контактные группы реле, контакты штепсельных разъемов, половины комбинированной радиолампы и др.), так и всю схему. Раздельно изображаемые части элементов можно соединять линией механической связи (штриховая линия). При изображении элементов разнесенным способом разрешается на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов, выполненные совмещенным способом. При этом элементы, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием использованных и неиспользованных частей (например, все контакты реле). Выводы неиспользованных частей изображают короче, чем выводы использованных.

**Графические обозначения.** Электрические элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД. При необходимости применяют нестандартизованные условные графические обозначения. Стандартизованные или строящиеся на основе стандартизованных графические обозначения на схемах не поясняют; нестандартизованные обозначения должны быть пояснены на свободном поле схемы.

Если на условные обозначения установлено несколько допустимых вариантов выполнения, различающихся геометрической формой и степенью детализации, то их применяют в зависимости от назначения и типа разрабатываемой схемы, а

также количества информации, которую необходимо передать на схеме графическими средствами. При этом на всех схемах одного типа, входящих в комплект документации на изделие, применяют один выбранный вариант обозначения.

Кроме условных графических обозначений на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструктивные изображения изделий.

*Размеры условных графических обозначений.* Стандартные условные графические обозначения элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартом не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандартах. При выполнении иллюстративных схем на больших форматах можно все условные графические обозначения пропорционально увеличивать по сравнению с приведенными в стандартах.

На схеме допускается увеличивать размеры обозначений отдельных элементов, если необходимо графически выделить особое или важное значение элемента (устройства), а также поместить внутри обозначения предусмотренные стандартами квалифицирующие символы или дополнительную информацию. С целью повышения компактности схемы размеры графических обозначений допускается пропорционально уменьшать, учитывая при этом возможности использования техники репродуцирования и микрофильмирования. Для обеспечения визуального восприятия схемы расстояние между соседними линиями в любом графическом обозначении должно быть не менее 1,0 мм.

Условные графические обозначения элементов, используемых как составные части более сложных элементов, изображают уменьшенными по сравнению с остальными элементами схемы для сокращения общих размеров графических обозначений (например, резистор в ромбической антенне). В случаях, оговоренных соответствующими стандартами, допускается непропорциональное изменение размеров графических обозначений элементов (например, многоотводные резисторы).

При выборе размеров условных графических обозначений схем руководствуются теми же рекомендациями, что и при выборе форматов. Выбранные размеры и толщины линий графических обозначений должны быть одинаковыми во всех схемах одного типа на данное изделие.

Графические обозначения следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

Размещение условных графических обозначений на схеме должно обеспечивать наиболее простой ее рисунок с минимальным количеством изломов и пересечений линий электрической связи.

Условные графические обозначения рекомендуется изображать в положении, указанном стандартами, или повернутыми на угол, кратный  $90^\circ$ , за исключением случаев, оговоренных в стандартах. Для упрощения начертания схем или более наглядного представления отдельных цепей допускается поворачивать условные графические обозначения на углы, кратные  $45^\circ$  по сравнению с их изображениями в стандарте. При этом квалифицирующие символы излучения в обозначениях приборов (световой поток, рентгеновское излучение и т. п.) не должны менять своей ориентации относительно основной надписи схемы. Если же повороты и зеркальные изображения условных графических обозначений приводят к искажению или потере их смысла (например, обозначения контактов), то такие обозначения выполняют в положениях, приведенных в стандартах.

Условные графические обозначения, содержащие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол  $90$  или  $45^\circ$ .

*Текстовая информация.* При необходимости на схеме помещают следующие данные: наименования или характеристики электрических сигналов; обозначения электрических цепей; технические характеристики изделия, приведенные в виде текста, таблиц, диаграмм и т. п. Расположение и формы записи текстовых данных на электрических схемах устанавливает ГОСТ 2.701–84, а содержание и назначение определяются типом схемы и устанавливаются в правилах выполнения схем соответствующих типов. Текстовые данные приводят на схемах в тех случаях, когда содержащиеся в них сведения нецелесообразно или невозможно выразить графически или условными обозначениями.

Содержание текста должно быть кратким и точным. В надписях не должны применяться сокращения слов, за исключением общепринятых или установленных в стандартах.

Текстовые данные в зависимости от их содержания и назначения могут располагаться: рядом с графическими обозначениями (по возможности справа или сверху) или внутри графических обозначений; рядом с линиями, в разрыве или в конце линий, на свободном поле схемы.

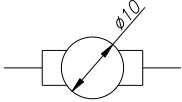
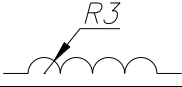



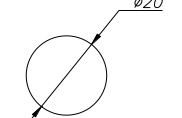
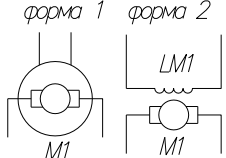
В зависимости от назначения текстовые данные на схеме имеют следующие формы записи:

- условные буквенно-цифровые обозначения (номера цепей, обозначения электрических контактов, элементов и т. п.);
- наименования (наименования сигналов, функциональных групп и т. п.);
- сплошной текст (технические требования, пояснения и т. п.);
- текст, разбитый на графы (например, таблицы коммутации многопозиционных переключателей);
- таблицы, в которых сочетаются текст и графические обозначения (например, таблицы использования контактов реле).

Все элементы, имеющие условные графические обозначения (УГО), снабжаются условным буквенно-цифровым обозначением (УБЦО) – идентификационным «именем». Типы УБЦО и правила их построения устанавливает ГОСТ 2.710–81. Для построения обозначений используют прописные буквы латинского алфавита, арабские цифры, а также специальные символы ( $=$ ,  $\neq$ ,  $+$ ,  $-$ ,  $:$ ,  $()$ ). УБЦО записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строчку в непосредственной близости от УГО элемента, возрастание номера на схемах рекомендуется производить слева направо и сверху вниз. Существует большое количество УГО и УБЦО, в таблице 1.10 приведены основные версии некоторых элементов принципиальных схем.


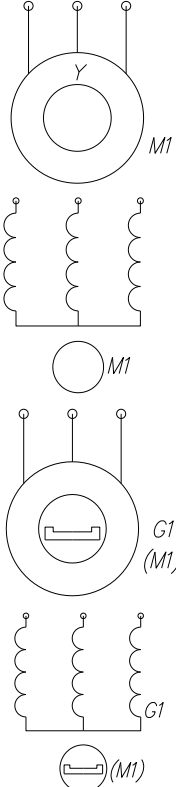
Таблица 1.10

№	Наименование элемента принципиальной электрической схемы	Условное графическое обозначение	Условное буквенно-цифровое обозначение

1	2	3	4
1	Электрические машины постоянного тока с коллектором и щетками		M1
2	Обмотка независимого возбуждения электрической машины		LM1.1
3	Обмотка последовательного возбуждения электрической машины		LM1.2
4	Обмотка добавочных полюсов электрической машины		LM1.3
5	Компенсационная обмотка электрической машины		LM1.4
6	Статор электрической машины		M1
7	Общие обозначения машины постоянного тока: а) электродвигатель независимого возбуждения		M1

Продолжение табл. 1.10



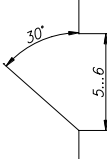
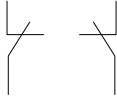

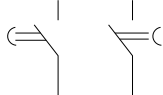
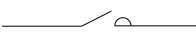


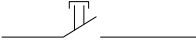
1	2	3	4
7	б) электродвигатель последовательного возбуждения  в) генератор смешанного возбуждения		G1

	г) техногенератор с возбуждением от постоянных магнитов		GB1
8	Общее обозначение машин переменного тока а) асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором  б) синхронный генератор (двигатель) с возбуждением от постоянных магнитов		M1  G1(M1)

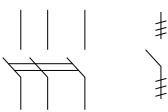
Продолжение табл. 1.10

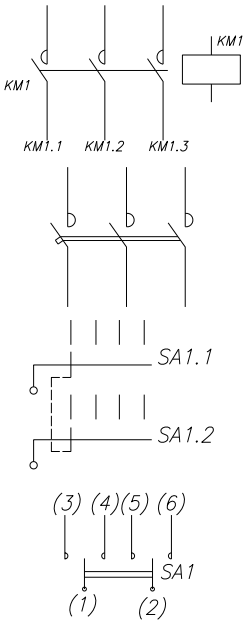
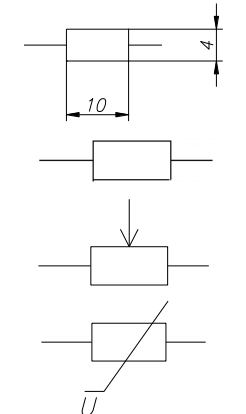
1	2	3	4
9	Общее обозначение катушки индуктивности: а) дроссель с ферромагнитным сердечником без зазора б) дроссель с ферромагнитным сердечником с зазором в) дроссель с ферритовым сердечником		L1  L1  L1



	г) трансформатор напряжения с отпайками на вторичной обмотке		L1
	д) трансформатор тока		TV1
10	Контакт коммутационного устройства: а) замыкающий		KV1 – реле напряжения
	б) размыкающий		KM1 – контактор
	в) переключающий		QF1 – автоматический выключатель
	г) замыкающий с задержкой на срабатывании		S1 – выключатели приборные
	д) сильноточный		KM1
	е) сильноточный с дугогашением		QF1
	ж) сильноточный с дугогасителем и автоматическим выключателем		QF1
	з) выключатель с ручным приводом (кнопка)		SB1

Продолжение табл. 1.10

1	2	3	4
11	Комплектные коммутирующие устройства а) трехполюсный замыкающий рубильник (выключатель)		QS1

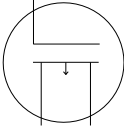
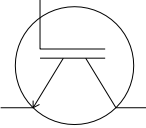
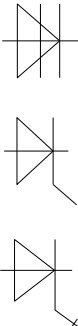
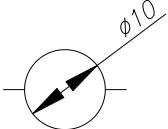
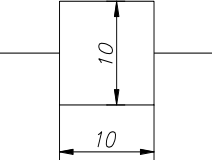
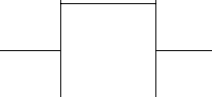
	<p>б) трехфазный силовой контактор с катушкой управления</p> <p>в) силовой трехфазный автоматический выключатель с электромагнитным расцепителем (мгновенного действия)</p> <p>г) двухполюсный четырехпозиционный переключатель приборный</p> <p>д) двухполюсный трехпозиционный с самовозвратом в нейтральное положение, в скобках приведена заводская маркировка цепей</p>	 <p>The diagrams show: 1) A three-phase contactor KM1 with three main contacts labeled KM1.1, KM1.2, and KM1.3, and a control coil labeled KM1. 2) A three-phase circuit breaker QF1 with three main contacts labeled QF1.1, QF1.2, and QF1.3. 3) A four-position selector switch SA1 with two positions labeled SA1.1 and SA1.2. 4) A three-position selector switch SA1 with positions labeled (1), (2), (3), (4), (5), and (6).</p>	<p>KM1</p> <p>QF1</p> <p>SA1</p> <p>SA1</p>
12	<p>Общее обозначение резистора:</p> <p>а) измерительный (шунт)</p> <p>б) переменный</p> <p>в) варистор</p>	 <p>The diagrams show: 1) A resistor R1 with a length dimension of 10 and a height dimension of 4. 2) A shunt resistor RS1. 3) A variable resistor RP1 with a downward-pointing arrow. 4) A varistor RU1 with a diagonal slash and a voltage symbol U.</p>	<p>R1</p> <p>RS1</p> <p>RP1</p> <p>RU1</p>

Продолжение табл. 1.10

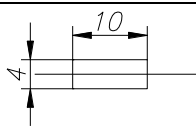
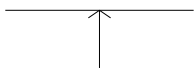
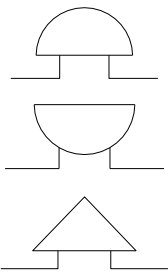
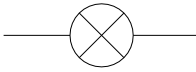
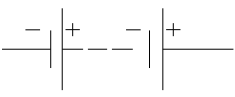
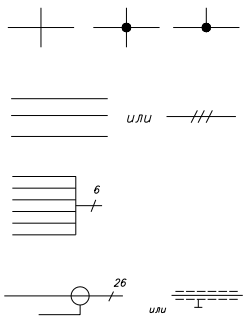
1	2	3	4
---	---	---	---

13	<p>Общее обозначение конденсаторов</p> <p>а) электролитический поляризованный неполяризованный</p> <p>б) проходной</p>		<p>C1</p> <p>C1</p> <p>C1</p>
14	<p>Общее обозначение диода:</p> <p>а) стабилитрон</p> <p>б) светодиод</p> <p>в) диод Шоттки</p>		<p>VD1</p> <p>VD1</p> <p>VD1</p> <p>VD1</p>
15	<p>Транзистор биполярный обратной проводимости</p>		<p>VT1</p>

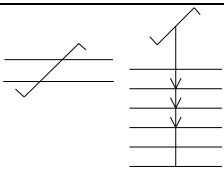
Продолжение табл. 1.10

1	2	3	4
16	Транзистор полевой с изолированным затвором с <i>p</i> -каналом		VT1
17	Транзистор IGBT типа с $\wedge$ -каналом		VT1
18	<p>Общее обозначение тиристора:</p> <p>а) триодный тиристор (обыкновенный) с управлением по катоду</p> <p>б) запираемый тиристор с запирающим по катоду</p>		<p>VS1</p> <p>VS1</p> <p>VS1</p>
19	Прибор измерительный показывающий		<p>PV1 – вольтметр</p> <p>PA1 – амперметр</p> <p>PW1 – ваттметр</p>
20	Прибор измерительный регистрирующий		<p>PV1 – вольтметр</p> <p>PA1 – амперметр</p> <p>PW1 – ваттметр</p>
21	Прибор измерительный интегрирующий (счетчик)		PW-h1

Продолжение табл. 1.10

1	2	3	4
22	Предохранитель плавкий		FV1
23	Токоъемник троллейбусный		XA1
24	Соединение контактное разъемное	$XP1 \rightarrow \gg XS1$	XP1 – штырь XS1 – гнездо
25	Приборы звуковой сигнализации: а) звонок б) зуммер в) сирена		HA1 HA1 HA1
26	Лампа сигнальная		HL1
27	Батарея аккумуляторная		GB1
28	Линия связи: а) общие обозначения б) линии связи в экране		Пересечение примыкающ их многопрово дной и однопрово дной сетей

Окончание табл. 1.10

1	2	3	4
28	в) линии связи скрученными проводами  г) линии связи только гибким проводом	 	Скрученные попарно провода  Скрученные выбранные провода

*Выполнение систем автоматизации управления изделиями городского электротранспорта*

Мировой уровень развития автобусов и изделий ГЭТ для обеспечения высокой экономической эффективности широко использует автоматизированные системы управления (рис. 1.100), объединяющие все рабочие и управляющие функции в одно целое, в центре которого находятся джойстик, вариотерминал и панель управления. Посредством джойстика бесступенчато контролируются все функции движения с высоким комфортом. Вариотерминал обеспечивает точную настройку движения и работы машины, а логика управления облегчает работу водителя.

Автоматизация машин и оборудования широко развивается в мире уже почти 50 лет и является одним из новых путей развития машиностроения.

Системами автоматизации управления оборудованием охвачено свыше 60 % различных типов машин.

Минимизации вредного воздействия машин и производственных процессов на окружающую среду способствуют автоматизация, интеллектуальные микропроцессорные системы и роботизация.

Процесс функционирования машины представляет собой организованную и упорядоченную совокупность действий – операций двух типов: рабочих и операций управления. *Рабочая операция* направлена на выполнение рабочим органом машины предписанного ее назначением процесса. Правильное и качественное выполнение рабочей операции обеспечивается *операциями управления*. Совокупность последних образует *процесс управления*.

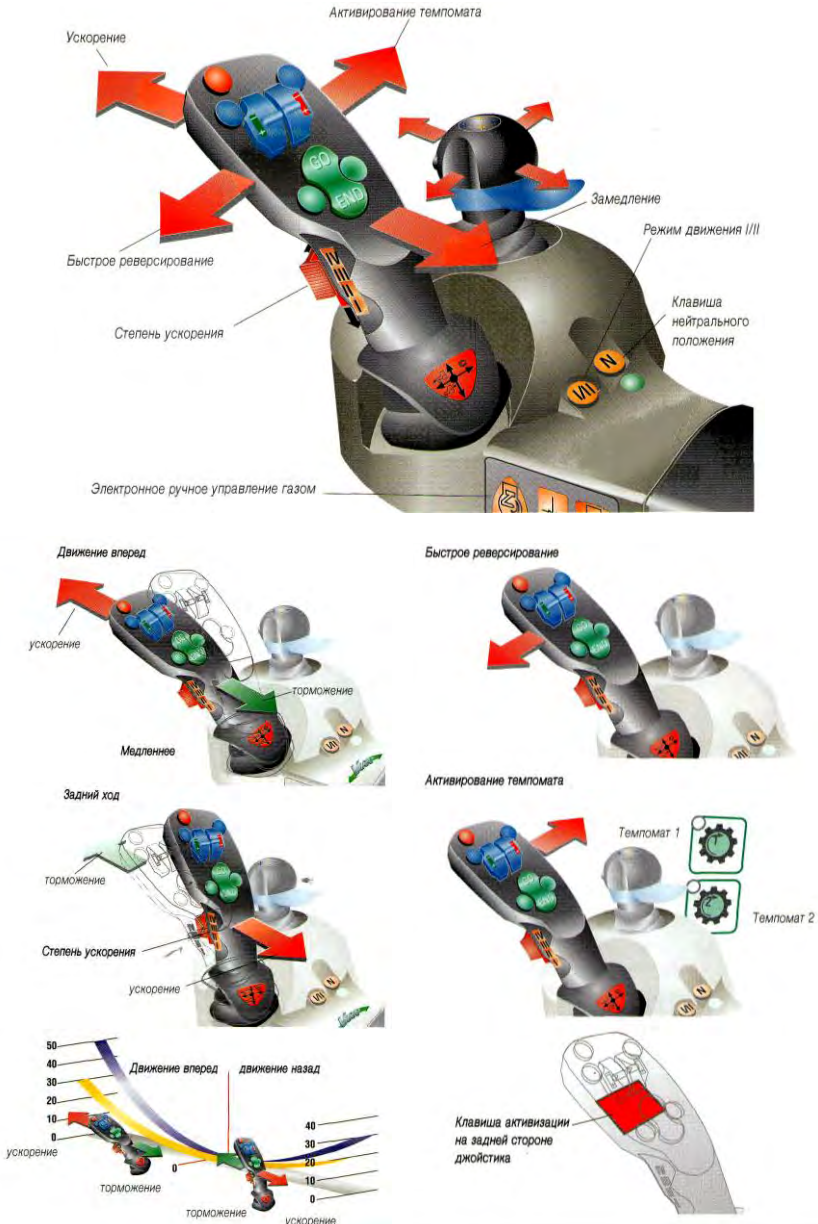


Рис. 1.100. Существующие автоматизированные системы управления

Совокупность технических средств (машин, орудий труда и т. д.), выполняющих соответствующие рабочие операции, представляет собой *объект управления*.

Взаимосвязь основных понятий и определений автоматического управления иллюстрируется схемой, приведенной на рис. 1.101.

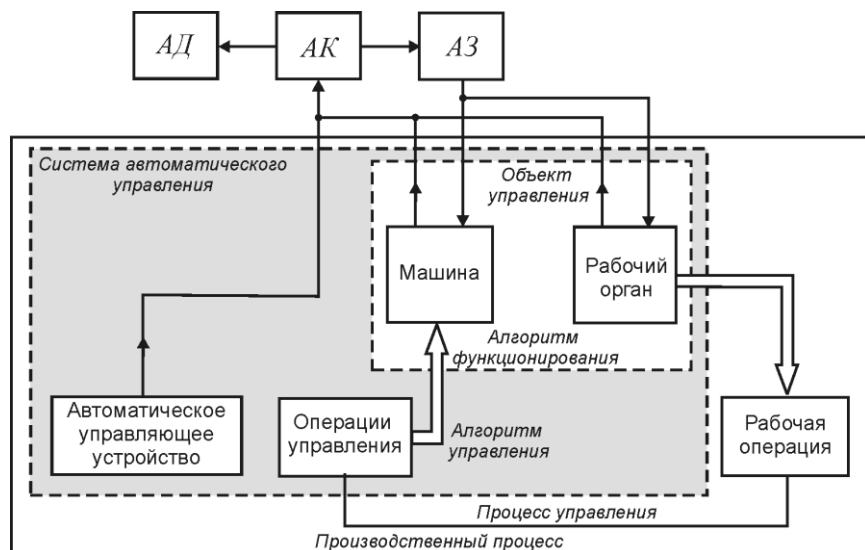


Рис. 1.101. Взаимосвязь основных понятий и определений автоматического управления:

АК – автоматический контроль; АД – автоматическое диагностирование;  
АЗ – автоматическая защита

### ***Объект управления***

Объектом автоматизации может быть машинный агрегат, отдельная машина, входящая в его состав, а также отдельная подсистема или механизм машины. Автоматизацию отдельного технического устройства или механизма машины называют *локальной* или *частичной автоматизацией*. При этом осуществляется автоматическое управление только отдельными рабочими операциями полного рабочего процесса машины. Локальная



автоматизация улучшает качество рабочего процесса, облегчает труд оператора. Примером локальной автоматической системы может быть автоматическая транс-миссия транспортного средства, в которой все процессы управления выполняются без участия оператора.

Блок-схема системы автоматического управления мобильной машины приведена на рис. 1.102.

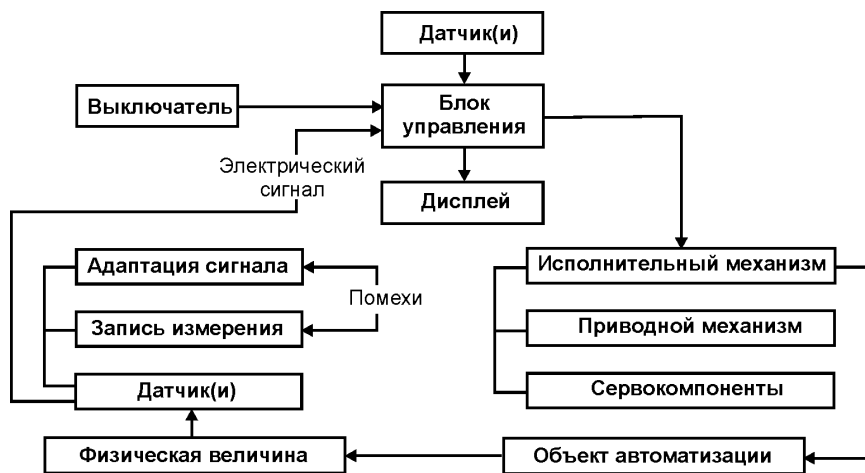


Рис. 1.102. Блок-схема системы автоматического управления мобильной машины

*Комплексная автоматизация* машинного агрегата означает автоматическое выполнение всего комплекса операций по его управлению. Это возможно, если агрегаты и механизмы машины, требующие управления, снабжены автоматическими устройствами, объединенными общей системой управления. Функции оператора в этом случае сводятся к наблюдению за ходом рабочего процесса и изменению режима работы автоматических устройств с целью достижения наилучших технико-экономических показателей.

Наибольшая эффективность может быть достигнута при комплексной автоматизации, которая обеспечивается применением микропроцессорной техники.

В общем случае под управлением подразумевают комплекс мер и действий, направленных на достижение поставленных целей. Целями автоматизации машинных агрегатов являются повышение эффективности труда, улучшение качества выполняемых рабочих процессов, оптимальное использование потенциальных возможностей агрегатов, улучшение условий труда операторов, защита окружающей среды. Это выражается в увеличении средней скорости движения, уменьшении расхода топлива на единицу выполненной работы, улучшении управляемости, проходимости и плавности хода машин, повышении тормозных качеств и устойчивости движения, повышении безопасности движения, облегчении и упрощении управления и улучшении многих других эксплуатационных качеств.

***Требования к автоматическим системам управления.  
Концепция автоматизации***

Высокая универсальность энергетических средств и большое количество агрегируемых с ними машин, многофункциональность и комплексность обусловили широкую номенклатуру контролируемых параметров на каждом объекте, что определило требования к автоматической системе, которая должна обладать теми же качествами:

во-первых, универсальностью автоматической системы – способностью контролировать одинаковые параметры на разных машинах;

во-вторых, многофункциональностью – выполнением операций диагностирования, сигнализации, регулирования, контроля, управления и учета;

в-третьих, комплексностью – контролем различных параметров на одной машине.

Классификация автоматических систем многих машин приведена на рис. 1.103.

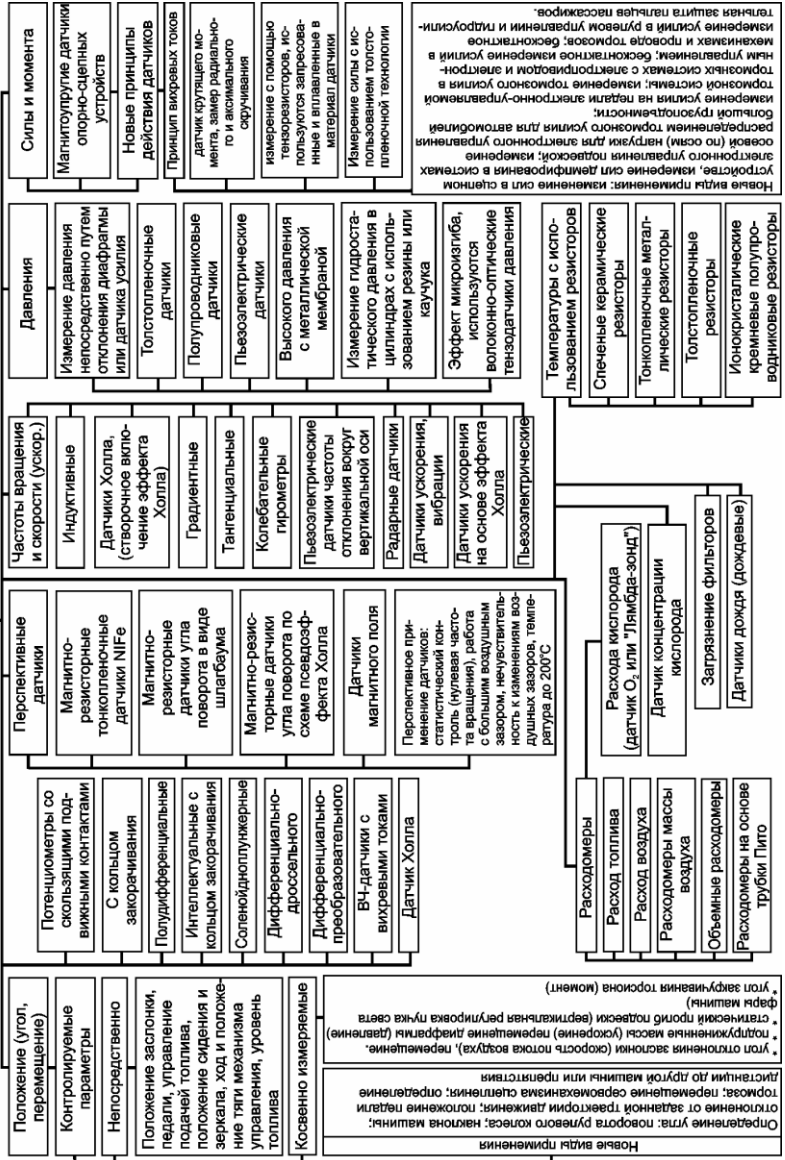
Автоматизация изделий выдвигает проблемы обеспечения совместности электрических и электронных систем различных машин, стандартизации формы и видов генерируемых датчиками электрических сигналов, унификации выходных сигналов, а также носителей информации и кодов.



Рис. 1.103. Классификация автоматических систем управления

Аппаратура АСУ большинства изделий строится на основе блочно-модульного принципа, отличается высоким уровнем унификации и состоит из универсальных блоков базовых элементов, дискретных и аналоговых бесконтактных электронных преобразователей физических величин в электрический сигнал. Типы применяемых и перспективных датчиков приведены на рис. 1.104. Классификация исполнительных механизмов приведена на рис. 1.105 и 1.106.

**ДАТЧИКИ**  
**ТИПЫ ДАТЧИКОВ**



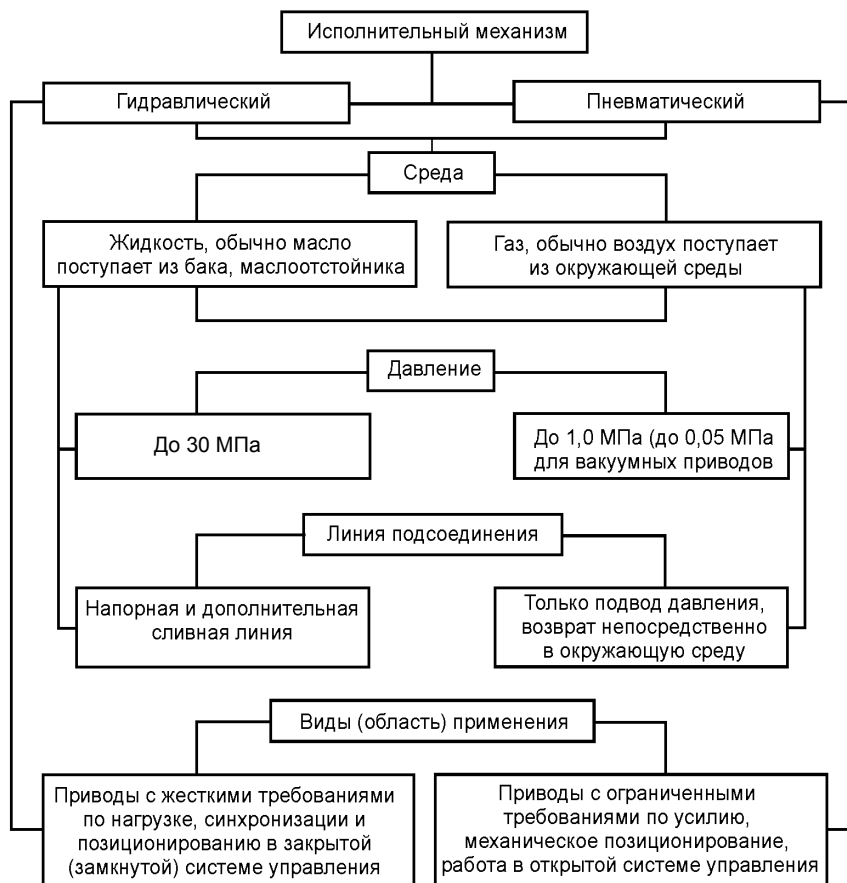


Рис. 1.105. Классификация гидропневмомеханических исполнительных механизмов

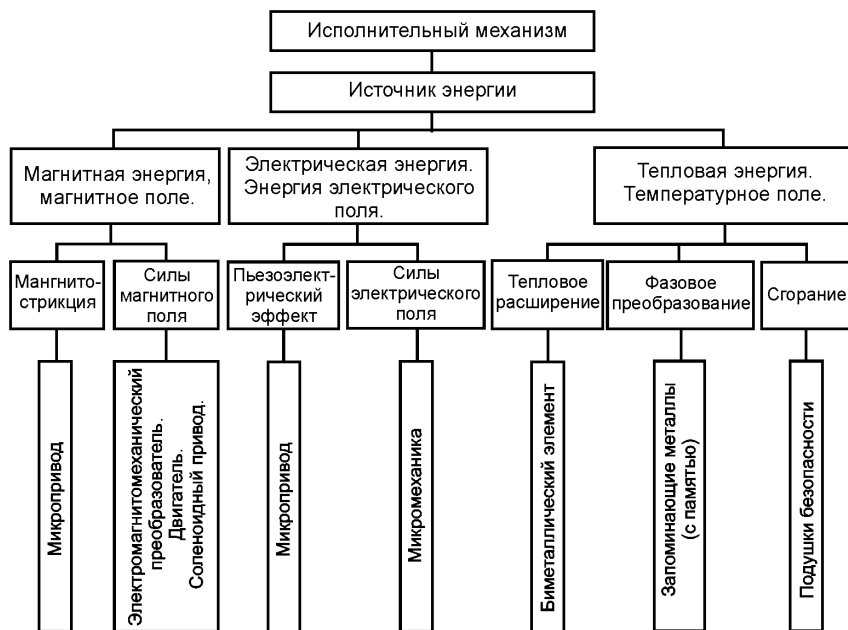


Рис. 1.106. Классификация электромеханических исполнительных механизмов

### Применение стандартов в бортовых сетях управления и связи транспортных машин

Стандарт SAE J1939 «Практические рекомендации по бортовым сетям последовательного управления и связи на транспортных машинах» является основой для протоколов связи по системе CAN (сеть области управления – Controlled Area Network), разработанной компанией «Bosch» в начале 1980-х годов для обмена данными между множеством микропроцессорных электронных блоков по одной и той же двухпроводной линии в тяжелых грузовиках и дорожно-строительной технике. Стандарты SAE J1939 были разработаны и введены в практику в 1994 году взамен устаревших протоколов J1587/1700. В настоящее время пропускная способность канала J1939 составляет

250 кБ/с, рассматривается возможность ее увеличения до 1000 кБ/с при длине канала до 40 м.

В конструкции транспортной техники применение нового протокола позволяет: повысить надежность канала связи; иметь встроенную самодиагностику; исключить длинные проводниковые соединения (провода); регистрировать и записывать сообщения; дистанционно изменять (модернизировать) программное обеспечение. Новая связь помехозащитна, на нее слабо влияют внешние электромагнитные и радиоизлучения при согласующей нагрузке на концах проводников около 110 Ом. Согласующие резисторы рассчитаны на мощность 400 мВт.

### *Методика подбора шин для троллейбусов*

Для подбора шин определяется нагрузка на одно колесо троллейбуса. У троллейбусов с колесной формулой  $4 \times 2$  при полной грузоподъемности нагрузка по осям распределяется между передней и задней осью в пределах 33–35 и 65–67 % соответственно.

На задней оси у этих троллейбусов чаще всего устанавливаются четыре шины обычной конструкции для грузовых автотранспортных средств. Каждая шина задней оси испытывает большую весовую нагрузку, чем шина переднего колеса, поэтому подбор шин для троллейбусов производится по весовой нагрузке, приходящейся на одно заднее колесо.

По величине нагрузок подбирают размер шин и определяют статический и динамический радиус колеса.

Имея свободный радиус  $r_c$  определяют:

статический радиус колеса  $r_{ст}$  непосредственным замером или по формуле

$$r_{ст} = r_c - h_z,$$

где  $h_z = \frac{G_k}{c_{ш}}$  – прогиб шины под действием нормальной нагрузки  $G_k$ ,

$c_{ш}$  – нормальная жесткость шины;

динамический радиус колеса  $r_d$  – расстояние от центра колеса до опорной плоскости при движении колеса.

Далее определяется радиус качения колеса  $r_k$ , называемый отношением продольной составляющей поступательной скорости колеса к его угловой скорости:

$$r_k = \frac{v}{\omega_k}.$$

Такой радиус необходим, так как вследствие тангенциальной эластичности и проскальзывания отдельных элементов колеса путь  $S$ , проходимый колесом за  $n$  его оборотов, не равен произведению величины  $2\pi r$  на радиус  $r_d$  или  $r_c$ , а равен величине, умноженной на радиус  $r_k$ , который нельзя измерить, так как он связывает поступательную и угловую скорости колеса и является одной из его важнейших кинематических характеристик. Радиус качения может определяться экспериментально путем замера пройденного колесом пути  $S$  за  $n$  его оборотов.

Изменение радиуса качения от величины крутящего момента или продольной реакции определяется зависимостями:

$$r_k = r_k^0 - \lambda_m M_k;$$

$$r_k = r_k^c - \lambda_p R_x,$$

где  $r_k^0$ ,  $r_k^c$  – радиусы качения соответственно ведомого и ведущего колес;

$\lambda_m$ ,  $\lambda_p$  – коэффициенты изменения радиуса качения от тангенциальной силы колеса соответственно.

Тенденция в развитии шин заключается в уменьшении их наружного и внутреннего диаметров, внутреннего давления и увеличении ширины профиля.

*Методика выбора и расчета мотор-колес  
для транспортных средств*



Электродвигатель-колесо (двигатель-колесо) является исполнительным механизмом системы тягового электропривода пневмоколесной транспортной машины. Двигатель-колесо осуществляет преобразование электрической энергии в механическую, реализуемую при движении машины.

Двигатель-колесо представляет собой агрегат, в котором конструктивно объединены все элементы исполнительного механизма:

- электродвигатель;
- механическая передача, состоящая из редуктора, механизма сочленения вала электродвигателя с ведущим звеном редуктора и (в некоторых образцах) механизма переключения передач или сцепления с приводом;
- колесо, состоящее из шины (с камерой или без нее) с ободом и ступицей или только с ободом;
- тормозной механизм с соответствующим приводом, осуществляющий механическое торможение двигателя-колеса;
- механизм или элементы подвески двигателя-колеса к раме транспортной машины.

Общей задачей расчета и проектирования двигателя-колеса является создание агрегата, обеспечивающего реализацию заданных тягово-скоростных показателей транспортной машины и обладающего конструктивными параметрами, допускающими его установку на машине.

Основные задачи, объем и последовательность расчета и проектирования двигателя-колеса можно сформулировать следующим образом:

- определение исходных данных для проектирования двигателя-колеса на основе технических характеристик транспортной машины, шины и первичного двигателя;
- оценка допустимой перегрузки электродвигателя при его использовании на транспортной машине данного типа;
- выполнение тяговых расчетов для определения параметров электродвигателя принятого рода тока, выбор электродвигателя из числа существующих или составление технического задания на его проектирование; определение передаточного числа редуктора;

- выбор вида компоновки и предварительная компоновка мотор-колеса с использованием проектных размеров тягового электродвигателя и учетом конструктивного исполнения его корпуса и вала;

- составление кинематической схемы редуктора, выбор величины расчетного момента и предварительный расчет на прочность де-талей механической передачи, конструирование редуктора и других узлов механической передачи;

- расчет и конструирование других узлов и механизмов мотор-колеса, уточнение его компоновки;

- полный расчет на прочность и долговечность деталей механической передачи, в том числе оценка уровня динамических нагрузок и вероятности возникновения устойчивого резонанса крутильных колебаний в рабочем диапазоне скорости вращения электродвигателя.

Следует подчеркнуть, что в задачи расчета мотор-колеса непосредственно не входит выбор шины и рода тока системы электропривода. Тип шины, ее размеры и нагрузка определяются характеристиками, назначением и условиями эксплуатации транспортной машины. Род тока выбирают с учетом совокупности технико-экономических факторов, которые должны быть рассмотрены одновременно с решением вопроса о применении первичного двигателя определенного типа. Поэтому тип и размеры шины, а также род тока электродвигателя при расчете мотор-колеса следует рассматривать в качестве заданных исходных факторов.

### **Выбор компоновки мотор-колес**

Реализация тех задач, которые стоят перед расчетом мотор-колеса, не может быть завершена без выполнения компоновки его основных элементов.

Вид компоновки оказывает значительное влияние на конструктивные и технико-эксплуатационные свойства мотор-колеса. При рациональной компоновке можно достигнуть снижения веса и уменьшения осевого размера мотор-колеса, однако не в ущерб его долговечности и условиям доступа к отдельным узлам, от чего зависит удобство их технического обслуживания.

Под компоновкой мотор-колеса понимают способ взаимного расположения его элементов и узлов в монтажном пространстве внутри обода и с его внутренней стороны. Вид компоновки в определенной степени зависит от особенностей конструкции транспортной машины, для которой предназначено мотор-колесо данного типа. В ряде случаев вид компоновки обусловлен типом колесного двигателя. Выбранный вид компоновки оказывает существенное влияние на конструкцию отдельных элементов и мотор-колеса в целом, а также определяет его монтажные свойства.

Можно назвать два характерных признака, определяющих вид компоновки:

порядок расположения элементов мотор-колеса (электродвигатель, редуктор и пр.) внутри обода;

выбор опоры внутренних обойм подшипников колеса.

В соответствии с этими признаками способы компоновки мотор-колес можно разделить на семь видов.

Компоновка I вида (рис. 1.107) характерна тем, что внутри обода с наружной стороны располагают опору подшипников 3 колеса, а затем редуктор 2 и электродвигатель 1. При компоновке этого вида ни корпус редуктора, ни корпус электродвигателя не используются в качестве опоры подшипников колеса. Относительное расположение редуктора и электродвигателя 1 может быть соосным (рис. 1.107, а) или несоосным (рис. 1.107, б). Монтажный объем внутри обода используется не полностью, вследствие чего мотор-колесо при компоновке этого вида имеет большой осевой размер.

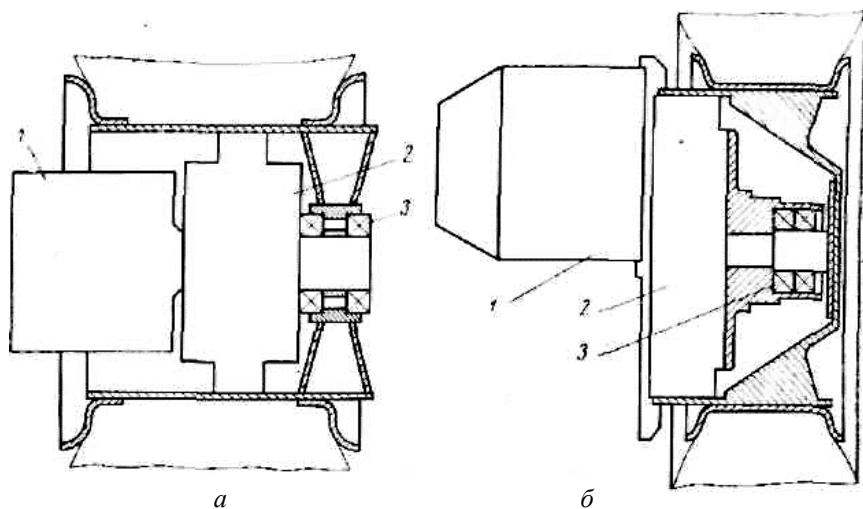


Рис. 1.107. Схема мотор-колеса при компоновке I вида:  
*а* – при соосном расположении электродвигателя и редуктора;  
*б* – при несоосном расположении

Компоновка II вида отличается тем, что в монтажном объеме внутри обода с наружной стороны мотор-колеса располагают редуктор 1 (рис. 1.108), а опорные подшипники 2 колеса размещают между редуктором и электродвигателем 3, причем ни корпус редуктора, ни корпус электродвигателя не служат опорой подшипников колеса. По сравнению с компоновкой I вида здесь уменьшены осевые размеры мотор-колеса, поскольку редуктор целиком, а электродвигатель частично расположен внутри обода колеса. Однако ограниченный монтажный объем внутри обода и необходимость выполнения специальной опоры подшипников колеса позволяют использовать редукторы с ограниченным осевым размером, простой кинематической схемой и небольшим передаточным числом. Как и при компоновке I вида, здесь могут быть применены подшипники и уплотнения с небольшим наружным диаметром.

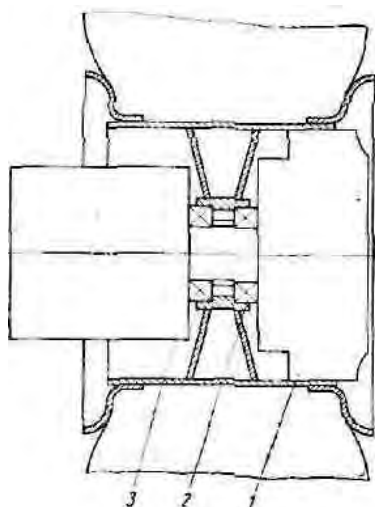


Рис. 1.108. Схема мотор-колеса при компоновке II вида

Компоновка III вида (рис. 1.109) отличается размещением редуктора 2 внутри обода с внешней стороны, а электродвигателя 1 – с внутренней стороны мотор-колеса и использованием корпуса редуктора в качестве опоры подшипников 3 колеса. Все это уменьшает осевые размеры мотор-колеса.

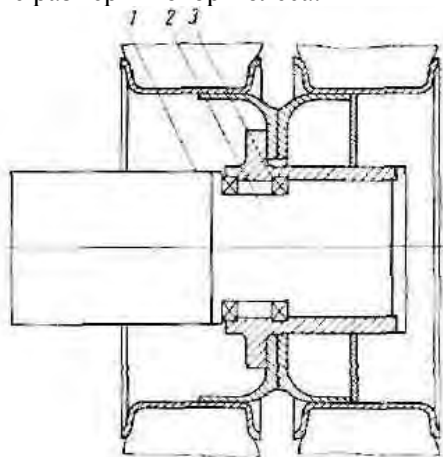


Рис. 1.109. Схема мотор-колеса при компоновке III вида

Компоновка IV вида (рис. 1.110, *a*) характеризуется размещением редуктора 2 с внешней стороны мотор-колеса и установкой опорных подшипников 3 колеса на корпусе электродвигателя 1. Такая установка подшипников обеспечивает минимальный осевой размер мотор-колеса и способствует снижению его массы. Кроме того, корпус электродвигателя в большей степени подходит для выполнения функций опоры подшипников колеса, чем корпус редуктора.

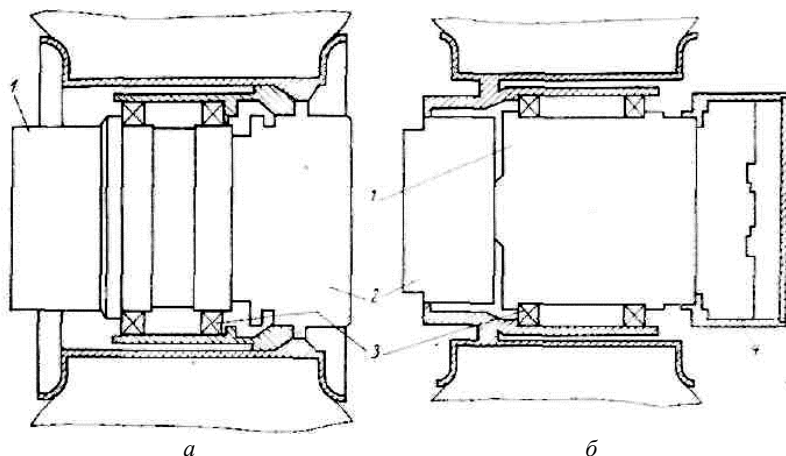


Рис. 1.110. Схема мотор-колеса при компоновке IV вида:  
*a* – при неразделенном редукторе; *б* – при разделенном

Вариантом компоновки IV вида является случай с разделенным редуктором, когда один из его рядов смонтирован с внешней стороны мотор-колеса, отдельно от остальной части редуктора, размещенного с внутренней стороны мотор-колеса. Необходимость в этом возникает при двухскоростных мотор-колесах, у которых получение двух передаточных чисел осуществляется путем блокирования простого планетарного ряда; пример подобной компоновки показан на рис. 1.110, *б*.

Расположение планетарного ряда 4 вместе с вращающейся фрикционной муфтой и ее приводом с внутренней стороны мотор-колеса за электродвигателем 1 позволяет использовать его корпус в качестве опоры подшипников 3 колеса и разместить часть редуктора 2, имеющую кинематическую связь с планетарным рядом посредством торсионного вала, с внешней стороны мотор-колеса.

Компоновка V вида отличается от предыдущей тем, что с наружной стороны мотор-колеса располагается не редуктор 2, а тяговый электродвигатель 1 (рис. 1.111). Основные свойства компоновки мотор-колеса при этом сохраняются, и, кроме того, появляется возможность развить диаметральный размер крайнего внутреннего ряда редуктора и разместить его вне обода с внутренней стороны мотор-колеса. Это позволяет несколько повысить передаточное число редуктора без увеличения его осевого размера.

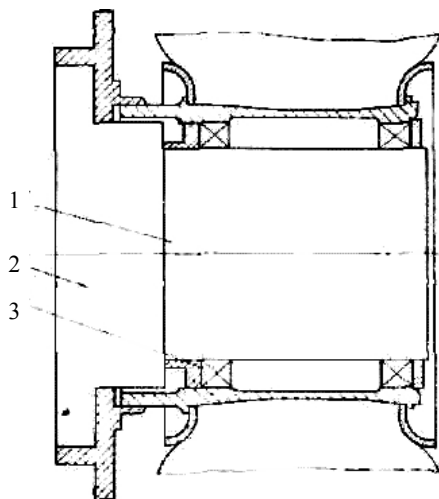


Рис. 1.111. Схема мотор-колеса при компоновке V вида

Компоновка VI вида (рис. 1.112) характеризуется размещением редуктора 2 с внешней стороны мотор-колеса, причем один из опорных подшипников 3 колеса расположен на корпусе редуктора, а второй – на корпусе электродвигателя 1 или опорном цилиндре, служащем для монтажа электродвигателя.

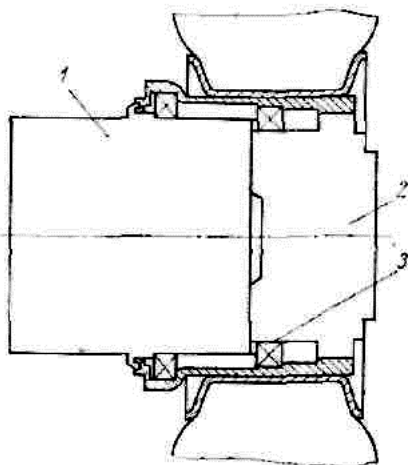


Рис. 1.112. Схема мотор-колеса при компоновке VI вида

Выбор вида компоновки мотор-колеса является наиболее важным этапом его проектирования. Принятое решение в значительной степени определяет основные конструктивные и монтажные особенности мотор-колеса. При выборе компоновки мотор-колес необходимо учесть следующие факторы:

- конструктивное исполнение тягового электродвигателя;
- особенности редуктора и соображения в пользу его размещения с внешней или внутренней стороны мотор-колеса;
- количество уплотнений, их размеры и окружные скорости трущихся поверхностей;
- схему вентиляции мотор-колеса;
- возможность доступа к коллектору при использовании электродвигателей постоянного тока;
- способ монтажа колеса (выбор опоры подшипников и др.);
- принятую конструкцию и размещение механического тормоза;
- способ крепления мотор-колеса к раме транспортной машины.

### **Расчет мотор-колес**

Задачей тягово-динамических расчетов является определение основных тягово-скоростных и динамических показателей транспортной машины и мотор-колеса. Частная задача заключается



в определении передаточного числа редуктора мотор-колеса по заданным характеристикам шины и тягового электродвигателя с учетом особенностей эксплуатации транспортной машины и конструктивного типа мотор-колеса.

Расчет тягово-скоростных показателей мотор-колеса при заданных характеристиках электродвигателя требует определения тяговой характеристики мотор-колеса  $F_k(v)$ , где  $F_k$  – сила тяги, развиваемая одним мотор-колесом, а  $v$  – скорость машины.

Динамическую характеристику  $D(v)$ , где  $D$  – динамический фактор, рассчитывают, используя тяговую характеристику мотор-колеса. Динамическая характеристика позволяет определить максимальную скорость при различных условиях движения, допустимую величину подъема или коэффициента общего сопротивления движению, а также развиваемое ускорение.

Для полноприводной машины или одиночного мотор-колеса, если рассматривать динамический фактор как параметр мотор-колеса:

$$D = \frac{\frac{M_k}{r_k} - G_k f_{кт} - F_{кв}}{G_k},$$

где  $M_k$  – крутящий момент на колесе;

$r_k$  – радиус качения колесного движителя, принимаемый в тяговых расчетах равным 0,95–0,98 величины свободного радиуса;

$G_k$  – расчетная нагрузка на шину;

$f_{кт}$  – коэффициент сопротивления качению машины на дорогах с твердым покрытием;

$F_{кв}$  – сила сопротивления воздуха, отнесенная к числу мотор-колес машины, т. е.  $F_{кв} = \frac{F_B}{m_d}$ .

Сила тяги и момент электродвигателя связаны известным соотношением

$$F_k = \frac{M_d i_p \eta_p}{r_k},$$

где  $i_p$  – передаточное число редуктора;

$\eta_p$  – КПД редуктора;

$M_d$  – момент электродвигателя.

Передаточное число редуктора мотор-колеса

$$i_p = \frac{D_{\max} G_k r_k}{M_{d\infty} k_F \eta_p} \quad \text{или} \quad i_p = 0,377 r_k \frac{n_{d\max}}{v_{\max}}.$$

Перегрузочные свойства электродвигателя определяются коэффициентом его допустимой перегрузки  $k_F$ :

$$k_F = \frac{M_{дн\sigma}}{M_{d\infty}} = \frac{F_{k\max}}{F_{k\infty}},$$

где  $M_{дн\sigma}$  – наибольший реализуемый момент электродвигателя;

$M_{d\infty}$  – момент длительного режима электродвигателя;

$F_{k\max}$  – сила тяги мотор-колеса максимальная;

$F_{k\infty}$  – сила тяги при длительном режиме работы электродвигателя.

Коэффициент  $k_F$  характеризует не конструкцию и перегрузочные свойства электродвигателя, определяемые коэффициентом перегрузки по моменту  $k_M = \frac{M_{d\max}}{M_{d\infty}}$ , а

целесообразный режим использования электродвигателя данного типа в зависимости от определенной группы транспортной машины. В общем случае  $1 < k_F \leq k_M$ , и для электродвигателей мотор-колес  $k_M = 2,99-3,3$ .

Наибольший момент электродвигателя  $M_{дн\sigma} < M_{d\max}$ .

Для транспортных машин с движением по твердому покрытию динамический фактор  $D_{\max}$  при величине сопротивления движению  $f$  и подъеме  $\alpha_n = 2\% \cdot (f = 0,05 + 0,03 = 0,08)$  выражается отношением

$$\frac{D_{\max}}{f} = 3,75.$$

Максимальный динамический фактор практически реализуется только в период разгона транспортных средств.

### ***1.3.3. Определение тем проектирования***

Тематика дипломных и курсовых проектов должна быть направлена на перспективное развитие городского электрического транспорта и достижение мирового уровня развития техники, отвечать требованиям развития народного хозяйства Беларуси, стран СНГ и других стран, обладать высокой мировой конкурентоспособностью на основе стратегии развития городского электрического транспорта (рис. 1.113). Со-здавая новые изделия ГЭТ необходимо знать уровень их развития на мировом рынке, сравнительные технико-экономические оценки которого по видам изделий приведены в табл. 1.11–1.14.

### **Тематика курсовых и дипломных проектов**

Тематика проектов различается по назначению и номенклатуре подвижного состава ГЭТ для определенного курса обучения. Задачи, поставленные перед студентами в каждом последующем проекте, усложняются. В дипломных проектах рассматриваются принципиальные решения видов изделий заданного назначения, особенности проектирования их частей и производятся соответствующие расчеты. Определяются основные технические, эксплуатационные и экономические показатели объекта проектирования.

Общий объем курсовых проектных работ, выполняемых студентом, – четыре-пять листов формата А1 ГОСТ 2.301–68 компоновочных, кинематических и конструктивных разработок с

необходимым количеством таблиц и спецификаций и около 60 страниц пояснительной записки и расчетов.

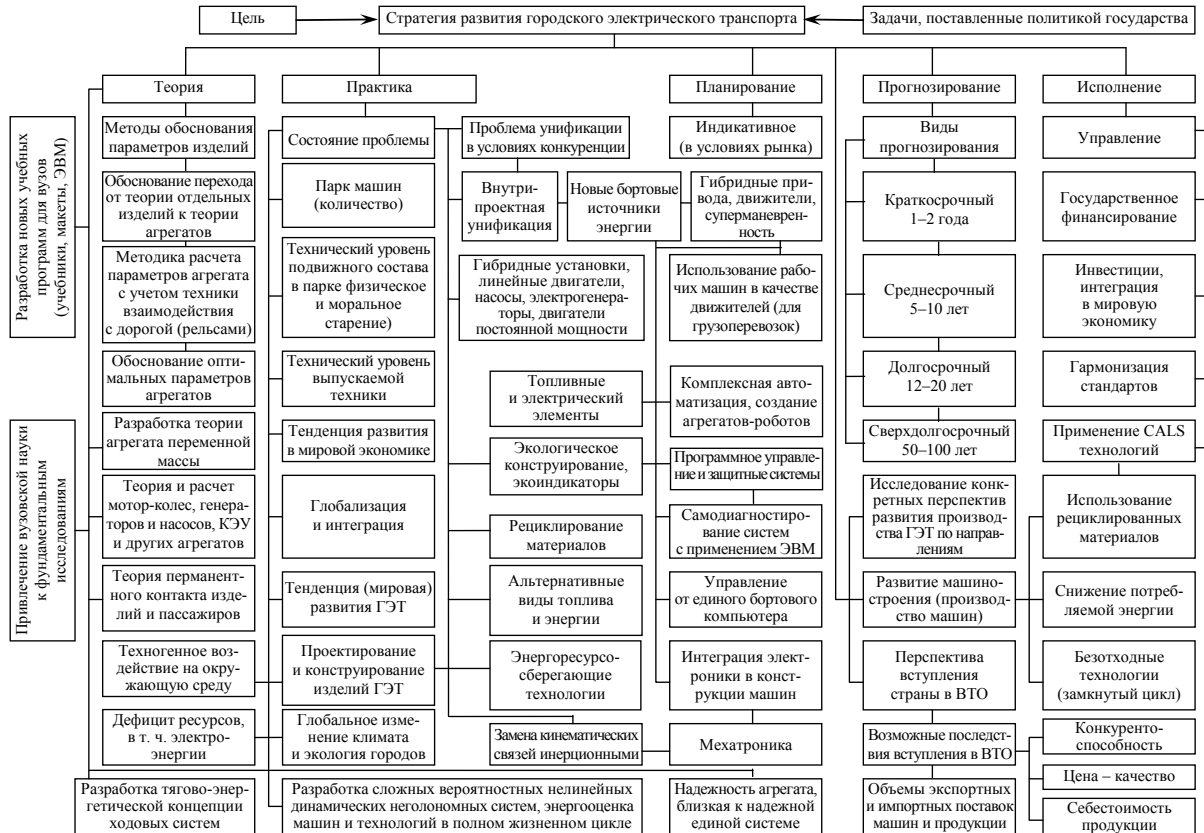


Рис. 1.115. Стратегия развития городского электрического транспорта

Как правило, в состав дипломного проекта студента входит проект конструкции изделий ГЭТ; в пояснительной записке в числе других освещаются вопросы технико-экономических обоснований и предусматривается состав комплектации изделия и всей технической документации проекта, материалы которого являются разработками проектанта. Объем дипломного проекта больше курсового и составляет 12–15 листов формата А1 графической части и 100–120 страниц пояснительной записки и расчетов.

При выполнении студентами проектов на производстве тематика последних должна соответствовать номенклатуре данного производства.

В целях облегчения подготовительных работ по проектированию для каждого курса составляют специальные бланки заданий, в которых указываются:

- содержание проекта;
- техническое задание;
- календарный план работы студентов;
- основные требования к выполнению проекта и рекомендуемая литература.

Задания по выбранным студентами темам, подписанные руководителем проектирования и заведующим кафедрой, выдают всему потоку студентов одновременно.

Темы дипломных проектов являются новыми разработками, согласованными с базовыми предприятиями. При составлении заданий обращается внимание на реальность основных определяющих исходных показателей.

Если студент работает над проектом на производстве, в КБ или НИИ, рабочие чертежи могут выполняться при консультации соответствующего местного руководителя, но при методическом руководстве кафедры.

Приступая к работе над проектом, студент должен изучить технико-эксплуатационные свойства заданных типов изделий; под руководством преподавателя составить компоновочную схему проектируемого изделия и перечень его основных частей. После получения ясного пространственного представления об изделии или его части и предварительных расчетов студент начинает выполнять основные расчеты и компоновки.

Работа студента над проектом начинается с составления эскизного проектного решения. Последующая разработка ведется в соответствии с НТД так же, как разрабатывается часть полного технического проекта изделия, выполняемого в конструкторском бюро.

Компоновки, расчеты, конструирование ведутся взаимосвязанно, правильно чередуясь согласно консультации руководителя. Нельзя приступать к конструированию только закончив все расчеты или конструировать без расчетов. В обособленную часть работы выделяется пояснительная записка с расчетами.

Перед окончательным выполнением каждого этапа работ студент получает утверждение своих решений руководителем.

В процессе конструирования и черчения отступления от нормативной документации не допускаются. Спецификации должны содержать наименования и обозначения всех составных частей, входящих в изделие (машину, группу, узел), изображенное на чертеже.

Студент должен выполнить проект к заданному сроку. При защите дипломного проекта ему следует знать и уметь обоснованно объяснить:

- назначение и область применения спроектированной им машины, выполняемые ею перевозки пассажиров, технологические и компоновочные схемы изделий, используемых для подобных или аналогичных целей;

- назначение узлов и механизмов и выполняемую ими работу;

- назначение деталей разработанного узла, технологию их изготовления и выполняемую ими работу в данном узле (механизме);

- схему расчета действующих нагрузок и сопротивлений для узла и действующих усилий и нагрузок для детали;

- основные формулы для расчета деталей на прочность (например, подшипников, осей, валов, шестерен, шпонок, грузовых винтов, заклепок и т. п.);

- выбор материала детали по расчетному напряжению, условиям работы и методы ее термической обработки;

- методы определения мощности, потребной на работу узлов, механизмов и машины в целом;

- в общих чертах – конструкцию, например, выбор тягового электродвигателя, ведущего моста, колесного редуктора, шин колесного хода, подшипников качения и др.;

– простановку необходимых размеров на чертеже узла или детали, а также допусков и посадок сопрягаемых мест деталей.

К защите студент готовится консультируясь с руководителем.

Проект допускается к защите решением руководителя и заведующего кафедрой. Ответственность за качество работы несет проектант.

Защита проводится публично.

На одном заседании рассматривается не более 10–15 проектов. К защите студент представляет чертежи, пояснительную записку, оформленное задание кафедры на проектирование и электронную копию проекта. Чертежи проекта развешивают на щите, стенде и т. п.

На доклад студенту дается 5–10 минут.

Примерное построение доклада:

– назначение, область применения, краткая технико-экономическая характеристика объекта проектирования;

– краткая характеристика конструкции по чертежам проекта с более подробным описанием элементов самостоятельной проектно-конструкторской разработки.

Во время доклада один из членов комиссии рассматривает пояснительную записку. После доклада студенту задают вопросы по проектно-конструкторским решениям (два-три вопроса); по расчетам (два-три вопроса); по составлению исполнителем расчетной схемы нагруженной детали или простого узла (один-два вопроса).

Оценка проекта производится комиссией сразу или после рассмотрения всех проектов, представленных на заседании. При оценке учитываются обоснованность и качество проектно-конструкторских разработок; качество и полнота расчетных работ; соблюдение требований стандартов при выполнении чертежей; четкость и последовательность доклада; ответы студента на вопросы; наличие или отсутствие новых самостоятельных разработок в проекте и точность исполнения проектной документации.

Проект оценивается отличной оценкой при максимальной оценке всех разделов дипломного проекта.

***Примерная тематика курсового проектирования  
по дисциплине «Конструирование и расчет ПС ГЭТ»***



1. Балка заднего моста троллейбуса.
2. Устройство для контроля токов утечки троллейбуса.
3. Подвеска троллейбуса.
4. Бортовой компьютер троллейбуса.
5. Подвеска заднего моста троллейбуса.
6. Схема реостатного пуска ТЭД смешанного возбуждения троллейбуса.
7. Колесный редуктор троллейбуса.
8. Система отопления и вентиляции.
9. Центральный редуктор троллейбуса.
10. Токоприемник троллейбуса с автоматическим штангоуловителем.
11. Балка и поворотная цапфа переднего моста троллейбуса.
12. Тиристорно-импульсный прерыватель системы управления ТЭД смешанного возбуждения троллейбуса.
13. Схема реостатного торможения ТЭД смешанного возбуждения троллейбуса.
14. Рулевой механизм троллейбуса.
15. Схема пуска асинхронного ТЭД троллейбуса.
16. Рулевой электроусилитель.
17. Устройство для гашения крутильных колебаний в трансмиссии троллейбуса.
18. Подвеска переднего моста троллейбуса.
19. Бортовой компьютер трамвая.
20. Редуктор привода компрессора троллейбуса.
21. Редуктор привода трамвая.
22. Привод дверного механизма.
23. Механический тормоз трамвая.
24. Колесная пара трамвая.
25. Электромагнитный привод тормозов трамвая.
26. Схема реостатного пуска трамвая.
27. Дифференциал ведущего моста троллейбуса.
28. Главная передача троллейбуса.
29. Автоматический штангоуловитель троллейбуса.
30. Тормозная система троллейбуса.
31. Механизм привода дверей.
32. Мотор-колесо троллейбуса.

33. Тормозная система трамвая.
34. Электромеханическая трансмиссия трамвая.
35. Шарнирное сочленение трамвая.
36. Система поддрессирования трамвая.
37. Платформа для посадки-высадки пассажиров в инвалидных колясках.
38. Привод трамвая без тележек.
39. Тяговый электропривод трамвая.
40. Мотор-колесо трамвая.
41. Ходовая система дуобуса.
42. Кузов троллейбуса низкопольный.
43. Транзисторная система управления ТЭД переменного тока.
44. Шарнирное сочленение троллейбуса.
45. Пневморессорная подвеска заднего моста троллейбуса.
46. Дисковые тормоза троллейбуса.
47. Колесная пара трамвая с приводом.
48. Передний мост троллейбуса.
49. Рулевой механизм троллейбуса.
50. Система тягового электропривода трамвая.
51. Электронная система управления отоплением и вентиляцией троллейбуса.
52. Сиденье водителя трамвая.
53. Токоприемник трамвая.
54. Тележка ходовая трамвая.
55. Электромеханическая трансмиссия трамвая.
56. Ведущий мост троллейбуса.
57. Тележка трамвая ходовая опорная.

***Примерная тематика дипломных проектов  
по городскому электрическому транспорту***

1. Троллейбус  $4 \times 2$ . Энергетический блок.
2. Трамвай четырехосный. Энергетический блок.
3. Троллейбус  $4 \times 2$ . Компоновка кузова с энергоблоком.
4. Трамвай четырехосный. Компоновка кузова с энергоблоком.
5. Троллейбус  $8 \times 4$ . Передний двухосный привод.
6. Трамвай двухосный. Передний привод хода.

7. Троллейбус  $4 \times 2$ . Компоновка переднего привода хода и кабины.
8. Дуобус  $6 \times 2$  с двигателем мощностью около 100 кВт. Трансмиссия.
9. Электробус  $6 \times 2$ . Исследования экологических параметров ПС ГЭТ.
10. Троллейбус  $4 \times 2$  малогабаритный. Ходовая система.
11. Троллейбус  $4 \times 2$  малогабаритный. Система управления с рулевым управлением.
12. Троллейбус  $4 \times 2$  малогабаритный. Кузов с системой подвески.
13. Трамвай двухосный. Компоновка малогабаритная, низкопольная с энергоблоком.
14. Дуобус  $4 \times 2$  грузовой. Привод ходовой системы и грузоподъемного механизма.
15. Трамвай низкопольный. Ходовая система с приводом.
16. Машина 4К2 с двигателем мощностью около 115 кВт. Электромеханическая трансмиссия.
17. Электробус  $4 \times 2$  с гибридной энергетической установкой (дизель-генератор + суперконденсаторы).
18. Погрузчик грузоподъемностью 4 т. Электромеханическая трансмиссия.
19. Троллейбус  $4 \times 2$ . Пневмооборудование с элементами ABS и ECAS.
20. Троллейбус  $4 \times 2$ . Электроусилитель руля.
21. Троллейбус повышенной вместимости. Компоновка ходовой системы.
22. Трамвай унифицированный с автобусом. Ходовая система с приводом.
23. Троллейбус  $6 \times 4$ . Рулевое управление.
24. Троллейбус нового поколения. Дизель-генераторный привод.
25. Вагон метрополитена. Салон автобусной компоновки.
26. Дуобус  $4 \times 2$  малой вместимости. Электромеханический привод с малым энергопотреблением.
27. Трамвай нового поколения. Компоновка секционная низкопольная.
28. Троллейбус  $6 \times 2$ . Ведущий порталный мост со смещением главной передачи и блокируемым дифференциалом.
29. Трамвай низкопольный. Мотор-колесный привод.

30. Транспорт пассажирский. Многофункциональная электронная система информации.
31. Трамвай технологический. Привод хода дублированный.
32. Стенд для обкатки ведущих мостов.
33. Троллейбус  $6 \times 2$ . Пневмоподвеска с электронным управлением с функцией кнелинга.
34. Троллейбус  $4 \times 2$  переднеприводной. Система подвески с параболическими рессорами.
35. Технологическое оборудование для оснащения аварийного трамвая пневмоходом.
36. Автотранспортное средство  $8 \times 4$ . Ходовая система с дополнительной осью и системой автоматического управления выравниванием колес.
37. Автотранспортное средство  $6 \times 2$ . Подвеска задняя пневматическая с многоканальной антиблокировочной системой (АБС).
38. Каток грунтовой 16 т. Привод вибровальца.
39. Трамвай низкопольный переднеприводной. Энергоблок. Влияние высокого напряжения на человека и меры защиты.
40. Трамвай многоосный. Опорно-ходовая система с приводом.
41. Трамвай восьмиосный. Трансмиссия.
42. Троллейбус  $4 \times 2$ . Переднеприводной мост с рулевым управлением.
43. Трамвай низкопольный. Ходовая система с приводом.
44. Дубус  $4 \times 2$  с энергонакопительным блоком.
45. Троллейбус трехосный повышенной проходимости.

#### ***1.3.4. Порядок формирования тем курсового и дипломного проектирования***

Тематика дипломного проектирования должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки и техники и перспективному развитию изделий городского электрического транспорта.

Тематика дипломных проектов и их руководители определяются выпускающей кафедрой с учетом предложений предприятий, организаций и самих студентов и утверждаются советом факультета. При утверждении тематики следует учитывать конкретные задачи в данной области подготовки, уделяя достаточно внимания вопросам

экологии, ресурсо- и энергосбережения, использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Темы дипломных проектов должны быть связаны с содержанием будущей профессиональной деятельности специалиста и соответствовать его целевой подготовке.

Студентам предоставляется право выбора темы дипломного проекта, а также студент может сам предложить тему дипломного проекта. В этом случае он обращается к заведующему кафедрой с пись-менным заявлением, в котором обосновывается целесообразность выполнения проекта по предложенной теме. При положительном решении вопроса тема дипломного проекта включается в перечень тем кафедры.

Выбранные для разработки темы дипломных проектов, их руководители и консультанты закрепляются за студентами приказом ректора по представлению декана факультета. В случае необходимости изменения или уточнения темы дипломного проекта после прохождения преддипломной практики декан на основании заявления студента и представления кафедры возбуждает ходатайство о внесении соответствующих изменений в приказ ректора.

В соответствии с темой дипломного проекта руководитель выдает студенту задание по сбору материала к дипломному проекту в период прохождения преддипломной практики. Одновременно студенту выдается задание по дипломному проектированию (приложение 8), составленное руководителем и утвержденное заведующим кафедрой. Грифы утверждения и подписи оформляются по СТБ 6.38. Данное задание вместе с проектом представляется в Государственную экзаменационную комиссию (ГЭК).

Преддипломная практика завершается представлением руководителю основных материалов, необходимых для выполнения дипломного проекта, отчета и сдачей зачета в трехдневный срок со дня окончания практики.

**Темы дипломных проектов** включают следующие основные разделы:

- технико-экономическое и научное обоснование проектирования, отбор типа конструкции с картой технического уровня после патентного поиска;
- компоновочные и конструктивные разработки, расчеты;

- эксплуатационные особенности работы машины;
- технологическая часть;
- вопросы охраны труда и техники безопасности;
- реальная и учебная заявка на получение патента;
- окончательное определение технико-экономических показателей, выводы.

Состав технической документации проекта:

- пояснительная записка, расчеты;
- чертежи общих видов и узлов в виде технического проекта по теме дипломного проекта;
- рабочие чертежи части объекта, подробно разрабатываемые студентом;
- таблицы, схемы технико-эксплуатационных особенностей;
- чертежи технологические;
- отдельные спецификации, ведомости и пр.

### **Принципиальные технические требования к проекту:**

1. Пояснительная записка, составляемая, как правило, в последовательности, соответствующей приведенному выше порядку разделов тематического содержания, должна дать четкую и обоснованную разработку вопросов технико-экономической целесообразности проектирования по теме.

2. Расчеты составляются по новым прогрессивным методам и на высоком теоретическом уровне.

3. В компоновочных и конструктивных разработках решаются задачи в объеме задания, но предусматривается полная комплектация объекта проектирования и в соответствующей документации дается полное представление о составе проектируемой машины (установки, изделия).

Номенклатура тематики объектов проектирования заранее разрабатывается на кафедре. Все темы дипломных проектов должны соответствовать текущим или перспективным планам промышленности и народного хозяйства Беларуси, стран СНГ и спроса на мировом рынке.

Подготовительная и методическая работа руководителей дипломного проектирования должна проводиться в течение всего учебного года. В процессе проектирования необходима методическая связь

кафедры с консультантами, привлекаемыми с производства, из научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро.

Целесообразно участие руководителя проекта в преддипломной практике студента.

К сбору материалов по дипломному проекту студенты приступают в период преддипломной практики. Перед практикой студентам выдают задания на проекты, утвержденные кафедрой. Все материалы, собранные в период преддипломной практики, сводятся в специальные отчеты и сдаются руководителю.

Проконсультировавшись с руководителем, дипломник сам подбирает и изыскивает материал для принятия проектных решений. При конструировании он использует стандарты, нормали, ТУ, каталоги, патенты, проспекты аналогов и другие источники информации.

Обязательно проведение патентного поиска по теме проекта.

### ***1.3.5. Выполнение патентных исследований по темам курсового и дипломного проектов***

В условиях научно-технической революции процесс создания и освоения объектов новой техники непрерывно усложняется, производства все более дифференцируются на отдельные специфические области деятельности, в которых выделяются различающиеся по своему характеру этапы. Некоторые из них, например этапы разработки конструкторской документации, регламентированы стандартами (ГОСТ 2.103), которые не ограничивают создание новых технических решений конструкций на уровне изобретений.

Изобретение – промежуточный продукт в процессе материализации научных идей, одно из средств обеспечения высокого качества новой отечественной продукции. В этих условиях дальнейшее повышение эффективности исследований и разработок новой техники невозможно без проведения комплексных патентных поисков.

При выполнении дипломного проекта анализ отечественных и зарубежных изобретений, а также информации технического характера позволяет выявить конкурирующие направления в автотракторостроении, определить наиболее перспективные из них,

оценить новизну и технико-экономическую эффективность разрабатываемого узла, использовать достижения отечественной и мировой техники.

Патентный поиск, являющийся обязательной составной частью дипломного проекта, проводится на всех стадиях разработки новой конструкции, начиная с обоснования темы. Специфика патентных исследований на каждой стадии определяется целью и задачами их проведения и характеризуется различием привлекаемых для исследования документов, методами анализа и выводами. Однако в методике их выполнения имеется ряд общих основных элементов:

1. Изучение исходной документации по теме дипломного проекта (программы, методики и отчеты о научно-исследовательских работах (НИР), технические задания эскизного или технического проектов, рабочая документация и т. д.).

2. Определение целей и задач патентного исследования на каждой стадии разработки (содержание и объем патентных исследований, виды источников информации и ее поиска, методика исследования отобранных информационных материалов и выводы).

3. Составление задания на проведение патентного поиска и научно-технической информации, включающего разделение темы дипломного проекта на основные направления, подтемы и другие составные элементы, или объекта проектирования на устройства, узлы, механизмы по их функциональным признакам (системное представление объекта); установление границ поисковой области; определение видов исследуемых документов и их местонахождения.

4. Поиск и отбор документации.

5. Систематизация отобранных информационных материалов по основным направлениям тематики дипломного проектирования или составным элементам объекта проектирования.

6. Изучение и анализ отобранной и систематизированной информации.

7. Синтез новой информации.

8. Обобщение и выводы.

В табл. 1.15 приведены цели и задачи, а также некоторые другие элементы патентного поиска на конкретных стадиях НИР или опытно-конструкторских работ (ОКР). Анализ таблицы позволяет сделать следующие выводы: патентные исследования на каждой стадии НИР или ОКР должны увязываться с задачами разработчиков и



обеспечивать создание разработок, превосходящих лучшие отечественные и мировые достижения; объем исследуемой документации на каждой стадии НИР и ОКР зависит от количества рубрик поиска, специфики используемых документов; методы анализа информации соответствуют целям и задачам проведения патентного поиска по ведущим странам.

Таблица 1.15  
Типовая схема проведения патентного поиска

Стадии НИР или ОКР	Задачи	Цель и содержание	Глубина поиска, лет	Источники информации*
Планирование по заказам потребителей	Определение темы НИР, ОКР	Обоснование целесообразности включения темы в план и рекомендации по приобретению лицензий	10	Все, кроме 12
Техническое задание	Формулировка цели разработки объекта и его технико-экономических показателей	Определение тенденций развития промышленно освоенной продукции, уровня выполненных разработок и техники в перспективе	15–20	Все, кроме 12
Техническое предложение (ГОСТ 2.118–73)	Формирование идей, выработка решений и предэскизная проработка различных вариантов решений	Обоснование выбора оптимальных по техническому уровню структур объекта, патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности, вариантов решения	15–20	Все
Эскизный и технические проекты (ГОСТ 2.120–73)	Конструктивная разработка структурной схемы устройства и основных узлов	Определение патентоспособности и других показателей, характеризующих объект в сравнении с промышленно освоенной продукцией и перспективой	50	Все, кроме 2, 6, 1, 9

Разработка рабочей документации, изготовление и испытание опытного образца	Корректировка решений по результатам испытаний опытного образца. Оформление документации, в том числе патентной (патентный формуляр, справка об исследовании заявляемого объекта и др.)	Окончательное определение тех же показателей, что и на предыдущих стадиях; оформление заявок на предполагаемые изобретения, определение возможностей продажи лицензий	20	1, 2, 3, 5, 11, 12
--	---	---	----	--------------------

\* Виды источников информации: 1) бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки»; 2) сборник «Внедренные изобретения»; 3) бюллетень «Изобретения за рубежом»; 4) реферативные журналы ВИНТИ; 5) описания изобретений; 6) рекламные материалы; 7) издания иностранных фирм; 8) отчеты о НИР и ОКР; 9) отчеты о зарубежных командировках; 10) отраслевая информация; 11) перечень действующих в странах патентов; 12) патентные формуляры и карты технического уровня; 13) Интернет.

Как правило, дипломный проект выполняется на уровне эскизного и технического, цели и содержание которого определяются ГОСТ 2.119–73.

Таким образом, патентные исследования представляют собой комплекс исследований, выполняемых студентом на различных стадиях дипломного проектирования путем сопоставления определенных признаков или показателей разрабатываемого объекта с показателями аналогичных по назначению объектов, содержащимися в патентных и других источниках информации.

В задании на дипломное проектирование указывается вид патентных исследований, которые должен выполнить проектант, и страны или фирмы, по патентной или технической документации которых будет исследоваться объект проектирования. Такого рода указания могут содержать следующие требования: составить карту технического уровня объекта проектирования; исследовать новизну объекта проектирования и составить описание предполагаемого изобретения.

Дипломник должен включить в состав проекта следующую документацию: задание на проектирование с указанием вида или видов патентных исследований и справку-отчет о патентном поиске. Последняя должна содержать:

1) перечень материалов, по которым проведен поиск, с указанием отобранной информации, непосредственно относящейся к проектируемому объекту и его элементам;

2) аннотации или рефераты о наиболее существенных технических решениях, изобретениях, отобранных в процессе поиска и подлежащих анализу;

3) выводы и предложения по выполненному патентному поиску.

Для контроля достоверности выполнения задания целесообразно использовать унифицированные формы отчета. Например, для составления перечня материалов могут быть использованы следующие таблицы (табл. 1.16 и 1.17).

Таблица 1.16

### Патентные документы

Страна патентования	Класс, подкласс, группа, подгруппа	Изобретение	Организация (фирма)	Автор изобретения	Номер охранного документа и дата его выдачи

Таблица 1.17

### Научно-техническая литература

Номер	Источник информации	Авторы	Год и место издания (для отчетов) о НИР или ОКР – дата утверждения

Формы экспертных заключений зависят от вида исследований, но в первом их разделе всегда приводятся характеристики объекта и перечень использованных технических решений. В следующем разделе даются характеристики аналогичных по назначению объектов, описанных в патентной документации или иных источниках научно-технической информации. Наиболее важной частью заключения должен быть раздел, в котором производится сопоставительный анализ объекта разработки и эталонов, выбранных для сравнения.

В целях установления единых требований к организации, проведению и оформлению результатов исследований по патентной

и конъюнктурно-экономической информации разработан и с 1 октября 1999 года введен в действие Государственный стандарт Республики Беларусь «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» (СТБ 1180–99), который стал обязательным для всех субъектов хозяйствования и высших учебных заведений.

В соответствии со стандартом *патентные исследования – это исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности на основе патентной и другой информации.*

Патентные исследования проводят:

- при разработке научно-технических прогнозов;
- разработке планов развития науки и техники;
- создании объектов техники;
- освоении и производстве продукции;
- определении целесообразности экспорта промышленной продукции и экспонировании ее образцов на международных выставках и ярмарках;
- продаже и приобретении лицензий;
- при решении вопроса о патентовании созданных объектов промышленной собственности и в других целях.

Процесс патентных исследований может включать:

- исследование технического уровня объектов техники, выявление тенденций и направлений их развития;
- исследование состояния рынков конкретной продукции, сложившейся патентной ситуации, выявление требований потребителей к товарам и услугам;
- исследование направлений научно-исследовательской и производственной деятельности предприятий и фирм, которые действуют или могут действовать на определенном рынке продукции;
- технико-экономический анализ и обоснование выбора технических, художественно-конструкторских решений, отвечающих требованиям создания новых объектов техники;
- выявление новых технических, художественно-конструкторских решений, определение их патентоспособности и обоснование целесообразности правовой охраны, выбор стран патентования;
- исследование патентной чистоты объектов техники;

- обоснование целесообразности и форм проведения за рубежом коммерческих мероприятий по реализации объектов техники, закупке и продаже лицензий, оборудования, комплектующих изделий и т. д.;
- проведение других работ, отвечающих интересам участников гражданского оборота.

Взаимосвязь патентных исследований с основными видами деятельности предприятий и организаций приведена на рис. 1.114.

Одной из важнейших частей патентного исследования является поиск патентной информации. Он включает процессы отбора соответствующих заданию документов или сведений из массива патентных документов и осуществляется преимущественно в фондах патентной документации для установления уровня технического решения, границ прав патентообладателя и условий реализации этих прав.

Цели патентного поиска определяются задачами использования патентной информации на конкретной стадии создания, освоения и реализации новой техники или продукции. При планировании тематики патентный поиск проводится для того, чтобы выяснить, решалась ли поставленная техническая задача ранее, какие решения защищены патентами, какие фирмы работают в данной области техники, каковы перспективы разработки темы. Поиск проводится так-же с целью технико-экономического анализа изобретений при прогнозировании тенденций развития техники.

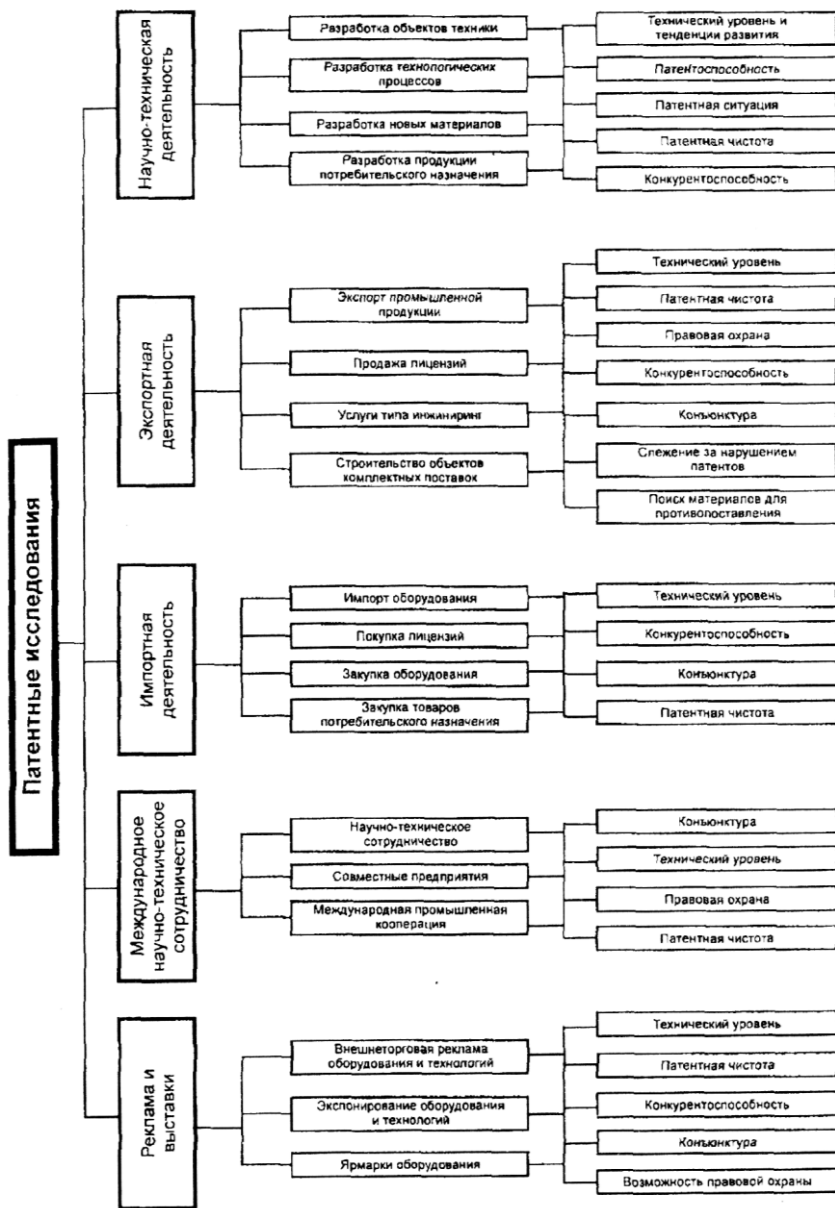


Рис. 1.114. Взаимосвязь патентных исследований с основными видами деятельности предприятий и организаций

На стадии создания техники, включающей проведение научных исследований и разработку конструкторско-технологической документации, основными целями патентного поиска являются выявление имеющихся технических решений в данной области, определение уровня этих решений и отбор перспективных в научно-техническом отношении изобретений, определение патентоспособности создаваемых технических решений.

На стадии освоения и реализации новой техники поиск и изучение патентной информации необходимы для контроля за изменением уровня техники, определения патентной частоты выпускаемой продукции, принятия своевременных мер по использованию новейших изобретений или по их обходу в случае, если они защищены патентами.

Работы по проведению патентных исследований проводят в следующей последовательности:

- 1) разработка задания на проведение патентного исследования;
- 2) разработка регламента поиска;
- 3) поиск и отбор патентной и другой научно-технической информации, в том числе конъюнктурно-экономической;
- 4) систематизация и анализ отобранной информации;
- 5) обобщение результатов и составление отчета о патентном исследовании.

### ***1.3.6. Составление карты технического уровня***

Для оценки технического уровня разрабатываемого в дипломном проекте изделия или его узла необходимо сопоставить показатели создаваемой конструкции с показателями отечественных и зарубежных образцов, а также возможной при данном уровне научно-технических достижений конструкции, представление о которой можно составить на основе анализа патентных источников и результатов НИР прогностического характера.

Сопоставление конструкций машин производится на основе показателей, рекомендованных ГОСТ 22851–77 и ГОСТ 4.40–84, которые подразделяются на показатели назначения, надежности, технологические, эргономические, эстетические, стандартизации и унификации, патентно-правовые, экономические и конструктивные.

Технический уровень изделия или узла оценивается разностью показателей проектируемой конструкции и модели, построенной на основании данных перспективного технического уровня. Под *техническим уровнем* техники понимается наивысшая ступень ее развития, характеризующая совокупностью наиболее прогрессивных технических решений, реализация которых могла бы придать такой технике наилучшие свойства. Прогрессивные технические решения отражают закономерности развития техники, включают применение новых материалов, унификацию, типизацию и стандартизацию элементов, автоматизацию и т. д. *Фактический технический* уровень объекта – достигнутая ступень его развития, характеризующая наиболее прогрессивными техническими решениями, реализованными в отечественных и зарубежных образцах.

В качестве примера по определению фактического технического уровня рассмотрим основные показатели изделий ГЭТ производства «Белкоммунмаш» в сравнении с зарубежными (см. табл. 1.8–1.12). Из таблиц следует, что функциональные качества семейства изделий ГЭТ удовлетворяют требованиям к городскому электрическому транспорту и по заложенным технико-экономическим параметрам в основном соответствуют уровню троллейбусо- и трамваестроения. Отметим, что троллейбусы и трамваи производства Беларуси не уступают аналогам ни в странах СНГ, ни за рубежом, а следовательно определяют перспективный технический уровень городского электрического транспорта, не уступающий мировому уровню развития ГЭТ.

Работа по определению перспективного технического уровня электротранспорта или его узлов сводится к выявлению новых технических решений, способствующих улучшению свойств разрабатываемой техники. Такая работа включает следующие этапы: поиск соответствующей патентной документации; условную (мысленную) реализацию найденных решений в технике, фактический уровень которой уже определен; сопоставление свойств полученного таким путем проектируемого образца с перспективным техническим уровнем развития и его краткое описание с указанием возможных эксплуатационных качеств.



Пример оформления карты технического уровня приведен в табл. 2.1 раздела 2 «Технико-экономическое обоснование тем проектирования».

### ***1.3.7. Выбор и обоснование проектируемого объекта***

На основании литературного и патентного поисков дипломник определяет ряд аналогов проектируемой машины или узла. Следующей задачей является выбор из их числа схемы или конструкции, наиболее полно удовлетворяющей предъявляемым требованиям. Выбор производится на основе рассмотрения существенных и дополнительных признаков, характеризующих тот или иной объект. Если существенные признаки у всех аналогов близки или одинаковы, отбор ведут по дополнительным признакам. Затем выполняется эскизная проработка объекта и дается краткое описание его устройства и регулировок. Чем меньше регулировок и операций технического обслуживания требуется для конструкции, тем она совершеннее. Описание должно включать кинематическую схему, схему получения передач и т. д. В записке приводятся основные технико-экономические показатели узла или машины, дается карта технического уровня. К основным технико-экономическим показателям можно отнести:

а) для машин – область применения, массогеометрическую характеристику, результаты тягово-экономического расчета, параметры трансмиссии, движителя и т. д.;

б) для станда – назначение, массогеометрические и мощностные показатели, характеристики измерительной аппаратуры и т. д.;

в) для узла – массогеометрические, силовые, мощностные и другие показатели, характеризующие разрабатываемую конструкцию.

Для всех проектируемых объектов должны быть определены показатели уровня унификации по количеству унифицированных деталей и уровня автоматизации (приблизительно его можно оценить отношением числа автоматизированных процессов управления объектом к общему их количеству). Кроме того, дается оценка технологичности изготовления, сборки и разборки, а также приспособленности к диагностированию и техническому обслуживанию.

После проведения необходимых прочностных расчетов и доработки конструкции дается оценка ее надежности.

Раздел должен заканчиваться краткими выводами, отражающими объем выполненной работы, степень новизны и существенные положительные качества, отличающие разработанную конструкцию от существующих, с оформлением заявки на получение патента в соответствии с прилагаемым аналогом.

### *1.3.8. Основные положения дипломного проектирования*

В процессе дипломного проектирования студент выполняет проектно-конструкторские работы в соответствии с технико-экономическими требованиями вуза и производства.

При проектировании машин и технологических комплексов студенту, изучающему курс «Экономика и организация производства», необходимо знать методику определения основных технико-экономических показателей проектируемой машины. Поэтому в данной главе дается методика технико-экономических решений для машин рассматриваемой номенклатуры.

Чертежи и расчеты нужно выполнять параллельно: попеременно расчеты опережают конструирование или выполняются вслед за разработкой конструкции.

Поскольку одна из задач проектирования – применение методических навыков реального проектирования, необходимо отказаться от разработки обособленных узлов и выполнять проект в такой последовательности: машина – изделие индивидуального производства; группа узлов машины, куда входит элемент проекта, самостоятельно разрабатываемый проектантом; узел, входящий в группу, включающий элемент самостоятельной разработки; деталь этого узла.

В ряде проектов металлоконструкция представляет собой рамную часть машины, показательную для изучения методики проектирования. Следует параллельно выполнять две работы:

- 1) разработка металлоконструкции;
- 2) разработка трансмиссии, или управления, или рабочего оборудования на базовой машине.

Студент знакомится с необходимыми литературными источниками, тщательно прорабатывая разделы, непосредственно связанные с вопросами проектирования по заданной узкой теме. Здесь могут использоваться заводские материалы: чертежи, записки.

Студент должен выбрать тип или конкретный прототип машины и продумать, что нового он должен внести в конструкцию машины; выполнить от руки эскизы, схемы, произвести отдельные расчеты и технико-экономические сравнения возможных вариантов.

Затем студент может приступить к выполнению чертежа общего вида машины и общим принципиальным расчетам – к сведению всех предыдущих эскизов и расчетных набросков в единое целое. Вычертить эскиз проекта машины в составе одного листа общего вида или принципиальной схемы (кинематической, управления, технологии работы гидропривода и т. д.) он должен в том случае, если эта схема является элементом самостоятельной разработки по заданию.

Как правило, чертеж общего вида и расчеты к нему завершаются и оформляются после уточнения и внесения в них итогов расчетно-графических работ, которые проводятся над отдельными группами, узлами.

Укажем рекомендации, конкретизирующие требования к выполнению конструкторской документации учебных проектов.

Общий вид машины или узла должен представлять собой компоновочный чертеж, выполненный строго в масштабе в двух-трех проекциях без вырисовывания мелких деталей, т. е. общий вид машины или узла в курсовом проекте – это чертеж эскизного проекта (графически в какой-то мере подобен габаритному чертежу). Однако, поскольку он в учебном проектировании используется для дальнейшей разработки и взаимной увязки чертежей технического проекта групп и рабочей документации узлов, в нем должна быть отражена и технологическая цель: он должен служить как сборочный для всего изделия (машины).

На чертеже общего вида ставятся габаритные, установочные размеры, определяющие взаимное расположение частей машины; показывающие рабочие и транспортные положения оборудования, ходовых частей, т. е. размеры, необходимые для сборки машины в целом и технико-эксплуатационной ее характеристики.

На чертеже общего вида машины или узла могут указываться техническая характеристика; кинематическая, гидравлическая и другие схемы машины или ее частей – чертежа. Заголовок «Техническая характеристика» пишут и подчеркивают, нумерацию пунктов дают арабскими цифрами. В характеристике целесообразно указывать основные технико-эксплуатационные показатели без повторения габаритных и иных размеров и массы машины – показателей, содержащихся на чертеже, в основной надписи. Схемы выполняются без масштаба, к ним даются краткие таблицы или надписи.

В процессе разработки общего вида машины или узла ориентировочно составляют технологический перечень комплектации изделия и намечают индексацию его частей. Это определит степень под-робности выполнения чертежа общего вида и количество позиций, предусматриваемых в перечне составных частей. В последнем даются сборочные единицы и детали, которые в процессе изготовления машины намечаются к сборке, отраженной чертежом на данной стадии проектирования. Как правило, это не отдельные сборочные единицы (узлы), а их совокупности, имеющие общие функциональные назначения и совместно устанавливаемые в машине, например, транс-миссия, опорная тележка, система подпрессоривания, установка двигателя, кабина, система гидроуправления и т. д.

На чертеже общего вида нужно дать изображение узлов, деталей, входящих в группу, как правило, без разрезов и пунктирных изображений; размеры, определяющие их взаимное расположение; при необходимости – линии построения контура важнейших положений движущихся или устанавливаемых частей.

Схемы, графики вычерчивать не следует, кроме тех, которые необходимы для установления порядка сборки и взаимного расположения частей (узлов) при сборке в цехе с соблюдением габаритных и установочных размеров.

Перечень составных чертежей (на отдельном листе) содержит сборочные единицы с добавлением соединительных деталей, входящих непосредственно в группу.

Чертежи узла (сборочной единицы) выполняются в возможно более крупном масштабе как рабочие конструктивные сборочные чертежи узла, входящего в группу; со всеми разрезами, с

подробным вычерчиванием всех деталей в узле по стандарту, с дополнительными проекциями, сечениями, выносными элементами – для выявления формы, взаимного расположения частей, деталей и возможности указания позиций в спецификации. Это чертежи для сборки узла, а также выполнения деталировки.

На чертежах проставляются размеры габаритные, между осями основных деталей и крепежных болтов, мест посадки деталей на валы и оси с указанием обозначений посадки по стандарту.

Спецификация поддетальная. Ее следует составлять в полном объеме по форме согласно стандарту. Для уменьшения времени, затрачиваемого студентом на оформление, допускается укрупнение спецификации объединением мелких узлов в более крупные, а деталей – в узлы по технологическому принципу изготовления изделия.

При разработке металлоконструкции целесообразно выполнить рабочий чертеж (сборочный чертеж) сварной конструкции отдельной рамы, балки плоской (пространственной) формы. Он не дублирует чертеж общего вида металлоконструкции машины в сборе.

В процессе разработки узловых чертежей проводятся необходимые уточняющие и проверочные расчеты нагруженных частей и деталей узла.

При необходимости проектант возвращается к чертежам общих видов группы и машины и вносит в них коррективы. Затем окончательно оформляются все листы проекта и вносятся коррективы в пояснительную записку.

### ***1.3.9. Содержание типовой пояснительной записки и расчетов***

В записке кроме назначения машины целесообразно указать, в какой комплекс средств механизации данная машина входит; что нового в нее вводится проектантом; следует также определить (проверить) мощность двигателя, основные параметры рабочего оборудования и машины в целом; производительность машины, стоимость единицы продукции и другие необходимые технико-экономические показатели; дать описание запроектированной

конструкции и краткую техническую характеристику; основные соображения по эксплуатации машины, уходу за ней и технике безопасности (охране труда).

Общие расчеты включают составление расчетных схем машины и определение действующих усилий; тяговый расчет или принципиальный силовой расчет машины в работе и при транспортировке (статической и динамической); разработку принципиальных схем для основных расчетов системы управления и др.

Прочностные расчеты содержат расчеты металлоконструкции проектируемой группы, конструируемого узла валов, шестеренок, подшипников. Следует установить место проектируемой машины (изделия) в производственном процессе механизации технологических процессов; знать, для каких целей и в комплекте каких средств механизации применяется машина (изделие); определить назначение, режим работы группы, узла, разрабатываемых в объеме рабочих чертежей. На начальной стадии проектирования нужно ориентировочно определить технико-экономические показатели проектируемого изделия, чтобы уточнить их в ходе выполнения рабочего проекта. Полнота технико-экономических расчетов зависит от места курсового проекта в учебном плане (календарно). Так, для первого из проектов могут быть определены энергоемкость, металлоемкость и в отдельных случаях – единицы техпроцесса или транспортирования груза, а для последнего дается более полный технико-экономический расчет.

Как правило, за основу берут следующие показатели экономической целесообразности проектирования: затраты на создание объекта (первоначальные) и его эксплуатацию в единицу времени; трудовые и материальные затраты при выполнении работ посредством проектируемой машины; технологическую себестоимость единицы продукции, вырабатываемой данной машиной, приведенную стоимость единицы продукции; экономический эффект использования машины; энергоемкость ее рабочего процесса.

## 2. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 2.1. Порядок технико-экономических расчетов

При учебном проектировании общий ход технико-экономических расчетов может быть единым для курсового и дипломного проектов. Но для курсового проектирования почти все основные требования и исходные данные задаются руководителем, а для дипломного многие из них составляются и рассчитываются проектантом.

Примерная схема разработки технико-экономических показателей в курсовом проекте следующая:

– руководитель проектирования задает студенту обоснование выбора объекта проектирования, условий эксплуатации машины (установки);

– проектант систематизирует требования к машине как объекту эксплуатации и производства, выполняет основные силовые и кинематические расчеты, определяет основные технико-экономические показатели.

Эффективность мероприятия, связанного с совершенствованием общественного производства, оценивается соизмерением затрат, требуемых на проведение этого мероприятия, с экономией, которая будет получена за определенный срок.

При подсчете экономической эффективности замены существующей машины на новую, проектируемую, срок окупаемости ( $T$ ) дополнительных затрат может быть определен по формуле

$$T = \frac{K_n - K_c}{C_c - C_n \Pi_r}, \text{ лет,}$$

где  $K_n$  и  $K_c$  – стоимость новой и старой машин, руб.;

$C_n$  и  $C_c$  – себестоимость единицы продукции, руб.;

$\Pi_r$  – производительность новой машины в год.

Срок окупаемости  $T$  должен быть не больше нормативного срока окупаемости, установленного для транспортных перевозок и производства сельскохозяйственных работ.

Стоимость единицы продукции  $C_{ед}$  (руб.) определяется как отношение суммарных сменных затрат  $C_{см}$  (руб./смен) при работе рассматриваемой машины к сменной производительности  $\Pi_{см}$  (ед. прод./смен), т. е.

$$C_{ед} = \frac{C_{см}}{\Pi_{см}}, \text{ руб./ед. прод.}$$

Но сравнительную оценку машин нужно производить по удельной величине приведенных затрат:

$$C_{прив} = C_{ед} + K_{уд} E_{норм},$$

где  $K_{уд}$  – удельная стоимость (стоимость машины, отнесенная к годовой производительности, т. е.  $K/\Pi_{г}$ );

$E_{норм}$  – нормативный коэффициент эффективности затрат на приобретение машины.

Существенным показателем совершенства машины является ее удельная энергоемкость ( $\Theta$ ). Энергоемкость процесса ( $\Theta_{п}$ ) работы машины зависит от объема перевозки пассажиров, способа их перевозки определенным видом транспорта и выражается отношением энергии  $A_{п}$  (кгс-м), затраченной на рабочий процесс, к объему выполненных работ  $V$  (количество пассажиров).

Расчетная удельная энергоемкость машин может быть подсчитана по формулам:

$$\Theta = \frac{m}{\eta_{\Sigma}} \cdot \frac{48 \cdot N}{\Pi_{ч}} = \frac{m}{\eta_{\Sigma}} \cdot \frac{310 \cdot N}{\Pi_{см}}, \text{ л.с./ед. прод.},$$

или

$$\Theta = \frac{m}{\eta_{\Sigma}} \cdot \frac{35,3 \cdot N}{\Pi_{ч}} = \frac{m}{\eta_{\Sigma}} \cdot \frac{230 \cdot N}{\Pi_{см}}, \text{ кВт/ед. прод.},$$



где  $m$  – коэффициент, учитывающий запас установленной мощности (по отношению к расчетной), предназначенной для преодоления динамических, случайных, транспортных и других нагрузок;

$\Pi_{\text{ч}}$  – теоретическая часовая производительность;

$\Pi_{\text{см}}$  – теоретическая сменная производительность, принятая с учетом восьми часов работы и сменного коэффициента использования машины, равного 0,8;

$N$  – расчетная мощность, необходимая для выполнения работы машиной;

$\eta_{\Sigma}$  – суммарный коэффициент полезного действия машины и ее процесса работы.

При пересчете на годовую производительность нужно учитывать:

$K_{\text{г}}$  – годовой коэффициент использования машин, равный 0,7;

$\Pi_{\text{с}}$  – количество рабочих смен в году.

Численные коэффициенты определены расчетом отношения работы, затраченной в секунду, к соответствующему объему выполненных работ:

$$\frac{A \text{ [гс} \cdot \text{м/с]}}{V \text{ [д. прод/с]}}$$

$$\frac{3600 A \text{ [гс} \cdot \text{м/с]}}{3600 V \text{ [д. прод/с]}} = \frac{3600}{75} \cdot \frac{N_{\text{л.с}}}{\Pi_{\text{ч}}}$$

то же в часах

$$E_{\text{норм}} = 1/T_{\text{норм}} = 0,12 = \frac{3600}{102} \cdot \frac{N_{\text{кВт}}}{\Pi_{\text{ч}}}$$

Чем больше отношение  $m/\eta_{\Sigma}$ , тем больше  $\mathcal{E}$  и тем менее совершенна рассматриваемая машина. Если не представляется возможным получить расчетные  $N$  и  $\eta_{\Sigma}$ , то можно сравнивать машины по установленной мощности  $N_{\text{уст}}$  двигателей:

$$\mathcal{E}_{уст} = \frac{48N_{уст}}{П_ч} = \frac{35,3N_{уст}}{П_ч}, \text{ л.с.}$$

Для транспортной машины удельную энергоемкость единицы можно определить как частное от деления установленной мощности к сменной производительности машины:

$$\mathcal{E}_{уст} = \frac{N_{уст}}{П_{см}}.$$

Важным показателем является металлоемкость машины, т. е.

$$M_{уд} = \frac{G_{сум}}{ТП_Г},$$

где  $G_{сум}$  – масса металла в машине, кг.

При определении затрат на создание машины удобно пользоваться данными по стоимости ее конкретных типоразмеров и с некоторым приближением считать стоимость проектируемой машины равной стоимости существующей машины подобного типоразмера. Величину затрат на эксплуатацию последней и выполнение ею работ следует принимать по стоимости машино-смен аналогичного оборудования.

## **2.2. Техничко-экономическое обоснование разработки темы дипломного проекта**

Тема дипломного проекта как правило, представляет собой разработку нового конструктивного решения средства городского транспорта или научно-исследовательской работы по актуальному направлению современного развития науки и техники. Далее машину, троллейбус, трамвай или другой объект разработки именуем изделием.

Разработка проекта изделия производственно-технического назначения должна выполняться в соответствии с требованиями современных НТД.

Под разработкой нового изделия следует понимать конструкцию, имеющую ряд преимуществ перед существующей базовой в отношении долговечности, надежности, массы, стоимости и других показателей.

Исполнитель дипломного проекта вкладывает в него знания конструкторской, теоретической и практической подготовки, научную эрудицию и информацию, способность творчески подходить к решению поставленной задачи.

Разрабатываемый проект должен удовлетворять требованиям к дипломному проекту, отвечать требованиям безопасности, охраны окружающей среды, электромагнитной совместимости, предусмотренных нормативными и законодательными актами Республики Беларусь.

Основным исходным документом для разработки проекта является задание по дипломному проектированию, содержащее технико-экономические требования к проектируемому объекту, определяющие его свойства и эффективность применения.

Задача студента состоит в создании проектируемого объекта, отвечающего потребностям народного хозяйства, дающего наибольший экономический эффект и обладающего наиболее высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями и конкурентно-способностью.

Главными показателями являются высокая производительность, экономичность, прочность, надежность, малая масса и металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ, расходы на оплату труда водителей, высокий технический ресурс и степень автоматизации, простота и безопасность обслуживания, удобство управления, сборки и разборки и комфортности для пассажиров.

В конструкции машин должны быть соблюдены требования эстетики. Машины должны иметь красивый внешний вид, изящную, строгую отделку.

Значимость каждого из перечисленных факторов зависит от функционального назначения машины.

Проектируя машину, студент должен добиваться максимального увеличения ее рентабельности и повышения экономического эффекта за весь период работы. Экономический эффект зависит от

об-ширного комплекса технологических, организационно-производственных и эксплуатационных факторов.

Большинство способов повышения экономичности непосредственно связано с конструированием и зависит от деятельности студента на всех этапах разработки проекта.

Экономический фактор играет первостепенную роль в конструировании. Основная цель конструирования – **увеличение экономического эффекта машин.**

Многие специалисты считают, что экономически конструировать – значит уменьшать стоимость изготовления машины, избегать сложных и дорогих решений, применять дешевые материалы и наиболее простые способы обработки. Но это только небольшая часть задачи. Главное значение имеет то, что экономический эффект определяется полезной отдачей машины и суммой эксплуатационных расходов за весь период ее работы.

Стоимость машины является только одной, не всегда главной, а иногда и очень незначительной составляющей этой суммы.

Экономически направленное конструирование должно учитывать весь комплекс факторов, определяющих экономичность машины, и правильно оценивать относительное значение этих факторов. Это правило часто не соблюдают. Стремясь к удешевлению продукции, конструктор нередко добивается экономии в одном направлении и не замечает других, гораздо более эффективных путей повышения экономичности. Более того, частная экономия, осуществляемая без учета совокупности всех факторов, нередко ведет к снижению суммарной экономичности машин.

Главными факторами, определяющими экономичность машины, являются ее полезная отдача, надежность, расходы на оплату труда водителей, потребление энергии и стоимость ремонтов.

1. Для достижения приведенных технико-экономических показателей в задании на дипломное проектирование (техническом задании) должны быть обоснованы разделы:

- Наименование изделия и область применения (использования);
- Основание и актуальность разработки;
- Цель и назначение разработки;
- Технические (тактико-технические) требования;
- Экономические показатели;
- Стадии и этапы разработки и защиты проекта.

2. В разделе «Наименование изделия и область применения (использования)» указывается индекс проекта из начальных букв, определяющих основное содержание проекта, например ДП – дипломный проект с добавлением индекса разрабатываемого изделия, обозначаемого последними тремя цифрами учебной группы, и порядкового номера зачетной книжки студента. Приводится характеристика области применения, использования, эксплуатации изделия с перспективами экспорта.

3. В разделе «Основание и актуальность разработки» указываются наименование задания на проектирование, его утверждение и дата, а также принадлежность по направлению деятельности промышленных предприятий, перспективность и новизна разработки.

4. В разделе «Цель и назначение разработки» указываются цель (разрабатывается впервые или взамен какой продукции), назначение разработки (создание базового образца, модификации, проведение модернизации и т. д.) и задачи, решаемые при разработке. Указываются документы, используемые при разработке (зарубежные и отечественные аналоги и достижения, патенты, изобретения, НИР и образцы).

5. В разделе «Технические (тактико-технические) требования» указывают требования и нормы, определяющие показатели качества, условия производства и эксплуатации (потребления) продукции.

Раздел состоит из подразделов, отражающих соответствующие требования, предъявляемые к конструкции изделия:

- состав изделия и требования к устройству (содержанию);
- показатели назначения и технического совершенствования;
- требования надежности;
- эстетические и эргономические требования;
- требования к составным частям изделия, исходным и эксплуатационным материалам;
- условия эксплуатации (использования);
- требования безопасности, охраны здоровья и природы;
- требования к патентной чистоте;
- требования технологичности и метрологического обеспечения;
- требования унификации и стандартизации;
- требования к маркировке и упаковке;
- требования к транспортированию и хранению;

– дополнительные требования.

Значения показателей качества изделия указывают, как правило, с предельными или максимальными (минимальными) значениями.

5.1. В подразделе «Состав продукции и требования к устройству (содержанию)» в общем случае указывают:

– наименование, количество и назначение основных составных частей изделия;

– конструктивные требования к изделию и составным частям (габаритные, установочные, присоединительные размеры, способы крепления, регулировка органов управления, соответствие образцам-эталонам, виды покрытий и т. п.);

– требования монтажной пригодности к конструкции изделия (поставка в собранном виде, не требующая разборки и ревизии при монтаже максимально укрупненными транспортабельными блоками и т. п.);

– размеры партий, наличие расфасовки, массу продукции и, при необходимости, ограничение массы отдельных составных частей продукции, удельную материалоемкость;

– требования к средствам защиты от влаги, вибрации, шума, вредных испарений, коррозии, микроорганизмов и др.;

– требования к взаимозаменяемости в конструкции изделия и его составным частям;

– устойчивость к моющим средствам, топливу, маслам и др.;

– требования к помехозащищенности и исключение помех, влияющих на другие изделия;

– требования к виду (единичный, групповой и др.) и составу запасных частей, инструмента и принадлежностей.

5.2. В подразделе «Показатели назначения и технического совершенствования изделия» указывают основные технические параметры изделия, определяющие его целевое использование и применение, а также свойства, отражающие его техническое совершенство по уровню или степени потребляемого сырья, материалов, топлива и энергии при эксплуатации или потреблении, например мощность, производительность, чувствительность, удельный расход сырья (материалов), топлива, энергии (энергонапитателя), коэффициент полезного действия.

5.3. В подразделе «Требования надежности» в общем случае указывают требования долговечности, безотказности, сохраняемости и ремонтпригодности.

5.4. В подразделе «Эстетические и эргономические требования» в общем случае указывают требования технической эстетики, а также эргономические требования (удобство обслуживания, комфортабельность, усилия, требуемые для управления и обслуживания и т. п.).

5.5. В подразделе «Требования к составным частям изделия и эксплуатационным материалам» в общем случае указывают требования к составным частям конструкции изделия, жидкостям, смазкам, краскам и другим материалам, намечаемым для применения в составе конструкции изделия, а также при его изготовлении и эксплуатации.

5.6. В подразделе «Условия эксплуатации (использования)» в зависимости от вида и назначения продукции в общем случае указывают:

- условия эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование изделия с заданными техническими показателями;
- допустимое воздействие климатических условий (температуры, влажности, атмосферного давления, солнечной радиации, агрессивных сред, пыли и т. д.);
- допустимое воздействие механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветрогонных и др.);
- время подготовки машины к использованию после транспортирования и хранения;
- вид обслуживания (постоянное или периодическое) или допустимость работы без обслуживания;
- периодичность и ориентировочную трудоемкость технического обслуживания и ремонта;
- необходимое количество и квалификацию персонала;
- параметры изделия, с которыми должна взаимодействовать разрабатываемая машина, а также требования к обеспечению использования этого изделия в случае возникновения отказов разрабатываемой машины.

5.7. В подразделе «Требования безопасности, охраны здоровья и природы» указывают требования к обеспечению безопасности при производстве, монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте (от

воздействия электрического тока, теплового воздействия, высокочастотных полей, ядовитых и взрывчатых паров, пыли и газов, акустических шумов и т. п.), допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок в соответствии с системой стандартов по безопасности труда и другими действующими стандартами, санитарными нормами и т. п.

В этом же подразделе в общем случае указывают требования по обеспечению охраны здоровья и природы при производстве, эксплуатации (использовании), транспортировании, хранении, утилизации изделия (показатели вредных воздействий; меры и средства защиты природной среды от вредных воздействий; требования к рациональному использованию ресурсов природной среды – воздуха, воды, почвы, недр, растительного и животного мира; контроль выбросов загрязненных веществ в природную среду).

5.8. В подразделе «Требования к патентной чистоте» указывают страны, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота изделия.

Указание о патентной чистоте в отношении стран СНГ является обязательным. Оформляется карта технического уровня (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Карта технического уровня  
новых видов промышленной продукции (наименование проекта)

№ п/п	Технико-экономические показатели	Единица измерения	Значение показателей на начало планируемого периода			Оценка конструктивных и эксплуатационных показателей	Патентная чистота	Источники информации
			планируемого образца	лучшего отечественного аналога	лучших зарубежных аналогов			
	А	Б	1	2	3   4   5	6	7	8

Руководитель

Исполнитель



5.9. В подразделе «Требования технологичности и метрологического обеспечения» в общем случае приводят требования к производственной, монтажной и эксплуатационной технологичности, определяющие возможность достижения заданных показателей качества изделия в условиях его изготовления, монтажа, технического обслуживания и ремонта при минимальных затратах времени, средств и т. д. на выполнение работ и высокой производительности труда.

При необходимости в этом подразделе указывают также основные контролируемые параметры, исходные требования к методам и средствам измерений, квалификацию персонала и другие условия контроля и испытания изделия.

5.10. В подразделе «Требования унификации и стандартизации» в общем случае приводят требования к использованию стандартных, унифицированных и заимствованных сборочных единиц и деталей при разработке изделия, а также показатели уровня унификации и стандартизации.

5.11. В подразделе «Требования к маркировке и упаковке» в общем случае указывают:

- требования к маркировке, наносимой на изделие и тару, в которую оно упаковано (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки);

- возможные варианты консервации и упаковки в зависимости от условий транспортирования и хранения;

- требования к консервации и упаковке, в том числе требования к таре, материалам, применяемым при упаковывании, а также способ упаковывания;

- количество или массу изделия, упаковываемого в одно транспортное место.

5.12. В подразделе «Требования к транспортированию и хранению» в общем случае указывают условия транспортирования и виды транспортных средств (авиасредства, крытые или открытые вагоны, платформы вагоны-ледники, трюмы или палубы судов, закрытые отапливаемые автомашины и др.), необходимость и способы крепления при транспортировании, расстояния транспортирования, скорости передвижения.

5.13. В подразделе «Дополнительные требования» в общем случае указывают требования к учебной продукции, тренажерам, стендам, сервисной аппаратуре и экспорту.

В разделе «Экономические показатели изделия» указывают ориентировочную эффективность, лимитную конкурентоспособную цену, предполагаемую годовую потребность, а также экономические, социальные или иные преимущества разрабатываемого изделия по сравнению с аналогичными образцами с выполнением расчетов основных экономических показателей.

В разделе «Стадии и этапы разработки» устанавливают необходимые стадии разработки и этапы работ и, при необходимости, сроки их выполнения.

Поэтапные сроки, указываемые в техническом задании, являются ориентировочными. Основными сроками выполнения работ считают сроки, установленные в задании на дипломное проектирование.

В этом же разделе указывают предприятие-изготовитель разрабатываемой продукции и соисполнителей разработки (при наличии).

При необходимости проведения экспертизы документации указывают перечень документов, представляемых на экспертизу, стадии, на которых она проводится, и место проведения.

В разделе также устанавливают необходимость разработки стандарта (пересмотра действующих стандартов или внесения в них изменений) или подготовки предложений по разработке стандартов (пересмотру действующих стандартов или внесению в них изменений) на создаваемую (модернизированную) продукцию.

В разделе указывают необходимость проведения патентных исследований и стадий, на которых они проводятся.

При выполнении дипломного проекта студентом и руководителем может приниматься решение частичного выполнения расчетов экономических показателей по варианту методических рекомендаций кафедры «Экономика и управление на транспорте» для случаев кредитного инвестирования проектов.

Стоимость изделия может определяться из средней стоимости 1 кг изделия аналога.

### 2.3. Коэффициент использования подвижного состава городского электротранспорта

Коэффициент использования машин городского транспорта ГЭТ представляет собой отношение времени фактической работы машины за определенный период к длительности этого периода.

Пусть  $H$  – период эксплуатации машины,  $h$  – фактическое время работы машины за этот период. Средний за период эксплуатации коэффициент использования

$$\eta_{\text{исп}} = \frac{h}{H}.$$

Если машина работает до полного исчерпания своего механического ресурса, то  $h$  представляет собой долговечность машин  $D$  (общую возможность ее наработки за период эксплуатации). Тогда

$$\eta_{\text{исп}} = \frac{D}{H}.$$

Величина  $\eta_{\text{исп}}$  для машин, работающих по календарному режиму, зависит главным образом:

- 1) от числа работающих смен;
- 2) холостого времени (простои из-за неисправностей машины, недогрузки из-за нарушений производственного ритма).

При работе в одну, две или три смены средние значения коэффициента использования соответственно  $\eta_{\text{исп}} = 0,2; 0,4; 0,6$ , при круглогодичной непрерывной работе  $\eta_{\text{исп}} = 0,95-1$ . У машин периодического действия, коэффициент использования снижается до  $0,05-0,10$ .

### 2.4. Рентабельность подвижного состава городского электротранспорта

Рентабельность машины  $q$  выражается отношением полезной отдачи машины  $O_T$  за определенный период к сумме расходов  $P$  за тот же период:

$$q = \frac{O_T}{P}.$$

Сумма расходов в общем случае

$$P = \mathcal{E}_H + M_T + I_H + T_p + O_6 + P_M + H_K + A_M,$$

где  $\mathcal{E}_H$  – стоимость расходуемой энергии;

$M_T$  – стоимость материалов и заготовок;

$I_H$  – стоимость инструмента;

$T_p$  – оплата труда операторов;

$O_6$  – расходы на техническое обслуживание;

$P_M$  – расходы на ремонт;

$H_K$  – накладные цеховые и заводские расходы;

$A_M$  – амортизационные расходы.

Величина  $q$  должна быть больше 1, иначе машина будет работать убыточно и смысл в ней утрачивается.

## 2.5. Экономический эффект

Годовой экономический эффект от работы изделия ГЭТ (годовой доход)

$$Q = O_T + P + O_T \cdot \left(1 - \frac{P}{O_T}\right) = O_T \cdot \left(1 - \frac{1}{q}\right),$$

где  $O_T$  – годовая отдача, руб./год;

$P$  – сумма эксплуатационных расходов, руб./год.

Суммарный экономический эффект  $\sum Q$  за весь период службы машины (общий доход) равен разности суммарной отдачи  $\sum O_T$  и суммы расходов  $\sum P$  за период службы:

$$\sum Q = \sum O_T - \sum P, \text{ руб.},$$

или

$$\begin{aligned} \Sigma Q = & \Sigma O_T - \Sigma \Theta_H + \Sigma M_T + \Sigma I_H + \\ & + \Sigma T_p + \Sigma O_6 + \Sigma P_M + \Sigma H_K + \Sigma A_M. \end{aligned}$$

Отдача машины и эксплуатационные расходы, за исключением  $\Sigma A_M$  и  $\Sigma P_M$ , пропорциональны продолжительности фактической работы  $h$  за период эксплуатации. Амортизационные расходы за период эксплуатации равны стоимости  $C$  машины. Ремонтные расходы не находятся в прямой зависимости от  $h$ ; их размер и периодичность определяются условиями эксплуатации и надежностью машины.

Выделяя факторы  $\Sigma P_M$  и  $A_M = C$ , получаем

$$\Sigma Q = h \cdot \left[ \Phi_T - \Theta_H + M_T + I_H + T_p + O_6 + H_K \right] \Sigma P_M - C.$$

Если машина работает до исчерпания механического ресурса ( $h = D$ ), то

$$\Sigma Q = D \cdot \left[ \Phi_T - \Theta_H + M_T + I_H + T_p + O_6 + H_K \right] \Sigma P_M - C.$$

Получение отдачи может выражаться или в увеличении числа единиц продукции, или в увеличении стоимости каждой единицы (повышение качества продукции, увеличение объема операций, выполняемых над заготовкой). В первом случае расход материалов и инструмента пропорционален отдаче:

$$M_T + I_H = a \cdot O_T,$$

где  $a$  – доля стоимости материала и инструмента в стоимости продукции, колеблется в зависимости от профиля продукции в пределах 0,1–0,5. В таком случае получаем уравнение

$$\Sigma Q = D_H \cdot \left[ \Phi_T - (-a) \Theta_H + T_p + O_6 + H_K \right] \Sigma P_M - C.$$

Накладные расходы принято выражать в долях трудовых затрат:

$$H_k = d \cdot T_p,$$

где  $d$  – фактор пропорциональности, в зависимости от типа и организационной структуры производства колеблющийся в пределах 0,5–3,0. Подставив эту зависимость в уравнение, получим

$$\Sigma Q = L_n \cdot \left[ Q_T - (a \cdot \Xi_n + b \cdot T_p) + O_b \right] \Sigma P_M - C.$$

## 2.6. Срок окупаемости

Срок окупаемости  $H_{ок}$  определяется как период службы, при котором суммарный экономический эффект равен стоимости машины, т. е.

$$C = H_{ок} \cdot \eta_{исп} \cdot (Q_T - P) - A_M,$$

где  $P$  – годовые эксплуатационные расходы:

$$P = \Xi_n \cdot M_T + I_n + T_p + O_b + H_k.$$

Затраты на ремонт, как правило, в первые годы эксплуатации весьма малы, и ими пренебрегают.

Расход на амортизацию за срок окупаемости

$$A_M = \frac{C \cdot H_{ок}}{H} = \frac{C \cdot H_{ок} \cdot \eta_{исп}}{D},$$

где  $H$  – период службы машины.

После подстановки значения  $A_M$  получаем

$$H_{ок} = \frac{C}{\eta_{исп} \cdot \left( Q_T - P - \frac{C}{D} \right)}.$$

**Пример.** Пусть  $C = 2000$  руб.;  $D = 5$  лет;  $\eta_{исп} = 0,4$  (работа в две смены);  $Q_T = 15000$ ;  $\Xi_n = 500$ ;  $M_T + I_n = 4000$ ;  $T_p + O_b = 3000$ ;

$H_k = 3000$  руб./год. Сумма расходов  $P = 500 + 4000 + 3000 + 3000 = 10500$  руб./год.  
 $00 + 3000 + 3000 = 10500$  руб./год.  
 Срок окупаемости

$$H_{ок} = \frac{2000}{0,4 \cdot (5000 - 10500 - 400)} = 1,2 \text{ года.}$$

При работе в одну смену  $\eta_{исп} = 0,2$  и  $H_{ок} = 2,4$  года.

## 2.7. Коэффициент эксплуатационных расходов

Коэффициентом эксплуатационных расходов  $k$  называется отношение суммы расходов за весь период работы машины к ее стоимости:

$$k = \frac{\sum P}{C} = \frac{D \cdot (I_n + M_T + I_n + T_p + O_б + H_k)}{C} + \frac{\sum P_m + C}{C}.$$

Тогда

$$\sum Q = D_{от} k \cdot C.$$

Коэффициент стоимости машины (процентное отношение стоимости машины к сумме расходов)

$$c = \frac{C}{\sum P} \cdot 100\% = \frac{1}{k} \cdot 100\%.$$

Таким образом, коэффициент эксплуатационных расходов возрастает с увеличением долговечности и при больших значениях  $D$  может достигать 50–100. Соответственно снижается доля стоимости машины в общей сумме расходов.

## 2.8. Структурный анализ стоимости работ

Определим зависимость экономического эффекта от долговечности, отдачи и эксплуатационных расходов.

Конкурентоспособная цена (отпускная) определяется по калькуляции стоимости работ (изготовления) (табл. 2.2 и 2.3).

Таблица 2.2

Плановая калькуляция стоимости работ по договору  
(по состоянию на 01.01.2005 г.)

Статьи расходов	На плани- руемый год	В том числе по кварталам			
		1	2	3	4
1. Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)					
2. Фонд оплаты труда					
3. Отчисления на социальное страхование					
4. Средства на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональные заболевания					
5. Служебные командировки					
6. Работы, выполняемые сторонними лицами					
7. Инновационный фонд					
8. Накладные расходы					
9. Себестоимость					
10. Нормативная прибыль					
11. Отчисления в поддержку сельскохозяйственных производителей и аграрной науки					
12. Отпускная цена					
13. НДС (налог на добавленную стоимость) в составе отпускной цены					
14. Отпускная цена с НДС					

Зав. ППО  
Главный бухгалтер  
Руководитель темы

Таблица 2.3

Определение статей расхода стоимости работ

Прилагается расчет (для НИОКР – до 5 % и для изготовления около 10–20 % от п. 14)	
Прилагается расчет по трудоемкости (фонд зарплаты для НИОКР от 25 до 40 % от п.14 и для изготовления около 8–10 % от п. 14)	
34 % от п. 2	
От 0,1 до 3 % от п. 2. Устанавливается ежегодно по каждой отрасли	
Прилагается расчет с обоснованиями	
Согласно договорам с предприятиями	
Устанавливается ведомством, % от п. 9	
Устанавливается процент от п. 2 по предприятию (для НИОКР около 50–160 %, для производства около 200–1200 %)	
Сумма пп. 1–8	
От 10 до 25 % от п. 9	
До 2,5 % от суммы пп. 9–10	
Сумма пп. 10–11	
18 % от п. 12	
Сумма пп. 12–13	



Калькуляция и определение статей расхода приведены без учета налоговых льгот. Налоговые льготы ежегодно устанавливаются Указом Президента Республики Беларусь.

## 2.9. Стоимость подвижного состава городского электротранспорта

Снижение стоимости машиностроительной продукции представляет собой комплексную задачу: производственную и конструкторскую. Основную роль играет рационализация производства (механизация и автоматизация производственных процессов, концентрация технологических операций, специализация заводов, производственное кооперирование и др.).

Эти меры осуществимы и дают наибольший эффект при больших масштабах производства. Здесь на первый план выступает роль конструктора. Он должен обеспечить высокий потенциал развития, заложив в конструкцию предпосылки изготовления одной модели в течение длительного периода времени при наибольшем масштабе выпуска, т. е. создать конструкцию, обладающую широкой применяемостью и ресурсами для совершенствования.

Большое значение имеет уменьшение числа типоразмеров машины путем рационального выбора типажа и ее параметров, что позволяет повысить серийность производства с выигрышем в стоимости изготовления. Это тоже конструкторская задача.

Важно обеспечить технологичность конструкции. Под **технологичностью** понимают совокупность признаков, обеспечивающих наиболее экономичное, быстрое и производительное изготовление машин с применением прогрессивных методов обработки при одновременном повышении качества, точности и взаимозаменяемости ее частей.

В понятие технологичности следует ввести также признаки, обеспечивающие наиболее производительную сборку изделия (технологичность сборки) и наиболее удобный и технологически точный ремонт (технологичность ремонта).

Технологичность зависит от масштаба и типа производства. Единичное и мелкосерийное производства предъявляют к технологичности одни требования, крупносерийное и массовое –

другие. Признаки технологичности специфичны для деталей различных групп изготовления.

Большой экономический эффект дают унификация и стандартизация деталей, узлов и агрегатов.

## **2.10. Унификация**

Унификация заключается в многократном применении в конструкции одних и тех же элементов, что способствует сокращению номенклатуры деталей и уменьшению стоимости изготовления, упрощению эксплуатации и ремонта машин.

Унификация конструктивных элементов позволяет сократить номенклатуру обрабатывающего, измерительного и монтажного инструмента. Унификации подвергают посадочные сопряжения (по посадочным диаметрам, посадкам и точности размеров), резьбовые соединения (по диаметрам, типам резьб, посадкам и точности размеров, размерам под ключ), шпоночные и шлицевые соединения (по диаметрам, формам шпонок и шлицев, посадкам и точности размеров), зубчатые зацепления (по модулям, типам зубьев, неточности размеров), фаски и галтели (по размерам и типам) и т. д.

Унификация оригинальных деталей и узлов может быть внутренней (в пределах данного изделия) и внешней (заимствование деталей с иных машин данного или смежного завода).

Наибольший экономический эффект дает заимствование деталей серийно изготавливаемых машин, когда детали можно получить в готовом виде. Заимствование деталей машин единичного производства, машин, снятых или подлежащих снятию с производства, а также находящихся в производстве на предприятиях других ведомств, когда получение деталей невозможно или затруднительно, имеет только одну положительную сторону: проверенность деталей опытом эксплуатации. Во многих случаях это оправдывает унификацию.

Унификация марок и сортамента материалов, электродов, типоразмеров крепежных деталей, подшипников качения и других стандартных деталей облегчает снабжение завода-изготовителя и ремонтных предприятий материалами, стандартными покупными изделиями.

Степень унификации оценивают коэффициентом унификации  $\eta_{ун}$ , который представляют как отношение:

числа  $Z_{ун}$  унифицированных деталей к общему числу деталей изделия:

$$\eta_{ун} = \frac{Z_{ун}}{Z} \cdot 100\%;$$

массы унифицированных деталей к общей массе изделия:

$$\eta_{ун} = \frac{\sum m_{ун}}{m} \cdot 100\%;$$

стоимости унифицированных деталей к стоимости изделия:

$$\eta_{ун} = \frac{\sum C_{ун}}{C} \cdot 100\%.$$

Недостаток первого показателя состоит в том, что он не учитывает удельное значение унифицированных деталей в конструкции машины. Второй показатель учитывает долю массы унифицированных деталей в общей массе машины. Наиболее правильный третий показатель, однако определить его труднее, чем первые два.

Степень внутренней унификации оценивают коэффициентом повторяемости

$$\eta_{п} = \left( 1 - \frac{N_{н}}{N_{д}} \right) \cdot 100\%;$$

где  $N_{н}$  – число наименований деталей изделия;

$N_{д}$  – общее число деталей изделия.

Этот коэффициент, легко определяемый на основании спецификации, суммарно характеризует совершенство конструкции со стороны сокращения номенклатуры деталей. В хороших конструкциях  $\eta_{п} = 40\text{--}60\%$ .

Для дифференцированной оценки применяют следующие показатели:

– степень унификации оригинальных деталей

$$\eta_{\text{ун.ор}} = \frac{N_{\text{ун.ор}}}{N_{\text{ор}}} \cdot 100\%,$$

где  $N_{\text{ун.ор}}$  – число унифицированных оригинальных деталей;

$N_{\text{ор}}$  – общее число оригинальных деталей;

– степень унификации элементов конструкции

$$\eta_{\text{эл}} = \left( 1 - \frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{эл}}} \right) \cdot 100\%,$$

где  $N_{\text{тр}}$  – число принятых типоразмеров данных элементов;

$N_{\text{эл}}$  – общее число данных элементов в изделии.

Например, степень унификации резьб

$$\eta_{\text{рзб}} = \left( 1 - \frac{N_{\text{тр.рзб}}}{N_{\text{рзб}}} \right) \cdot 100\%,$$

где  $N_{\text{тр.рзб}}$  – число типоразмеров резьб;

$N_{\text{рзб}}$  – общее число резьбовых соединений в изделии;

– степень унификации крепежных деталей

$$\eta_{\text{кр}} = \left( 1 - \frac{N_{\text{тр.кр}}}{N_{\text{кр}}} \right) \cdot 100\%,$$

где  $N_{\text{тр.кр}}$  – число типоразмеров крепежных деталей;

$N_{\text{кр}}$  – общее число крепежных деталей в изделии.

## 2.11. Стандартизация

**Стандартизация** – регламентирование конструкции и типоразмеров широко применяемых машиностроительных деталей, узлов и агрегатов. Почти в каждой специализированной проектной организации стандартизируют типовые для данной отрасли машиностроения детали и узлы. Стандартизация ускоряет проектирование, облегчает изготовление, эксплуатацию и ремонт машин и при целесообразной конструкции стандартных деталей способствует увеличению надежности машин.

Стандартизация дает наибольший эффект при сокращении числа применяемых типоразмеров, стандартов, т. е. при их унификации. В практике проектных организаций эта задача решается выпуском ограничителей, содержащих минимум стандартов, удовлетворяющих потребностям проектируемого класса машин.

Преимущества стандартизации реализуются в полной мере при централизованном изготовлении стандартных изделий на специализированных заводах. Это разгружает машиностроительные заводы от трудоемкой работы изготовления стандартных изделий и упрощает снабжение ремонтных предприятий запасными частями.

Степень стандартизации оценивают коэффициентом

$$\eta_c = \left( 1 - \frac{N_c}{N} \right) \cdot 100\%;$$

где  $N_c$  – число стандартных деталей;

$N$  – общее число деталей в изделии.

Нельзя согласиться с распространенным среди конструкторов (особенно творческих личностей) пренебрежительным отношением к стандартам. Стандартизация – существенный фактор снижения себестоимости машин и ускорения проектирования. Однако непременным условием является высокое качество стандартов, непрерывное их совершенствование.

В то же время применение стандартов не должно стеснять творческую инициативу конструктора и препятствовать поискам новых, более рациональных конструктивных решений. При конструировании машин не следует останавливаться перед применением новых решений в областях, охватываемых стандартами, если эти решения имеют явное преимущество.

### **Создание производных машин на базе унификации.**

Унификация представляет собой эффективный и экономичный способ создания на базе исходной модели ряда производных машин одинакового назначения, но с различными показателями мощности, производительности и др. или машин различного назначения, качественно выполняющих другие операции, а также рассчитанных на выпуск другой продукции.

В настоящее время существует несколько направлений решения этой задачи. Не все они являются универсальными. В большинстве случаев каждый метод применим только к определенным категориям машин, причем их экономический эффект различен.

Классификация методов создания производственных унифицированных машин является условной. Некоторые из этих методов тесно взаимосвязаны, провести строгую границу между ними затруднительно. Возможно сочетание и параллельное применение двух или нескольких методов.

Наиболее приемлемый метод секционирования заключается в разделении машины на одинаковые секции и образовании производных машин набором унифицированных секций.

Секционированию хорошо поддаются многие виды самоходных машин. В данном случае оно сводится к построению каркаса машин из секций и составлению машин различных параметров.

Экономичность создания машин этим способом мало страдает от введения отдельных нестандартных секций, которые могут понадобиться для приспособления машины к местным условиям.

Секционированию поддаются также дисковые фильтры, пластинчатые теплообменники, центробежные вихревые и аксиальные гидравлические насосы. В последнем случае набором секций можно получить ряд многоступенчатых насосов различного напора, унифицированных по основным рабочим органам.

При разработке новых конструкций машины в оценке экономических показателей необходимо учитывать их долговечность и надежность в эксплуатации. Долговечность машины подобно полезной отдаче зависит от условий и технического уровня эксплуатации. Бережное отношение к машине, квалифицированный уход, своевременная профилактика, предупреждение нагрузок – все это может значительно повысить долговечность машины. Низкий уровень обслуживания сокращает

срок службы машины. Однако решающее значение для долговечности имеет правильная конструкция машины.

**Критерии долговечности.** *Долговечность* есть общее время, которое машина может отработать в нормальном режиме, в условиях нормальной эксплуатации, без существенного снижения основных расчетных параметров, при экономически приемлемой суммарной стоимости ремонтов. Иногда применяют термин «ресурс машины» (время работы машины в часах до первого капитального ремонта).

## 2.12. Пути повышения надежности

Качество изделия (машины) определяется надежностью в работе.

**Основные показатели качества.** Современные требования повышения эффективности общественного производства ставят перед машиностроителями страны важнейшую задачу – обеспечить отрасли народного хозяйства высокоэффективными, производительными, точными и экономичными машинами.

В решении этой задачи важная роль принадлежит системному технико-экономическому анализу создаваемых машин, позволяющему в условиях многовариантности инженерных решений добиваться оптимизации в выборе и реализации таких потребительских свойств новой техники, которые обеспечивают максимальную ее эффективность в эксплуатации. Потребительские свойства, определяющие вид и степень полезности техники в рабочем процессе, в своей совокупности отражают систему показателей ее качества.

Для оценки качества новой техники и управления процессом его формирования с использованием методов технико-экономического анализа необходимо прежде всего правильно выбрать и количественно определить такие показатели потребительских свойств, которые наиболее полно характеризуют новую технику с точки зрения ее влияния на повышение производительности общественного труда в народном хозяйстве.

В практике часто встречаются случаи, когда для оценки качества машин и оборудования показатели потребительских свойств подменяются рядом произвольно взятых параметров, характеризующих тот или иной технический эффект. Нетрудно заметить, что все параметры проявляются через соответствующие

показатели потребительских свойств. Во многих случаях они отражают частичные и промежуточные результаты. Возникают трудности в экономическом обосновании таких параметров и, как следствие, неоправданный их выбор. Поэтому первым этапом проводимого при создании новых машин технико-экономического анализа является обоснование основных показателей качества этих машин.

Среди показателей качества, характеризующих изделие как объект эксплуатации, можно выделить следующие группы эксплуатационных показателей:

- показатели, отражающие технические возможности изделия по основному назначению и определяющие рациональную область его применения;
- показатели точности и однородности работы изделия;
- показатели производительности в единицу времени при максимальном использовании технических возможностей изделия;
- показатели надежности работы – безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость;
- показатели экономичности эксплуатации изделия, определяющиеся затратами на его эксплуатацию в единицу времени, на единицу продукции или работы;
- экологические показатели;
- показатели, отражающие эргономические и эстетические характеристики конструкции;
- показатели соответствия международному уровню развития.

Надежность машин в первую очередь определяется прочностью и жесткостью конструкции. Рациональными способами повышения прочности, не требующими увеличения массы, являются применение выгодных профилей и форм, максимальное использование прочности материала, по возможности равномерная нагрузка на все элементы конструкции.

Целесообразные способы повышения жесткости – правильный выбор схемы нагружения, рациональная расстановка опор, придание конструкции жестких форм.

Безаварийность работы и длительность межремонтных сроков во многом зависят от правильной эксплуатации, бережного отношения к машине, тщательного ухода за ней, своевременной ее



профилактики, предотвращения перегрузок. Но было бы неверным всецело полагаться на качество обслуживания. Условия правильной эксплуатации машины должны быть заложены в ее конструкции. Необходимо обеспечить надежную работу даже в условиях недостаточно квалифицированного обслуживания. Если машина портится в неумелых руках, это значит, конструкция недостаточно продумана в отношении надежности.

**Выводы.** *Общий вывод:* увеличение полезной отдачи и долговечности – наиболее эффективный и выгодный способ увеличения объема промышленной продукции и повышения экономического эффекта машин.

Увеличение долговечности позволяет пропорционально сократить годовой выпуск машин без снижения объема промышленной продукции, при уменьшении общей стоимости изготовления машин, значительном снижении эксплуатационных расходов, повышении рентабельности производства.

*Прямой и обратный вывод:* увеличение долговечности машин при том же объеме выпуска машин, тех же производственных мощностях и затратах на изготовление машин позволяет пропорционально увеличить оснащенность народного хозяйства машинами и повысить объем промышленной продукции.

Увеличение долговечности как способ повышения численности машинного парка, объема продукции и энергонасыщенности народного хозяйства несравненно выгоднее, чем простое увеличение выпуска машин, не сопровождаемое повышением их долговечности.

Увеличение выпуска машин требует введения новых предприятий, расширения площадей и оборудования уже существующих (способ экономически наиболее целесообразный) или увеличения объема продукции с существующего оборудования путем интенсификации производственного процесса. В первом и втором случаях возрастают расходы на изготовление машин. Во всех случаях вследствие увеличения числа действующих машин возрастают эксплуатационные расходы.

Увеличение отдачи и долговечности машин, как правило, сопровождается относительно небольшим повышением стоимости машин и вместе с тем в связи с сокращением числа действующих машин уменьшает эксплуатационные расходы. Конечный результат

тот же: увеличение фактической численности парка действующих машин и увеличение объема промышленной продукции, но при гораздо меньших затратах в общем значительном возрастании экономического эффекта.

Целесообразно сочетать увеличение численного выпуска с увеличением полезной отдачи и долговечности машин, а в некоторых случаях – и уменьшать численный выпуск, отдавая предпочтение более выгодному способу увеличения отдачи и долговечности машин.

Исходя из сказанного, можно сделать и другой вывод. Увеличение годового выпуска машин еще не означает увеличения численности действующих машин и объема выпуска промышленной продукции. Возрастание годового производства машин характеризует рост экономики только в том случае, если оно сопровождается объективными данными о долговечности и качестве выпускаемых машин. Эти данные могут означать: прогресс, если долговечность машин сохраняется на постоянном уровне или повышается; застой, если долговечность снижается в такой же пропорции, в какой возрастает выпуск; регресс, если долговечность машин падает более существенно, чем возрастает их выпуск.

При создании новых и уже производимых изделий необходимо ориентироваться на то, что Беларусь является авторитетным мировым машиностроителем. Поэтому все агрегаты на изделие необходимо производить у себя, а не закупать у зарубежных фирм, что резко снижает авторитет и сокращает наличие рабочих мест. В отдельных случаях при необходимости следует воспроизводить агрегаты, узлы и др., привлекая к этому предприятия республики.

### **3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

1. Руководителями дипломных проектов назначаются профессора и доценты, а также научные сотрудники и высококвалифицированные специалисты БНТУ и других предприятий, учреждений и организаций.

Выпускающая кафедра должна ознакомить привлекаемых специалистов с нормативными и методическими документами, включая настоящую методическую инструкцию и методические указания кафедры по дипломному проектированию.

2. Руководитель дипломного проекта руководит преддипломной практикой студента, консультирует и контролирует работу над дипломным проектом и выполнение студентом-дипломником календарного графика.

3. Руководитель дипломного проекта должен:

- составить и выдать задание по дипломному проектированию;
- совместно со студентом разработать календарный график на весь период выполнения дипломного проекта;
- рекомендовать студенту необходимую литературу, справочные и архивные материалы, типовые решения, имеющиеся компьютерные программы и другие источники по теме дипломного проекта;
- проводить систематические, в соответствии с графиком, консультации, анализировать полученные расчетные и экспериментальные результаты;
- контролировать ход выполнения работ по дипломному проектированию вплоть до защиты дипломного проекта;
- составить отзыв о дипломном проекте.

4. Дипломный проект выполняется студентом в течение времени, отведенного на дипломное проектирование рабочим учебным планом соответствующей специальности.

5. Работу над дипломным проектом студент выполняет в университете. В отдельных случаях дипломный проект может выполняться на предприятии, в проектной организации, научном или другом учреждении.

6. Из-за недостатка времени, отведенного на руководство дипломным проектом, кафедре предоставляется право по предложению руководителя дипломного проекта приглашать консультантов по отдельным разделам дипломного проекта.

Консультантами могут назначаться профессора и преподаватели высших учебных заведений, а также высококвалифицированные специалисты и научные работники других предприятий, учреждений и организаций. Консультанты проверяют соответствующую часть выполненной студентом работы и ставят свою подпись на титульном

листе дипломной работы или пояснительной записки к дипломному проекту и соответствующем листе графической части.

7. Выпускающие кафедры выдают задания по дипломному проектированию, в которых применительно к специальности устанавливается обязательный объем требований к дипломному проекту.

8. Декан факультета устанавливает сроки периодического отчета студентов по этапам выполнения ими дипломного проекта. Студент отчитывается перед руководителем и заведующим кафедрой, которые определяют степень готовности проекта и докладывают декану факультета о срывах установленных сроков.

9. Дипломник обязан регулярно посещать консультации. При пропуске их без уважительных причин или при значительном отставании его работы от графика кафедра должна своевременно информировать об этом декана факультета.

10. Выпускающие кафедры должны систематически контролировать ход дипломного проектирования путем представления руководителями дипломных проектов заведующим кафедрами сведений о ходе выполнения работ по каждому дипломному проекту в процентах от общего объема работ, а также организовывать проверки (не менее двух за период дипломного проектирования).

Для проведения проверок кафедра создает специальную комиссию, а студенты-дипломники оповещаются о дате ее работы не позднее чем за три дня. Комиссия проверяет соответствие выполненного объема работ календарному графику, результаты проверки передает в деканат и докладывает на заседании выпускающей кафедры.

11. Ответственность за принятые в дипломном проекте решения, качество, а также своевременное выполнение проекта несет автор – студент-дипломник.

12. Законченный дипломный проект, подписанный студентом и консультантами, представляют руководителю, который подписывает его и составляет отзыв.

В отзыве руководителя дипломного проекта должны быть отмечены:

- актуальность темы дипломного проекта (дипломной работы);
- степень выполнения поставленной задачи;
- степень самостоятельности и инициативности студента;

- умение студента пользоваться специальной литературой;
- способность студента к практической и научно-исследовательской работе по специальности;
- возможность использования полученных результатов на практике;
- возможность присвоения выпускнику соответствующей квалификации.

13. Дипломный проект и отзыв руководителя представляются заведующему кафедрой, который решает вопрос о возможности допуска студента к защите дипломного проекта. Для решения этого вопроса на кафедре может создаваться рабочая комиссия (комиссии), которая заслушивает сообщение студента по дипломному проекту, определяет соответствие дипломного проекта заданию и готовность студента к защите.

Допуск студента к защите после прохождения нормоконтроля фиксируется подписью заведующего кафедрой на титульном листе пояснительной записки дипломного проекта. Подписи оформляются в соответствии с СТБ 6.38.

Если заведующий кафедрой на основании выводов рабочей комиссии не считает возможным допустить студента к защите, этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя дипломного проекта. При отрицательном заключении кафедры протокол ее заседания направляется декану факультета, который не допускает студента к защите и делает представление ректору об отчислении студента из университета.

14. Дипломный проект, допущенный выпускающей кафедрой к защите, направляется заведующим кафедрой на рецензирование.

Рецензенты дипломных проектов (специалисты производства, проектных и научных организаций и учреждений, профессорско-преподавательского состава других кафедр БНТУ) утверждаются деканом факультета по представлению заведующего кафедрой не позднее одной недели до защиты.

В рецензии должны быть отмечены:

- актуальность темы дипломного проекта;
- степень соответствия дипломного проекта заданию;
- логичность построения пояснительной записки к дипломному проекту;
- наличие по теме дипломного проекта обзора литературы, его полнота и последовательность анализа;

- полнота описания методики расчета или проведенных исследований, изложения собственных расчетных, теоретических и экспериментальных результатов, оценка их достоверности;
- наличие аргументированных выводов по результатам дипломного проекта;
- практическая значимость дипломного проекта, возможность использования полученных результатов;
- недостатки и слабые стороны дипломного проекта;
- замечания по оформлению пояснительной записки к дипломному проекту, графической части и стилю изложения материала;
- оценка дипломного проекта.

Подпись рецензента должна быть удостоверена.

Студент должен быть ознакомлен с рецензией до защиты дипломного проекта в ГЭК.

15. Порядок защиты дипломного проекта определяется Положением о Государственных экзаменационных комиссиях высших учебных заведений.

16. После защиты дипломные проекты в установленном порядке сдаются в архив университета, где они хранятся в течение пяти лет.

Выдача дипломных проектов для работы в архиве профессорско-преподавательскому составу осуществляется на основании заявления за подписью заведующего кафедрой, на которой выполнен проект, утвержденного проректором, курирующим архив БНТУ (для студентов-дипломников необходима также подпись руководителя).

### **Основные принятые обозначения при выполнении расчетов в курсовом и дипломном проектировании подвижного состава городского электротранспорта**

$P_k$  – мощность на ведущем колесе

$P_j$  – мощность сил инерции

$P_{уд}$  – удельная мощность

$M_k$  – крутящий момент двигателя

$M_T$  – тормозной момент на колесе

$M_l$  – момент сопротивления качению машины

$M_{fn}$  – момент сопротивления качению ведомых колес

$M_l$  – момент сопротивления качению ведущих колес

$M_{eN}$  – номинальный крутящий момент электродвигателя

$M_c$  – приведенный к валу электродвигателя суммарный момент

сопротивления

$M_{jd}$  – момент сил инерции от вращающихся частей электродвигателя

$F_{\tau}$  – касательная силы тяги на ведущем колесе машины

$F_{кр}$  – тяговая сила на крюке

$F_l$  – сила сопротивления качению машины

$F_{fn}$  – сила сопротивления качению передних колес

$F_{f3}$  – сила сопротивления качению задних колес

$F_j$  – сила сопротивления подъему

$F_j$  – сила инерции

$F_{jn}$  – сила инерции поступательно движущихся масс

$F_{jвр}$  – сила инерции вращательно движущихся масс

$F_w$  – сила сопротивления воздуха

$F_{\phi}$  – сила сцепления движителей с опорной поверхностью

$F_{\phi}$  – сила сопротивления дороги

$F_T$  – тормозная сила

$F_{ц}$  – центробежная сила

$F_c$  – сила сцепления частиц дорожного покрытия

$F_l$  – сила трения частиц дорожного покрытия при возможных

деформациях

$F_{п}$  – толкающая сила

$F_a$  – сила сопротивления гидравлического амортизатора

$D$  – динамический фактор ТС

$X_k$  – толкающая реакция дороги

$Y_{\text{п}}$  – нормальная реакция дороги на передние колеса  
 $Y_{\text{к}}$  – нормальная реакция дороги на задние колеса  
 $R_{\text{r}}$  – результирующая реакция дороги на колесо  
 $R_x$  – продольная касательная реакция дороги на колесо  
 $R_y$  – боковая реакция дороги на колесо  
 $R_z$  – нормальная реакция дороги на колесо  
 $G_{\text{тр}}$  – эксплуатационный вес троллейбуса  
 $G_{\text{тр.к}}$  – конструктивный вес троллейбуса  
 $G_{\text{а}}$  – вес ТС  
 $G_{\text{ф}}$  – сцепной вес машины  
 $G_{\text{п}}$  – вес машины, приходящийся на переднюю ось  
 $G_{\text{н}}$  – нормальная нагрузка  
 $m_0$  – масса машины (ТС)  
 $m_1$  – масса переднего моста ТС  
 $m_2$  – масса заднего моста ТС  
 $m_{\text{пд}}$  – подрессоренная масса  
 $m_{\text{нп}}$  – неподрессоренная масса  
 $c_{\text{р}}$  – жесткость упругих элементов подвески  
 $c_{\text{ш}}$  – жесткость шины  
 $c_{\text{пр}}$  – приведенная жесткость подвески и шины  
 $L$  – продольная база машины  
 $B_{\text{к}}$  – ширина колеи машины  
 $D_{\text{к}}$  – диаметр колеса  
 $h_{\text{ц}}$  – ордината центра тяжести машины  
 $h_{\text{н}}$  – нормальная деформация (прогиб) шины  
 $b_{\text{ш}}$  – ширина обода колеса или протектора шины  
 $r_0$  – свободный радиус колеса  
 $r_{\text{ст}}$  – статический радиус колеса  
 $r_{\text{д}}$  – динамический радиус колеса



$r_k$  – кинематический радиус (качения) колеса

$R_{\Pi}$  – радиус поворота машины

$S_M$  – длина тормозного пути машины

$S_{M.min}$  – длина минимального тормозного пути

$S_k$  – длина пути за один оборот колеса

$q_h$  – высота неровностей дороги

$f_p$  – прогиб упругого элемента подвески машины

$f_{ш}$  – прогиб шины

$f_{\text{пр}}$  – суммарный прогиб подвески и шины

$\alpha_{\text{lim}}$  – предельный угол продольной устойчивости машины от опрокидывания на подъеме

$\alpha'_{\text{lim}}$  – предельный угол продольной устойчивости машины от опрокидывания на спуске

$\alpha_{\phi \text{lim}}$  – предельный угол продольной устойчивости машины от сползания

$\beta_{\text{lim}}$  – предельный угол поперечной устойчивости машины от опрокидывания

$\beta_{\phi \text{lim}}$  – предельный угол поперечной устойчивости машины от сползания

$\gamma_{\text{кр}}$  – угол наклона линии действия тяговой силы на крюке относительно плоскости опорной поверхности

$t$  – время

$v_T$  – теоретическая скорость

$v_d$  – действительная скорость

$v_k$  – действительная скорость колеса

$v_a$  – скорость ТС

$\Omega_H$  и  $\Omega_B$  – низкочастотные и высокочастотные собственные частоты колебаний системы

$\omega_d$  – угловая скорость вала электродвигателя

$\omega_H$  – номинальная угловая скорость вала электродвигателя

$\omega_{\text{п}}$  – угловая скорость поворота машины  
 $\omega_{\text{к}}$  – угловая скорость колеса  
 $p_a$  – коэффициент затухания колебаний  
 $j_a$  – линейное ускорение машины  
 $j_m$  – линейное замедление машины  
 $g$  – ускорение свободного падения  
 $i$  – уклон дороги  
 $i_{\text{тр}}$  – передаточное число трансмиссии троллейбуса  
 $\varphi_{\text{к}}$  – коэффициент сцепления движителей с почвой  
 $f_{\text{к}}$  – коэффициент сопротивления качению  
 $\delta$  – буксование движителей  
 $\psi$  – коэффициент сопротивления дороги  
 $\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии  
 $\eta_f$  – КПД, учитывающий потери энергии на качение  
 $\eta_{\delta}$  – КПД, учитывающий потери энергии на буксование  
 $k_w$  – коэффициент сопротивления воздуха  
 $k_y$  – коэффициент сопротивления уводу колеса  
 $k_n$  – коэффициент кинематического несоответствия привода ведущих колес  
 $k_a$  – коэффициент сопротивления амортизатора (подвески)  
 $k_{\text{ш}}$  – коэффициент демпфирования шины  
 $c_x$  – коэффициент силы лобового аэродинамического сопротивления  
 $\delta_{\text{вр}}$  – коэффициент учета вращающихся масс  
 $K_n$  – коэффициент неравномерности тормозных сил  
 $\mu$  – коэффициент сопротивления повороту  
 $\gamma_{\text{т}}$  – удельная тормозная сила

#### 4. СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

1. Дипломный проект выполняется на основе изучения литературы по специальности: учебников, учебных пособий, технической литературы, монографий, периодической литературы, журналов на иностранных языках, нормативно-технической документации, патентов и т. п.

2. Состав, содержание и объем дипломного проекта определяются заданиями на дипломное проектирование, составленное выпускающей кафедрой на основе требований методической инструкции БНТУ 3.001–2003.

Характер проектных, конструкторских, технологических и других решений, анализа и разработки вопросов, степень их детализации могут быть различными в зависимости от объема проектирования (исследования), уровня новизны и установленных сроков выполнения дипломного проекта.

3. Все принимаемые инженерные и технические решения, проводимые расчеты конструкций, материалы и технологии должны отвечать требованиям соответствующих государственных стандартов и норм Республики Беларусь, отраслевых нормативных документов.

4. В дипломном проекте в соответствии с заданием должны быть детально проработаны все вопросы, раскрывающие тему, включая критический анализ литературных источников, методику и результаты проведенных самостоятельных теоретических и (или) экспериментальных исследований, расчеты разрабатываемого объекта. Кроме того, в дипломном проекте следует отразить вопросы технологии, стандартизации, экономики, охраны труда, окружающей среды и т. п., свойственные особенностям специальности.

5. Дипломный проект состоит из двух частей: пояснительной записки и графической части – комплекта проектно-конструкторских и технологических документов.

6. Пояснительная записка дипломного проекта должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел, содержать принятые методы исследования, методики расчета, а также сами расчеты, описание проведенных экспериментов, их анализ и выводы по ним, технико-экономическое сравнение вариантов. При необходимости расчеты должны сопровождаться иллюстрациями: графиками, эскизами, диаграммами, схемами и т. п.

Графическая часть дипломного проекта представляется в виде конструкторских и технологических чертежей, схем, диаграмм, таблиц экономических показателей и других репрезентативных средств.

В дипломных проектах, содержащих сложные математические расчеты с применением электронно-вычислительной техники, приводится описание алгоритма программы. Студент должен изложить методику расчета, привести основные расчетные формулы, схему алгоритма, обосновать выбор исходных данных и провести анализ полученных результатов.

Общими требованиями к пояснительной записке дипломного проекта являются четкость и логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, конкретность изложения результатов, доказательств и выводов, краткость и ясность формулировок, исключающих неоднозначность толкования.

Пояснительная записка дипломного проекта последовательно должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист (приложение 9);
- задание по дипломному проектированию (приложение 8);
- реферат (приложение 13);
- ведомость объема дипломного проекта (приложение 12);
- содержание;
- перечень условных обозначений, символов и терминов (при необходимости);
- введение;
- основную часть, которая содержит:

1) разделы, представляющие собой обзор литературных источников по теме, используемые методы и (или) методики, собственные теоретические и экспериментальные исследования, результаты расчетов, а также другие разделы, которые определяются заданиями по дипломному проектированию выпускающей кафедры и руководителем дипломного проекта;

2) экономическое обоснование принятых решений или определение экономической эффективности полученных результатов;

3) требования охраны труда и техники безопасности при эксплуатации разработанного объекта или реализации его в конструкциях;

- заключение (выводы);

- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

Компьютерные программы и методики, разработанные в соответствии с заданием на дипломное проектирование, должны прилагаться к пояснительной записке дипломного проекта на дискете или компакт-диске (CD).

7. Пояснительная записка дипломного проекта может быть написана на белорусском или русском языках.

По рекомендации кафедры студент дополнительно может представить краткое содержание дипломного проекта на одном из иностранных языков, которое оглашается на защите и может сопровождаться вопросами к студенту на этом языке.

8. Объем текстовой и графической части дипломного проекта определяется руководителем проекта.

Рекомендуемый объем проекта:

– пояснительная записка – 80–95 страниц текста, набранного на компьютере, кегль 14 пт, полуторный интервал машинописного текста (110–130 страниц рукописного текста соответствующего объема на листах формата А4);

– графическая часть – 13–15 листов формата А1 для дипломных проектов по инженерным специальностям.

9. К защите дипломного проекта студент представляет пояснительную записку, графическую часть, материалы на электронном носителе информации (если имеется), рецензию, отзыв руководителя.

Пояснительная записка дипломного проекта должна быть переплетена или помещена в папку для дипломного проектирования. Конверт с электронным носителем (носителями) информации сдается и проверяется при прохождении нормоконтроля дипломного проекта.

## **5. ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

### **5.1. Оформление графической части дипломного проекта**

1. Графическая часть дипломного проекта должна выполняться на листах формата А1 (594 × 841 мм) по ГОСТ 2.301. Допускается

применять другие форматы по ГОСТ 2.301, оставляя постоянной короткую сторону листа (594 мм).

2. Графическая часть дипломного проекта по инженерным направлениям подготовки специалистов (чертежи, схемы всех видов и текстовые документы к ним – спецификации, ведомости, таблицы и др.) должна выполняться в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

В правом нижнем углу рабочего поля чертежа (схемы) должна размещаться основная надпись в соответствии с ГОСТ 2.104. Пример заполнения надписи приведен в приложении 10.

3. Шифр дипломного проекта состоит из буквенного обозначения (ДП – дипломный проект), номера зачетной книжки дипломника, формы обучения (ДО – дневное и ЗО – заочное обучение) и года выполнения дипломного проекта, разделенных дефисами.

4. Рабочее поле листа иллюстративного материала дипломного проекта (графики, диаграммы, таблицы экономических показателей, результатов исследований и др.) должно иметь рамку, отстоящую от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева на 30 мм.

## **5.2. Общие требования к оформлению пояснительной записки дипломного проекта**

1. Общие требования к содержанию пояснительной записки дипломного проекта и ее состав приведены в разделе 4 настоящего издания.

2. Пояснительная записка дипломного проекта должна быть выполнена на стандартной белой бумаге формата А4 с одной стороны листа (наличие рамки обязательно) по ГОСТ 2.301.

3. При выполнении пояснительной записки дипломного проекта должны быть установлены стандартные поля по ГОСТ 2.301 и ГОСТ 2.105.

4. Пояснительная записка дипломного проекта должна быть выполнена одним из следующих способов (в соответствии с ГОСТ 2.105):

– с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004) шрифтом Times New Roman Суг черного цвета высотой 14 пт, через полтора интервала;

– машинописным четким шрифтом черного цвета высотой не менее 2,5 мм, через полтора интервала;

– рукописным чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 высотой не менее 2,5 мм, черными чернилами (пастой, тушью).

Абзацы в тексте начинают отступом 15–17 мм, одинаковым по всему тексту.

Вписывать в отпечатанный текст отдельные слова, формулы, условные знаки, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами (пастой, тушью). Для выполнения иллюстраций разрешается использовать графические редакторы, фотографии, ксерокопии и т. п.

При использовании стандартного текстового редактора формулы могут быть оформлены с помощью средств этого редактора.

Опечатки и описки допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправлений машинным или рукописным способом черными чернилами (пастой, тушью). Повреждения листов, помарки и следы прежнего текста не допускаются.

### **5.3. Построение пояснительной записки дипломного проекта**

1. Текст основной части пояснительной записки дипломного проекта разделяют на разделы, подразделы и пункты. Дальнейшее деление нецелесообразно. Разделы (подразделы) могут состоять из одного или нескольких подразделов (пунктов). Разделы, подразделы и пункты оформляются в соответствии с ГОСТ 2.105.

2. Разделы нумеруются арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки дипломного проекта и записываются с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой (например 1.1).

Пункты нумеруются в пределах подраздела. Номер пункта состоит из номеров подраздела и пункта, разделенных точкой (например 1.1.1).

3. Внутри пунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить тире или, при

необходимости ссылки в тексте пояснительной записки дипломного про-екта на одно из перечислений, строчную букву, после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с отступом.

Пример:

- a) \_\_\_\_\_;
- б) \_\_\_\_\_;
- 1) \_\_\_\_\_;
- 2) \_\_\_\_\_;
- в) \_\_\_\_\_.

Каждый пункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

4. Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Заголовки разделов следует писать прописными буквами с абзацного отступа. Заголовки подразделов следует писать, начиная с прописной буквы строчными буквами, с абзацного отступа. Точка в конце заголовка раздела, подраздела не ставится, название не подчеркивается.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении пояснительной записки дипломного проекта машинным способом долж-но быть три–четыре интервала, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – два интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

5. Каждый раздел пояснительной записки дипломного проекта рекомендуется начинать с нового листа.

6. Нумерация страниц пояснительной записки дипломного проекта и приложений, входящих в ее состав, должна быть сквозная.

Первой страницей пояснительной записки дипломного проекта является титульный лист. Номера страниц на титульном листе, на задании по дипломному проектированию, ведомости объема и реферате не ставятся, но включаются в общую нумерацию страниц.



Страницы пояснительной записки дипломного проекта нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в правом верхнем углу страницы.

7. В состав пояснительной записки дипломного проекта входит структурный элемент «Содержание», который содержит перечень условных обозначений, символов и терминов, введение, номера и наименования разделов и подразделов основной части, заключение, список использованных источников и приложения с указанием номеров страниц.

8. Структурный элемент «Список использованных источников» выполняется в порядке упоминания источников в тексте и может (при необходимости) содержать отдельной рубрикой список нормативных ссылок. Примеры библиографического описания источников приводятся в соответствии с ГОСТ 7.1 и ГОСТ 7.82 (приложение 16).

9. Заголовки структурных элементов, кроме основной части (слова «Основная часть» не пишутся), записывают симметрично тексту прописными буквами.

#### **5.4. Изложение текста пояснительной записки дипломного проекта**

1. При изложении текста пояснительной записки дипломного проекта следует руководствоваться настоящими методическими указаниями и ГОСТ 2.105.

2. Полное наименование объекта проектирования при первом упоминании в тексте пояснительной записки дипломного проекта должно полностью совпадать с его наименованием на первом листе графической части дипломного проекта (в главном конструкторском документе).

В последующем тексте порядок слов в наименовании объекта проектирования должен быть прямой, т. е. на первом месте должно быть определение (имя прилагательное), а затем – название объекта проектирования (имя существительное). Допускается употреблять сокращенное наименование объекта проектирования.

Наименования, приводимые в тексте пояснительной записки дипломного проекта и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми.

В пояснительной записке дипломного проекта следует применять научно-технические термины, обозначения и определения,

установленные соответствующими государственными стандартами, РД РБ 0410.42, а при их отсутствии в указанных документах – общепринятые в научно-технической литературе.

3. В тексте пояснительной записки дипломного проекта, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы и профессионализмы, произвольные словообразования;

- применять различные термины для одного и того же понятия, иностранные слова и термины при наличии равнозначных в родном языке;

- сокращать обозначения физических величин, если они употребляются без цифр.

В тексте записки, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

- применять математический знак «минус», перед отрицательными значениями величин следует писать слово «минус»;

- применять знак диаметра; для обозначения диаметра следует писать слово «диаметр»;

- применять без числовых значений математические знаки, а также знаки «номер» и «процент»;

- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

4. В тексте пояснительной записки дипломного проекта не допускается применять сокращения слов, кроме установленных правилами орфографии и соответствующими государственными стандартами.

Перечень допускаемых сокращений слов содержится в ГОСТ 2.316.

5. Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым действующим законодательством и государственными стандартами. При необходимости применения других условных обозначений их следует пояснять в тексте при первом упоминании или в перечне обозначений.

6. В пояснительной записке дипломного проекта следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417.

7. Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета

от единицы до девяти – словами. Остальные требования к записи числовых значений величин, степени точности и пределов их изменений –

в соответствии с ГОСТ 2.105.

8. Формулы и уравнения в тексте пояснительной записки дипломного проекта следует оформлять в соответствии с ГОСТ 2.105.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак « $\times$ ».

9. Формулы должны нумероваться в пределах раздела арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например (3.2). Одну формулу обозначают – (1) или (3.1).

Формулы в приложениях нумеруются в пределах каждого приложения с добавлением обозначения приложения – (B1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например «... в формуле (1)».

10. Примечания приводят в пояснительной записке дипломного проекта, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала (ГОСТ 2.105). Примечания не должны содержать требования.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания. Слово «Примечание» пишется с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то его не

нумеруют. После слова «Примечание» ставится точка и приводится текст примечания, начиная с прописной буквы.

*Пример:*

Примечание.

---

---

Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами.

*Пример:*

Примечания:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

---

Примечание к таблице помещают в конце таблицы под линией, обозначающей окончание таблицы.

11. Ссылки на использованные литературные источники должны нумероваться арабскими цифрами по порядку упоминания в тексте и помещаться в квадратные скобки.

В пояснительной записке дипломного проекта допускаются ссылки на разделы, подразделы и пункты самой пояснительной записки, например «... согласно разделу 1», а также на действующие государственные стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования.

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения без указания года утверждения и наименования, например: «... в соответствии с СТБ 1.1». В конце пояснительной записки дипломного проекта приводится список ссылочных нормативных документов с обозначениями, годами утверждения и наименованиями в виде отдельной рубрики списка использованных источников по форме, приведенной на рис. 5.1.

Обозначение и наименование документа	Номер раздела, подраздела, пункта, приложения, в котором дана ссылка
1 Государственная система	08.04.2011

Рис. 5.1

12. Если необходимо пояснить отдельные данные, то их следует обозначать надстрочным знаком сноски, который выполняют арабскими цифрами со скобкой непосредственно после того слова, числа, символа, предложения, к которому дается пояснение. Вместо цифр допускается выполнять сноски знаком «звездочка». Применение бо-лее четырех звездочек не допускается.

Сноски в тексте располагают с абзацного отступа в конце страницы, на которой они обозначены, и отделяют от текста короткой тонкой горизонтальной линией с левой стороны.

### **5.5. Оформление приложений и иллюстраций пояснительной записки дипломного проекта**

1. Материал, дополняющий текст пояснительной записки дипломного проекта, допускается помещать в приложениях, которые оформляют как продолжение пояснительной записки дипломного проекта. Допускается оформлять приложение на листах формата А3.

2. Каждое приложение следует начинать с нового листа с указанием сверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично тексту с прописной буквы отдельной строкой.

3. Приложения обозначают заглавными буквами русского (белорусского) алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, И, О, Ч, Ъ, Ы, Ь, или буквами латинского алфавита, за исключением I и O.

Если в пояснительной записке дипломного проекта имеется только одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

4. В тексте пояснительной записки дипломного проекта на все приложения должны быть даны ссылки, например «... в приложении А». Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

5. Все приложения должны быть перечислены в содержании пояснительной записки дипломного проекта с обозначениями и наименованиями.

6. Для пояснения текста могут быть приведены иллюстрации, которые следует располагать как можно ближе к соответствующим частям текста. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

7. Иллюстрации следует нумеровать в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделенных точкой, например «Рисунок 3.2». Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 3.1».

8. Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например «Рисунок А3».

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2».

8. Иллюстрации должны иметь наименование и, при необходимости, пояснительные данные (подрисуночный текст).

Обозначение «Рисунок», номер и наименование помещают после рисунка и пояснительных данных (если имеются), например «Рисунок 1 – Детали прибора».

На иллюстрации, изображающей составные части изделия, в возрастающем порядке должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации. Для электро- и радиоэлементов указываются позиционные обозначения, установленные в схемах данного изделия. Номер и наименование каждой составной части приводится в подрисуночной подписи.

Остальные требования к выполнению иллюстраций – в соответствии с ГОСТ 2.105.

## **5.6. Построение таблиц в пояснительной записке дипломного проекта**

1. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают после абзаца, в котором она упоминается, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа.



6. При наличии небольшого по объему цифрового материала его таблицей оформлять нецелесообразно, а следует давать текстом, располагая цифровые данные в виде колонок.

7. Таблицы слева, справа и снизу, как правило, ограничивают линиями. Головка таблицы должна быть отделена линией от остальной части таблицы. Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не приводить, если их отсутствии не затрудняет пользование таблицей.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 пунктов.

8. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Заголовки и подзаголовки граф указывают в единственном числе.

Заголовки и подзаголовки граф, как правило, записывают параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение граф заголовков.

9. Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда на них имеются ссылки в тексте, при делении таблицы на части, а также при переносе таблицы на следующую страницу.

10. При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми значениями величин и обозначением типов, марок и т. п. порядковые номера не проставляют.

11. Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение следует помещать над таблицей справа, например «Размеры в миллиметрах», а при делении таблицы на части – над каждой ее частью.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями,



установленными ГОСТ 2.321, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте.

Обозначение единицы физической величины, общей для всех данных в строке, следует указывать в той же строке после ее наименования, через запятую.

12. Числовое значение показателя проставляется на уровне последней строки наименования показателя. Значение показателя, приведенное в виде текста, записывают на уровне первой строки наименования показателя.

13. Остальные требования к построению и заполнению таблиц – в соответствии с ГОСТ 2.105.

## **6. ВЫПОЛНЕНИЕ ДИПЛОМНОГО И КУРСОВОГО ПРОЕКТОВ В ЭЛЕКТРОННОЙ ФОРМЕ**

1. По решению кафедры может быть разрешено представление дипломного проекта в электронной форме.

Программная документация должна быть выполнена в соответствии с требованиями Единой системы программной документации (ЕСПД).

2. К защите дипломного проекта студент представляет следующие печатные документы на листах формата А4:

- 1) пояснительную записку дипломного проекта;
- 2) графическую часть;
- 3) комплект материалов презентации;
- 4) описание файлов проекта на электронном носителе информации;
- 5) отзыв руководителя;
- 6) рецензию.

Материалы, представляемые на электронном носителе информации, должны иметь следующую структуру:

- а) в каталоге DOC – пояснительная записка дипломного проекта;
- б) в каталоге PROG – исходные тексты программ, разработанных дипломником, и исполняемые файлы программ типа .EXE, использовавшиеся при решении проектных задач дипломного проекта;
- г) в каталоге PREZENT – файлы презентации и иллюстративного материала;
- д) описание файлов проекта.

Дипломник несет ответственность за полноту представляемых файлов, объем и корректность содержащейся в них информации.

3. Пояснительная записка дипломного проекта в электронной форме должна быть представлена в формате rtf и иметь кодировку текста Windows-1251. Основной текст должен быть набран шрифтом Times New Roman Cyr черного цвета высотой 14 пт, через полтора интервала.

Структура пояснительной записки дипломного проекта должна быть выдержана посредством стилей и допускать формирование оглавления в автоматическом режиме.

Наименования в тексте (подписи к рисункам, графикам, таблицам) должны иметь уникальное обозначение, формирование которого рекомендуется осуществлять в автоматическом режиме.

Главы пояснительной записки дипломного проекта рекомендуется сохранять в отдельных файлах, имеющих формат данных rtf, кодировку текста Windows-1251, а также единое стилистическое оформление.

4. Исходные тексты программ расчета, моделирования, баз данных, знаний и т. п. представляются в форматах, используемых в применяемых инструментальных системах.

5. К электронному графическому материалу относятся чертежи, схемы, графики, рисунки, плакаты, фотографии, слайды презентации и т. п.

Графический материал рекомендуется оформлять в одном из следующих форматов: GIF или JPEG.

6. Файл презентации может содержать текстовый материал, а также аудиовизуальную информацию в формате, обеспечивающем адекватное воспроизведение содержания проекта на технических средствах и с помощью программного обеспечения, имеющихся в аудитории на момент защиты дипломного проекта.

Слайды презентации должны содержать материалы по всем главам проекта, а также выводы.

7. Опись файлов проекта оформляется в соответствии с рис. 6.1. Файл описи представляется в виде отдельного файла index в формате rtf, имеющего кодировку текста Windows-1251. Файл описи размещается в корневом каталоге электронного носителя информации.

Имя файла	Объем, кБ	Содержание

Рис. 6.1. Описание файлов проекта

8. Защита дипломного проекта проходит в аудитории, оснащенной техническими средствами и программным обеспечением, необходимыми при изложении доклада.

В процессе защиты членам ГЭК демонстрируется функционирование разработанного программного обеспечения, а также иллюстративный материал, позволяющий раскрыть замысел дипломного проекта.

Презентация по теме проекта не должна превышать 10–15 минут.

9. В качестве электронного носителя информации дипломного проекта рекомендуется использовать оптический компакт-диск (CD). При необходимости хранения файлов дипломного проекта, превышающих емкость носителя, они подлежат архивации. Файловый архив должен иметь формат данных zip. Допускается использование самораспаковывающихся файловых архивов.

10. Для обеспечения сохранности информации и защиты ее от внесения изменений, исправлений, несанкционированного копирования файлы до передачи в архив следует оснастить защитой.

## **7. УКАЗАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В ПРОЕКТАХ СРЕДСТВ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Данные указания могут быть использованы при выполнении всех разделов дипломного проекта: конструкторской, технологической и экономической частей, оформления графических, иллюстративных материалов и расчетно-пояснительной записки.

Целью применения элементов систем автоматизированного проектирования (САПР) при выполнении дипломного проекта является освоение студентом-дипломником современных технологий машинного проектирования узлов и агрегатов средств ГЭТ, автоматизации технологической подготовки производства,

организации и управления производством с использованием средств вычислительной техники.

Вопросы применения САПР в дипломном проекте должны решаться студентом начиная с прохождения им преддипломной практики. Для выполнения дипломного проекта используются технические средства и программное обеспечение базовых предприятий, лаборатории САПР и вычислительного центра коллективного пользования кафедры «Тракторы».

Степень и глубина использования элементов САПР и автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП) в рамках конкретного дипломного проекта решается руководителем проекта в индивидуальном порядке и определяется, как правило, возможностями и уровнем развития САПР на базовых предприятиях. Однако имеется ряд вопросов, связанных с оформлением графической документации, функциональным анализом проектируемых объектов, которые решаются с обязательным использованием средств САПР/АСТПП. Перечень этих вопросов ежегодно рассматривается и утверждается на заседании кафедры при рассмотрении тематики дипломного проектирования.

При применении средств САПР в дипломном проекте следует учитывать определенную специфику проектных процедур в зависимости от темы дипломного проекта и придерживаться общепринятых в мировой практике машиностроения алгоритмов проектирования с использованием САПР/АСТПП.

Применение автоматизированного проектирования (АП) при подготовке дипломного проекта осуществляется по двум основным направлениям: при выполнении расчетов в процессе конструирования и расчета машин и при геометрическом моделировании, связанном с созданием и использованием геометрических моделей при проектировании, технологической подготовке производства и углубленном анализе функционирования разрабатываемых объектов.

Большой класс задач АП составляют функциональный анализ проектируемых конструкций, а также их структурная и параметрическая оптимизация.

Задачи структурной оптимизации являются достаточно сложными, и поэтому в рамках дипломного проектирования

студентом рассматриваются только вопросы параметрической оптимизации, связанные с определением оптимальных конструктивных параметров объектов в смысле заданных критериев.

В рамках решения задач определения оптимальных параметров проектируемых объектов следует придерживаться следующего алгоритма.

1. Выбрать критерии оптимизации, т. е. определить наиболее важные, с точки зрения конструктора, выходные параметры проектируемого узла. В качестве выходных параметров рекомендуется выбирать металлоемкость (для большинства проектов), тяговый КПД (для тяговых машин), температуру или работу трения (при проектировании фрикционных узлов), сопротивление движению (при разработке ходовых систем) и т. д.

2. Выбрать управляемые параметры конструкции. Студент определяет те внутренние конструктивные параметры проектируемого узла, которые в рамках задания на разработку объекта могут подвергаться изменению. В качестве таких параметров могут выступать межосевые расстояния и числа зубьев зубчатых передач, число пар трения и их размеры во фрикционных узлах, нагрузки на мостах машины, длины звеньев рычажных механизмов (рулевая трапеция, поворотные механизмы) и пр.

3. Составить математическую модель оптимизации, т. е. математически описать целевую функцию. Математическая модель должна позволять определять выходные параметры проектируемого объекта при заданных значениях управляемых параметров. Вид и сложность математической модели зависят от определяемого выходного параметра. Математическая модель может быть представлена в виде алгебраических уравнений, если удастся в аналитической форме связать выходные и конструктивные параметры разрабатываемого узла или машины в целом.

Достаточно часто, когда в качестве выходного рассматривается параметр, определяемый динамическими характеристиками машины, например, работа трения фрикционных пар сцепления, время разгона, тормозной путь и т. д., математическая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, решаемую численными методами. Для получения указанных

математических моделей дипломнику рекомендуется использовать источники [6, 21].

4. При наличии двух и более выходных параметров необходимо произвести свертку векторного критерия. При этом целесообразно использовать следующие способы:

– частный критерий, если среди выходных параметров можно выделить один, наиболее полно отражающий эффективность проектируемого объекта. Этот параметр и принимается в качестве целевой функции;

– взвешенный аддитивный критерий, если условия работоспособности позволяют выделить две группы выходных параметров. В первую группу входят выходные параметры, значения которых в процессе оптимизации необходимо увеличивать:  $y_j^+(X)$ , например, производительность, тяговые качества машины, а во вторую – выходные параметры, значения которых следует уменьшать:  $y_j^-(X)$ , например, расход электроэнергии, металлоемкость. Тогда свертка векторного критерия имеет вид

$$F(X) = \sum_{j=1}^k a_j \cdot y_j^-(X) - \sum_{j=k+1}^m a_j \cdot y_j^+(X),$$

где  $k$  – число выходных параметров, значения которых следует уменьшать;

$m$  – общее число принимаемых во внимание выходных параметров;

$a_j$  – весовой коэффициент, определяющий важность, с точки зрения проектировщика, соответствующего выходного параметра.

5. Назначить ограничения-равенства и ограничения-неравенства. Ограничения-равенства получаются из математических моделей функционирования узла и, как правило, связывают между собой конструктивные параметры узла.

Ограничения-неравенства в явной или неявной формах (в виде функциональных зависимостей) задают пределы изменения управляемых параметров, например наименьшие и наибольшие значения габаритных размеров – из условия компоновки; величина колеи или базы машины – из условий устойчивости или возможности движения и маневрирования в общем транспортном потоке и т. д.

6. Выбрать численный метод решения математической модели оптимизации. В случае одномерной задачи рекомендуется метод Фибоначчи или «золотого сечения», а для многомерной оптимизации – метод Хука-Дживса, симплекс-метод или метод деформируемого многогранника. Алгоритмы указанных методов и их программная реализация приведены в работе [8].

Примеры постановки задач оптимального проектирования некоторых типовых элементов мобильных машин представлены в источниках [5, 32].

При функциональном анализе силовых передач одной из задач является определение нагрузочных режимов их работы. При проведении анализа нагрузочных режимов принято рассматривать три расчетных режима:

- 1) расчетный режим по максимальному моменту двигателя;
- 2) расчетный режим по максимальному сцеплению ведущих колес с опорной поверхностью.
- 3) расчетный режим по максимальным динамическим нагрузкам, наблюдающимся при переходных режимах движения машины.

Определение первых двух режимов возможно без использования ЭВМ, в то время как максимальные значения крутящего момента, действующие на элементы силовой передачи, могут быть определены только в результате математического моделирования. При оценке нагруженности силовой передачи средств ГЭТ с достаточной степенью точности в дипломном проекте рекомендуется использовать расчетные схемы и математические модели, приведенные в источнике [38].

Одной из важных задач при исследовании динамических колебательных систем трансмиссии является оценка частот и форм собственных крутильных колебаний ее элементов. Применяемые на практике способы определения собственных частот крутильных колебаний многомассовых систем в большинстве случаев основаны на решении системы уравнений, описывающей колебания без учета демпфирования в системе путем последовательных подстановок в эти уравнения пробных значений квадрата частоты колебаний.

При определении частот собственных колебаний можно использовать метод Толле (метод остатка) [7], основанный на равенстве нулю суммы моментов сил упругости и сил инерции масс

упругой системы при ее собственных колебаниях. Для использования метода необходимо:

- составить расчетную динамическую схему трансмиссии, используя типовые динамические звенья [8];

- определить характеристики инерционных и упругих звеньев системы [9];

- осуществить приведение параметров системы к одному из валов трансмиссии [9];

- воспользовавшись программой SOBKOL, имеющейся в лаборатории САПР кафедры, ввести в интерактивном режиме параметры системы и рассчитать собственные частоты и формы колебаний системы.

При проектировании гидравлических систем мобильных машин для синтеза их структуры и оценки работоспособности рекомендуется использовать специализированный пакет GYDRASIM, разработанный фирмой Hydraulik Ring. Он позволяет «собрать» гидравлическую систему из базовых модулей и произвести имитацию ее работы с целью оценки работоспособности и анализа изменения давлений в заданных точках. Математическое моделирование пневматических систем следует осуществлять с помощью расчетных схем и алгоритмов, приведенных в [8].

При выполнении функционального анализа проектируемых объектов, расчете динамики движения средств ГЭТ и процессов в их узлах и агрегатах, построении тяговых, динамических и прочих характеристик дипломник разрабатывает и использует специальные программные пакеты, имеющиеся на кафедре и базовых предприятиях.

После определения конструктивных параметров проектируемого узла необходимо, используя графические средства синтеза, сформировать геометрическую модель узла, на основе которой выполняется все дальнейшее проектирование.

С точки зрения создания и использования геометрических моделей при дипломном проектировании можно выделить два подхода к конструированию на основе компьютерных технологий.

**Первый** подход (традиционный) базируется на двумерной геометрической модели и использовании компьютера как электронного кульмана, позволяющего ускорить процесс



конструирования и улучшить качество оформления конструкторской документации.

Для выполнения чертежей деталей и сборочных единиц при выполнении дипломного проекта рекомендуется использовать средства двумерного черчения пакета AutoCAD или Solid Edge. При разработке электрических и электронных схем целесообразно применять пакет PCAD.

Для решения задач параметрического геометрического моделирования следует использовать параметрические макросы, разработанные на базе пакета AutoCAD с использованием языка AutoLISP. Наиболее мощной и в то же время достаточно простой, работающей на персональных компьютерах системой геометрического моделирования является пакет T-FLEX CAD, который не просто имеет параметрические возможности, а полностью является параметрической системой, разработанной именно для решения задач параметрического проектирования. Использование данного пакета дает неплохие результаты и при построении параметрических сборочных чертежей, что позволяет рекомендовать его к использованию при дипломном проектировании.

В основе в т о р о г о подхода лежит пространственная геометрическая модель изделия, которая является более наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом для решения геометрических задач. Чертеж в этих условиях играет вспомогательную роль, а способы его отображения основаны на методах визуализации пространственной модели.

Для формирования 3-мерных геометрических моделей при дипломном проектировании могут быть использованы системы автоматизированного проектирования UNIGRAPHICS, SOLID EDGE, SOLID WORKS и др., которые функционируют на специализированных гра-фических рабочих станциях.

При проектировании корпусных деталей, кабин, элементов несущих систем, а также деталей сложной геометрической формы необходимо применять метод конечных элементов (МКЭ). Его использование позволит дипломнику решить ряд задач, связанных с исследованием поведения создаваемой конструкции в различных эксплуатационных условиях:

- получить распределение напряжений и смоделировать деформации проектируемых элементов под действием заданных нагрузок, что дает возможность выявить наиболее критичные детали, требующие доработки;

- при прочностных расчетах смоделировать предельные (аварийные) состояния элементов, приводящие к их разрушению;

- провести динамический анализ поведения проектируемой конструкции в процессе ее эксплуатации, определить собственную частоту ее колебаний, попадание которой в диапазон частот двигателя может привести к резонансу и возникновению вибраций при движении машины;

- осуществить моделирование кинематики (перемещений) отдельных элементов машины.

Анализ конструкций с использованием МКЭ наиболее эффективно осуществлять на базе 3-мерных геометрических моделей, позволяющих автоматизировать процесс разбиения детали на конечные элементы и тем самым повысить производительность и качество оценки, в том числе автоматизировать программирование станков с ЧПУ, что возможно при применении специализированных графических рабочих станций. Возможно использование и отдельных программных средств, реализующих анализ конструкций МКЭ и работающих автономно.

При расчетах методом конечных элементов дипломники могут использовать следующие программы: ANSYS, MSC/NASTRAN, DYTRAN, модули FEMAP пакетов UNIGRAPHICS и SOLID EDGE. По результатам расчетов с использованием МКЭ в расчетно-пояснительной записке приводится конечно-элементная модель с задаваемыми граничными и начальными условиями, а также результаты расчета, предпочтительно в графической форме, с указанием распределения напряжений, деформаций, температур, форм колебаний и других характеристик.

При выполнении дизайнерских проектов следует использовать пакеты 3-D STUDIO, ADOBE PHOTOSHOP, COREL DRAW и др.

Для реализации задач, связанных с разработкой кабин, постов управления машин и др. целесообразно использовать пакеты эргономического анализа, позволяющие манипулировать моделью человека внутри пространства, определяемого узловыми точками, что дает возможность выделить наиболее удачный вариант

размещения водителя и пассажиров, специального оборудования, узлов и агрегатов машины. Необходимо осуществить анализ таких эргономических параметров, как обзорность, досягаемость, доступность рабочего места и рабочая поза. Для выполнения данного вида работ можно рекомендовать 3-мерное моделирование.

Для построения графических зависимостей функций одной или двух переменных целесообразно использовать пакет GRAPHER фирмы Golden Software. При этом рекомендуется следующий порядок работы с указанными программными продуктами:

- построение графиков, их сглаживание, формирование осей координат, нанесение сетки осуществлять непосредственно с помощью указанных программ;

- при необходимости импортировать полученные графики в пакеты двумерного черчения, например AutoCAD, где произвести окончательное их оформление в соответствии с требованиями к оформлению расчетно-пояснительной записки.

Текстовые документы и расчетно-пояснительная записка разрабатываются с помощью доступных текстовых редакторов, наиболее удобным из которых является MICROSOFT WORD.

Оформление спецификаций сборочных чертежей может быть автоматизировано с использованием соответствующих средств пакетов AutoCAD, T-FLEX CAD, систем PROENGINEER, UNIGRAPHICS и др.

Реализация задач обработки табличной информации при выполнении разделов дипломного проекта успешно решается с использованием пакета EXCEL.

Разработанная с использованием средств автоматизации графическая и текстовая документация представляется к защите дипломного проекта в виде чертежей, выполненных с помощью плоттеров, и в пояснительной записке. При необходимости при защите проекта часть материала может представляться на компьютере с помощью электронных демонстрационных средств. Для формирования презентаций рекомендуется использовать пакет POWER POINT, а также пакеты создания анимационных роликов, например, PINNACLES STUDIO 8.

Математическое моделирование в технико-экономическом анализе конструкций следует осуществлять в соответствии со следующими рекомендациями.

Конкретные виды, классы изделий могут быть описаны системой показателей – конструктивных, экономических, производственных и т. д. Однако для дальнейшего использования накопленного опыта проектирования, отраженного в значениях показателей выпускаемых машин, необходимо выполнить определенные процедуры обобщения этого опыта, выявить и проанализировать тенденции, закономерности, взаимосвязи, проявляющиеся в имеющейся совокупности изделий, с тем чтобы, оценив их количественно, использовать при создании новых технических объектов.

Результаты корректного обобщения при интерполировании их на новые проектируемые изделия не только позволяют обоснованно оценить экономический эффект от использования создаваемой машины, но и могут быть использованы при постановке и решении оптимизационных задач выбора отдельных технических параметров и организационных условий производства и эксплуатации.

Для проведения обобщений системы показателей, выраженной в технико-экономических моделях, нужно представить массив данных в виде соответствующих математических моделей. Применительно к технико-экономическому анализу новых изделий математическое моделирование наиболее широко используется при формировании моделей различных расходных показателей (затрат на проектирование, трудоемкости, материалоемкости и себестоимости изготовления, эксплуатационных затрат). При этом приходится разрешать определенное противоречие между сложностью формального описания конкретного класса изделий в виде матрицы различных параметров и показателей и необходимостью упростить получаемые модели для их практического использования. В настоящее время отсутствует строгий алгоритм, который бы позволял получить оптимальную модель автоматически. Зачастую приходится опробовать многие варианты модели, прежде чем удастся найти даже не наилучший, а более или менее удовлетворительный вариант.

Можно выделить ряд обычно выполняемых этапов математического моделирования. Содержание этапов применительно к задачам технико-экономического анализа в общем виде можно представить следующим образом.

1. Определение целей и задач моделирования, разработка концептуальной модели, формирование перечня показателей и параметров,

взаимосвязи между которыми интересуют разработчика, а также масса статистических данных. При этом:

- устанавливают показатель, выступающий в виде исследуемой функции (например, себестоимость изделия, приведенные затраты эксплуатации, годовой экономический эффект и т. д.);

- формируют набор параметров и показателей, наиболее полно отражающих характерные свойства данного класса изделий и определяющих (по априорной оценке) значение исследуемой функции;

- разрабатывают технико-экономические модели взаимосвязей параметров и показателей;

- формируют массив статистических данных, соответствующих выбранным параметрам, показателям и классификации изделия.

2. Составление формального описания объекта моделирования. На данном этапе объект моделирования описывается в терминах конкретной области знаний. При этом:

- формируют предварительные представления о характере взаимосвязей между параметрами и показателями, описывающими данный класс изделий, например, осуществляется оценка внутренних корреляционных связей между отдельными параметрами, степень их независимости. При этом возможно сокращение числа параметров и показателей за счет исключения из него функционально зависимых или имеющих тесные корреляционные связи параметров и показателей;

- устанавливают общий вид зависимостей между показателями. Например, при разработке моделей себестоимости на этом этапе устанавливают форму связи (линейную, нелинейную) между себестоимостью, с одной стороны, и параметрами и показателями – с другой, обосновывают общий вид модели.

3. Преобразование формального описания в математическую модель. При этом:

- решают задачу наилучшего подбора количественных параметров модели (например, коэффициентов, показателей степеней при разработке корреляционных моделей) с одновременной оценкой ее качества. При этом широко используют методы статистической обработки данных, с помощью которых, например, оценивают существенность отдельных параметров и показателей. Такая оценка позволяет сконструировать модель,

наилучшим образом соответствующую исходному статистическому материалу;

- рассматривают возможность перенесения закономерностей, отражаемых полученной моделью, на конкретный класс изделий, подвергавшийся исследованиям, т. е. рассматривается возможность перенесения выводов, сделанных по выборке (конкретным моделям изделий, включенным в анализ), на генеральную совокупность (включая и новые проектируемые изделия).

#### 4. Исследование характеристик модели.

В этом случае по результатам эталонного тестирования намечают меры по улучшению качества модели (степени достоверности, адекватности и т. д.), в основе которых, например, лежит выбор иной формы связи между себестоимостью и параметрами изделий, изменение первоначальной схемы классификации и соответствующего ей массива статистических данных и т. д.

## 8. РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Рекомендованный перечень вопросов раздела расчетной части пояснительной записки:

- мощный баланс;
- расчеты массогабаритных параметров;
- определение кинематики;
- расчеты тягово-динамических характеристик;
- определение основной компоновки и расчеты координат центра масс;
- проектировочные расчеты электропривода (определение мощности и выбор электродвигателя и системы управления). Выбор схемы привода к ведущим колесам;
- проектировочные расчеты элементов механических передач, выбор передаточных отношений и чисел зубьев зубчатых передач; геометрические расчеты зубчатых передач;
- приближенное определение динамических нагрузок по статистическим данным, эмпирическим формулам, расчетам;
- расчетное определение нагрузочного режима;

- проверочный расчет зубчатых передач на усталость и прочность;
- расчет подшипников;
- расчет фрикционных элементов;
- расчет валов и шлицевых соединений;
- расчет рычажных механизмов (например, рулевого привода);
- расчет гидравлических (электрогидравлических, электрических и др.) систем управления;
- расчет систем виброзащиты, систем кондиционирования воздуха в пассажирском салоне и системы отопления, звукоизоляции и звукопоглощения.

### 8.1. Нагрузочный режим электромеханической трансмиссии транспортной машины

При проектировании электромеханической трансмиссии необходимо определить ее кинематическую схему, т. е. пути и способы подвода мощности от электродвигателя до колес. Различают бортовые и мостовые схемы, причем и те и другие могут быть с заблокированным, дифференциальным или смешанным приводом. Кроме того, выпускают изделия, имеющие не один, а несколько электродвигателей, каждый из которых приводит во вращение группу ведущих колес или мостов.

**Тяговым электроприводом** ведущих колес ходовой части изделия ГЭТ называют устройство для управляемого преобразования электрической энергии в механическую (в режиме тяги) или механической в электрическую (в режиме реостатного или рекуперативного торможения). Механическая энергия привода расходуется на создание на ведущих колесах крутящего момента, обеспечивающего поступательное движение изделия. Электропривод троллейбуса состоит из электродвигателя и тяговой механической передачи, включающей карданное соединение и ведущий мост с редуктором. Применение колесного планетарного редуктора позволяет обеспечить оптимальный режим работы тягового двигателя и за счет этого снизить удельные весовые показатели и габариты трансмиссии в целом.

Тяговые передачи троллейбусов классифицируются:

- по количеству ведущих мостов;

- количеству тяговых электродвигателей;
- расположению тяговых электродвигателей на шасси;
- типу и расположению элементов редуктора.

Наибольшее распространение получили тяговые передачи с одним и двумя ведущими мостами. Троллейбусы выполняются с одним, двумя и, в редких случаях, четырьмя тяговыми электродвигателями. В зависимости от их расположения относительно заднего ведущего моста различают троллейбусы: с расположением электродвигателей передним, задним и с расположением внутри ведущих колес.

На рис. 8.1 приведены основные схемы тяговой передачи с одним ведущим мостом. Наибольшее распространение получила схема (рис. 8.1, *а*), в которой передача имеет один тяговый электродвигатель расположенный впереди ведущего моста. Крутящий момент от электродвигателя 1 к ведущим колесам 2 передается карданным валом 3 и на двойную разнесенную главную передачу, состоящую из центрального конического редуктора 4, межколесного дифференциала 5 и планетарных передач 6, размещенных в ступицах колес.

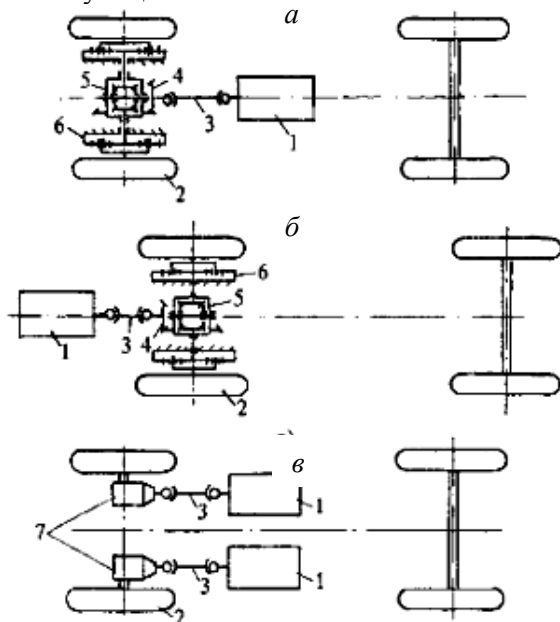


Рис. 8.1. Схемы тяговой передачи троллейбусов с одним ведущим мостом



При заднем расположении тягового электродвигателя (позади ведущего моста) крутящий момент от электродвигателя передается к ведущим колесам 2 аналогично как и по схеме на рис 8.1, а. Как правило, заднее расположение электродвигателя предопределяет и заднее расположение тяговой электроаппаратуры. В этом случае достигается минимальная протяженность электропроводки, улучшается изоляция и уменьшается утечка тока.

На рис. 8.1, в показана тяговая передача с электродвигателями 1, расположенными впереди ведущего моста. От каждого двигателя вращающий момент через карданные передачи 3 и редукторы 7 передается к одному из ведущих колес. К преимуществам такой схемы относится отсутствие механической дифференциальной связи между ведущими колесами, что позволяет более полно использовать тяговые свойства троллейбуса, так как при буксовании одного колеса второе продолжает развивать максимальную касательную силу тяги. Передачи с двумя тяговыми электродвигателями позволяют существенно понизить уровень пола в троллейбусе благодаря меньшим размерам двигателей и редукторов. Недостатками такой передачи являются некоторое увеличение веса и удорожание оборудования.

На рис. 8.2 показаны схемы тяговой передачи троллейбусов с двумя ведущими мостами. Схема (рис. 8.2, а) содержит один тяговый электродвигатель 1, расположенный впереди двух задних ведущих мостов, который передает мощность через карданные передачи 3, межосевой дифференциал 7, главные передачи 4, межколесные дифференциалы 5 и конечные передачи 6 к ведущим колесам 2 среднего и заднего ведущего моста. При установке межосевого и межколесных дифференциалов все четыре движущих колеса получают от тягового электродвигателя 1/4 часть мощности (без учета внутреннего трения в дифференциале) независимо от режима их работы. В частности, при попадании одного из колес на участок дороги с низким коэффициентом сцепления и его проскальзывании падает не только мощность, реализуемая этим колесом, но и мощность, реализуемая остальными ведущими колесами. В этом, как известно, состоит основной недостаток всех приводов дифференциального типа.

*a*

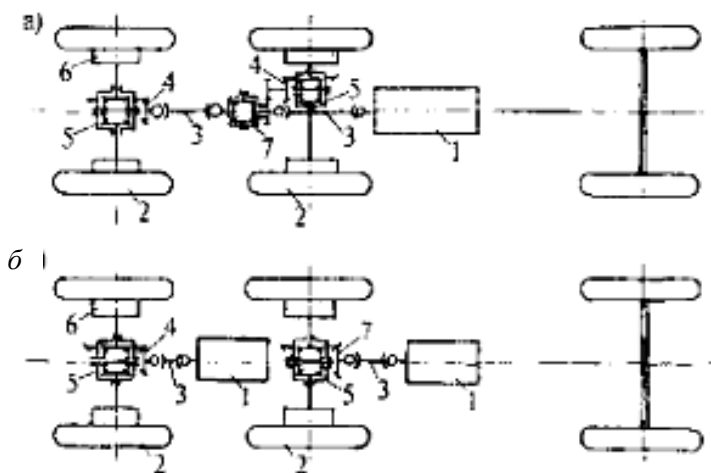


Рис. 8.2. Схемы тяговой передачи троллейбусов с двумя ведущими мостами

На рис. 8.2, б показана тяговая передача с продольным расположением двух электродвигателей впереди ведущих мостов. Каждый из них передает тяговый момент к ведущим колесам 2 одного из мостов через карданную передачу 3, главную передачу 4, межколесный дифференциал 5 и конечную передачу 6.

Тяговая передача принадлежит к ответственным частям механического оборудования современного троллейбуса. К ней предъявляются следующие требования:

- отсутствие шума, в том числе при передаче больших значений вращающих моментов и при значительной частоте вращения якоря тягового электродвигателя;
- возможность реализации значительных передаточных чисел при минимальных размерах редуктора;
- достаточно высокий КПД;
- простота конструкции и относительно низкая стоимость изготовления механизмов и устройств;
- высокая износостойкость деталей и узлов;
- высокая работоспособность механизмов, обеспечивающая бесперебойную эксплуатацию троллейбуса;
- простота и экономичность технического обслуживания.

При разработке конструкции городского электрического транспорта для привода ходовых систем применяются мотор-колесные приводы, состоящие из встроенного электромеханического привода внутри ведущего колеса со схемами исполнения  $4\times 2$ ,  $4\times 4$  и др.

В современных троллейбусах в большинстве случаев применяются конструкции ведущих мостов, основные типы которых представлены на рис. 8.3–8.5.

Рельсовый городской электрический транспорт, включающий вагоны трамвайные и метрополитена, имеет аналогичные электромеханические трансмиссии.

Для передачи вращающего момента, развиваемого тяговым двигателем, от его вала на ось колесной пары и уменьшения частоты вращения колесной пары служат зубчатые или карданно-редукторные передачи, которые одновременно с уменьшением частоты вращения колесной пары увеличивают ее вращающий момент. Конструкция передачи и ее передаточное число зависят от типа и конструкции тягового двигателя, частоты его вращения и способа подвески.

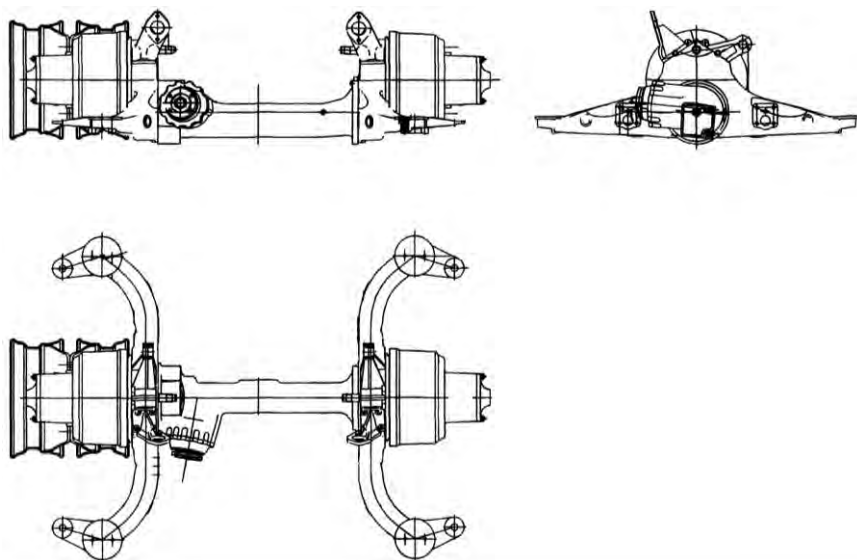


Рис. 8.3. Ведущий мост для низкопольных троллейбусов

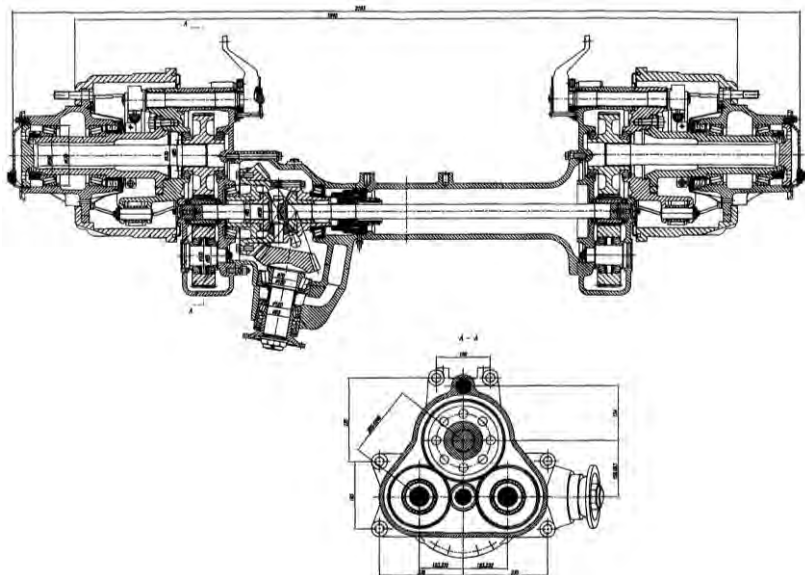


Рис. 8.4. Ведущий мост для низкопольных троллейбусов со смещенным приводом и дополнительной механической передачей

Прямая зубчатая передача (рис. 8.6, *a*) применяется на вагонах с опорно-осевым подвешиванием тягового двигателя

Она состоит из малой цилиндрической шестерни, насаженной на вал тягового двигателя, и зубчатого колеса, укрепленного на оси колесной пары.

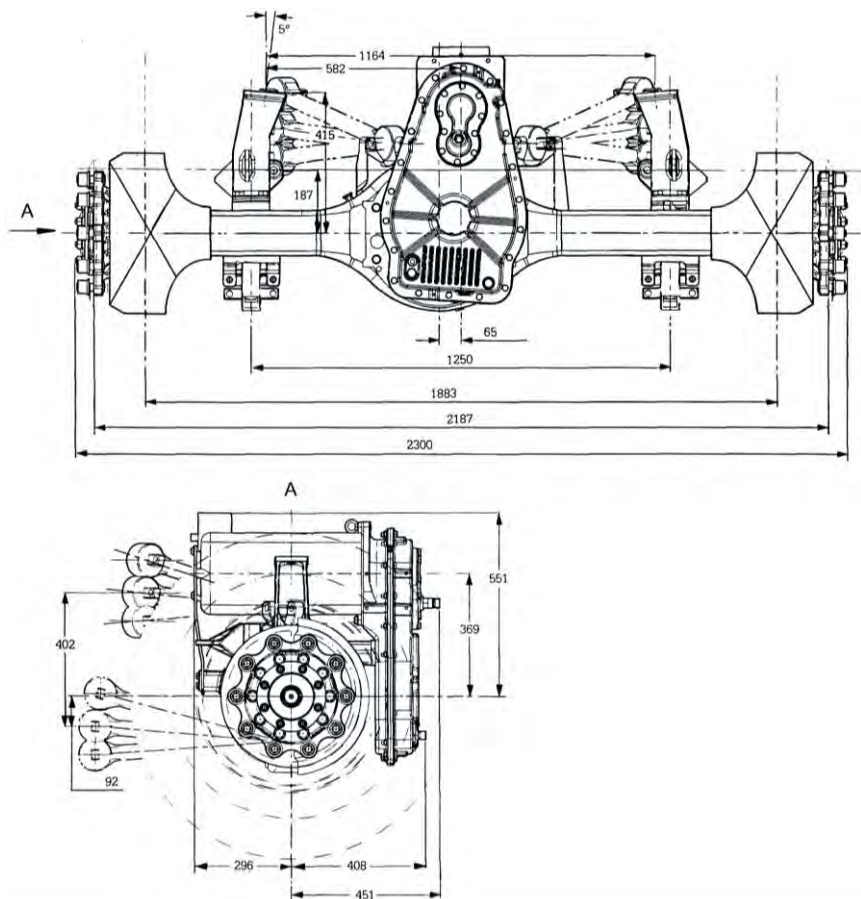


Рис. 8.5. Ведущий мост универсальный

Карданно-редукторная передача (рис. 8.6, б–д) применяется при рамном подвешивании тягового двигателя. Вращение от вала тягового двигателя на ось колесной пары в этом случае передается через карданный вал 5 или упругую муфту и редуктор 6. Редуктор представляет собой одно- или двухступенчатую зубчатую передачу, смон-тированную в отдельном корпусе.

*a*

*б*

*в*

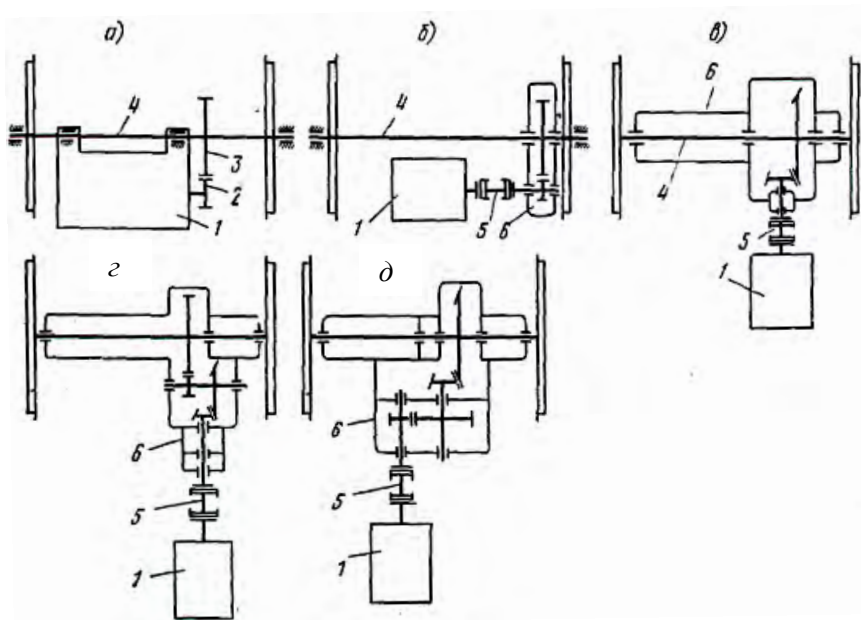


Рис. 8.6. Кинематические схемы передаточных механизмов:

*а* – прямая зубчатая передача (вагон МТВ-82а); *б* – карданно-редукторная передача с цилиндрическим редуктором (вагон МТВ-82б); *в* – карданно-редукторная передача с коническим редуктором (вагоны КТМ-5МЗ, Т-3); *г* – карданно-редукторная передача с коническо-цилиндрическим редуктором (вагоны РВЗ-6 и ЛМ-68М); *д* – карданно-редукторная передача с цилиндрическо-коническим редуктором (вагон Т-3): 1 – тяговый двигатель; 2 – малая цилиндрическая шестерня; 3 – зубчатое колесо; 4 – ось колесной пары; 5 – карданный вал; 6 – редуктор

Таблица 8.1

### Рекомендуемые нагрузочные режимы ГЭТ

Характеристики нагрузки ГЭТ	Для точного расчета	Для укрупненного расчета
-----------------------------	---------------------	--------------------------

	Время, %	Нагруз ка, % от ном.	Рас- четная нагр., % от ном.	Время, %	Нагруз ка, % от ном.	Расчет ная нагр., % от ном.
1. Ненагруженный	6,0	0–10	5	27	0–30	15
2. Малоагруженный	21	10–30	20	–	–	–
3. Заняты все сидячие места	32	30–60	45	32	30–60	45
4. Умеренная нагрузка	24	60–90	75	34,7	60–100	65
5. Номинальная нагрузка	10	90–110	100	–	–	–
6. Типовая нагрузка	6	110–140	125	7	Св. 100	125
7. Предельная нагрузка	1	Св. 40	По рас- чету	–	–	–

## 8.2. Расчет планетарных передач

### 8.2.1. Общие сведения о планетарных передачах

**Планетарная зубчатая передача** – механизм для передачи и преобразования вращательного движения, содержащий зубчатые колеса с перемещающейся осью вращения хотя бы одного из них.

На рис. 8.7 приведены схемы простейших трехзвенных планетарных механизмов (ТПМ). Каждый ТПМ содержит центральные колеса  $a$  и  $b$  ( $a$  – меньшее колесо), оси которых неподвижны, сателлиты  $g$ ,  $f$  – колёса с перемещающимися осями и водило  $H$  – звено, в котором установлены сателлиты.

Особенности ТПМ – многопоточность передачи энергии несколькими сателлитами. Поэтому планетарные передачи имеют малые габариты и массы.

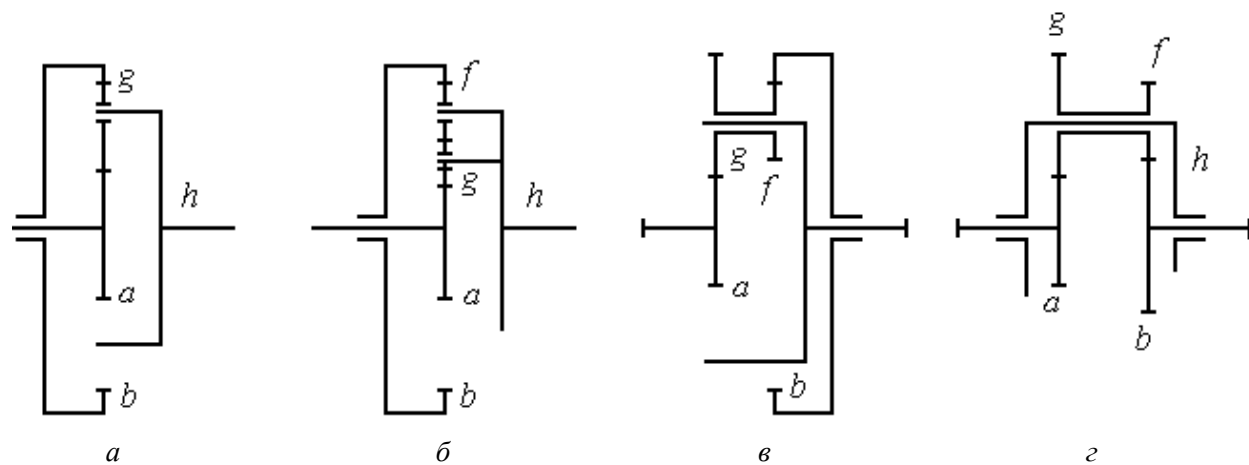


Рис. 8.7. Простейшие трехзвенные планетарные механизмы:  
*a* – с однозвенными сателлитами; *б* – с парными сателлитами; *в* и *г* – с двухзвенными сателлитами



Свойства ТПМ в основном характеризует передаточное отношение  $i_{ab}^H$  при мысленно остановленном водиле:

$$i_{ab}^H = \frac{\omega_a - \omega_H}{\omega_b - \omega_H} = \text{const.}$$

Характерный параметр  $i_{ab}^H$  – внутреннее передаточное отношение. Из этого выражения следует уравнение кинематической связи

$$\left( -i_{ab}^H \right) \omega_H = \omega_a - i_{ab}^H \omega_b.$$

Это уравнение кинематической связи по структуре остается неизменным, если за характерный параметр взять передаточное отношение между двумя любыми основными звеньями механизма при остановленном третьем. В ТПМ с  $p, q, r$  в качестве характерного параметра применяется передаточное отношение  $i_{pq}^r$ . Тогда получим уравнение кинематической связи:

$$\left( -i_{pq}^r \right) \omega_r = \omega_p - i_{pq}^r \omega_q.$$

Модуль внутреннего передаточного отношения называют конструктивным параметром  $k$ :

$$i_{ab}^H = k \quad \forall \quad i_{ab}^H > 0;$$

$$i_{ab}^H = -k \quad \forall \quad i_{ab}^H < 0.$$

У ТПМ с одновенцовыми сателлитами и с парными сателлитами (рис. 8.7, *a* и *б* соответственно)

$$k = \frac{z_b}{z_a}.$$

У ТПМ с двухвенцовыми сателлитами (рис. 8.7, в и з)

$$k = \frac{Z_b}{Z_a} \cdot \frac{Z_g}{Z_f}.$$

При помощи уравнения кинематической связи решаются следующие задачи:

1. Определение передаточных отношений ТПМ, если он является редуктором:

$$i_{aH} = 1 - i_{ab}^H;$$

$$i_{bH} = \frac{i_{ab}^H - 1}{i_{ab}}.$$

2. Определение относительных угловых скоростей сателлитов:

$$\omega_g = \pm \frac{Z_a}{Z_g} (\omega_a - \omega_H);$$

$$\omega_f = \pm \frac{Z_b}{Z_f} (\omega_b - \omega_H).$$

Здесь знак «плюс» соответствует внутреннему зацеплению, а знак «минус» – внешнему.

### **8.2.2. Определение моментов, действующих на звенья трехзвенного планетарного механизма**

Из условия равновесия и закона сохранения энергии получим

$$M_a + M_b + M_H = 0; \quad (8.1)$$

$$M_a \omega_a + M_b \omega_b + M_H \omega_H = 0. \quad (8.2)$$

Подставив выражение  $M_H = -(M_a + M_b)$  в уравнение (8.2), найдем

$$M_a(\omega_a - \omega_H) + M_b(\omega_b - \omega_H) = 0.$$

Тогда

$$i_{ab}^H M_a + M_b = 0.$$

Подставив в уравнение равновесия (8.1) выражение  $M_b = -i_{ab}^H M_a$ , получим

$$(1 - i_{ab}^H) M_a + M_H = 0.$$

Если вместо передаточного отношения  $i_{ab}^H$  использовать конструктивный параметр, то полученные предыдущие выражения принимают вид

$$\mp k M_a + M_b = 0;$$

$$(1 \pm k) M_a + M_H = 0.$$

Верхний знак принимают, если  $i_{ab}^H < 0$ ; нижний знак – при  $i_{ab}^H > 0$ .

### 8.2.3. Момент блокировочных фрикционов

В планетарной передаче блокировочный фрикцион (БФ) может соединять два основных звена, принадлежащих к одному или разным ТПМ. Если включить БФ при заторможенном ведомом звене ( $\omega_x = 0$ ), то вся энергия, подводимая к ведущему валу, будет поглощаться работой трения БФ:

$$M_0 \omega_0 = M_{\Phi} |\omega_p - \omega_q|,$$

где  $M_0$  – момент на ведущем звене;

$\omega_0$  – угловая скорость ведущего звена;

$M_{\phi}$  – момент трения БФ;

$\omega_{\rho}$  и  $\omega_q$  – угловые скорости звеньев, соединяемых БФ, при  $\omega_x = 0$ .

Отсюда

$$M_{\phi} = \frac{M_0 \omega_0}{|\omega_{\rho} - \omega_q|_{\omega_x=0}}.$$

#### 8.2.4. Силовой и кинематический анализ планетарных передач

При кинематическом и силовом анализе кинематических схем планетарных передач удобно использовать безразмерные величины. Безразмерная величина, обозначаемая чертой над буквой, соответствует отношению абсолютной величины к величине на входе:  $\bar{\omega}_{ai} = \omega_{ai} / \omega_0$ ,  $\bar{M}_{bi} = M_{bi} / M_0$  и т. д. Соответствующие безразмерные величины на входе  $\bar{\omega}_0 = 1$ ,  $\bar{M}_0 = 1$ .

##### Кинематический анализ

Сложный планетарный редуктор состоит из нескольких ТПМ. Согласно уравнению кинематической связи зависимость между угловыми скоростями звеньев  $i$ -го ТПМ описывается уравнением

$$(1 - i_{ab}) \bar{\omega}_H = \bar{\omega}_a - i_{ab} \bar{\omega}_b.$$

Жесткая связь между звеньями составляющих зубчатых механизмов отображается равенством угловых скоростей. Дополнительные ограничения на вращение звеньев накладываются включаемыми элементами управления.

Например, в многоступенчатом редукторе (рис. 8.8) звенья  $a_1$  и  $a_2$  связаны с ведущим валом. Звено  $b_1$  – с ведомым, звено  $H_1$  связано со звеном  $b_2$  и включает тормоз  $T_1$  звена  $b_1$ . Эти условия отражаются уравнениями

$$\bar{\omega}_{a1} = 1; \quad \bar{\omega}_{a2} = 1; \quad \bar{\omega}_{H1} = \bar{\omega}_{b2}; \quad \bar{\omega}_{b1} = 0.$$

Результаты кинематического анализа планетарной передачи приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Кинематический анализ планетарной передачи.

Номер передачи	1	2	3
Вкл. элементы управления	$T_2$	$T_1$	$\Phi$
$\bar{\omega}_{a_1}$	1	1	1
$\bar{\omega}_{b_1}$	$-\frac{1}{k_1}$	0	1
$\bar{\omega}_{H_1}$	0	$\frac{1}{1+k_1}$	1
$\bar{\omega}_{a_2}$	1	1	1
$\bar{\omega}_{b_2}$	0	$\frac{1}{1+k_1}$	1
$\bar{\omega}_{H_2}$	$\frac{1}{1+k_2}$	$\frac{1+k_1+k_2}{(1+k_1)(1+k_2)}$	1

*Силовой анализ*

Цель силового анализа – определение нагрузок и мощностей на звеньях исследуемой планетарной передачи. Для этого составляются уравнения равновесия ТПМ:

$$\bar{M}_{ai} i_{abi} + \bar{M}_{bi} = 0;$$

$$M_{ai}(1 - i_{abi}) + \bar{M}_{Hi} = 0,$$

и уравнения равновесия звеньев планетарной передачи

$$\sum \bar{M}_{xi} + \sum \bar{M}_{yi} = 0,$$

где  $\sum \bar{M}_{xi}$  – сумма внутренних моментов (табл. 8.3), действующих на  $i$ -е звено;

$\sum \bar{M}_{yi}$  – сумма внешних моментов, действующих на  $i$ -е звено передачи.

За внешние моменты приняты моменты на ведущем и ведомом валах и реактивные моменты, действующие на звенья передачи со стороны включенных муфт и тормозов. Внутренние моменты – моменты, действующие на звенья  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $H_i$  со стороны зубчатых колес.

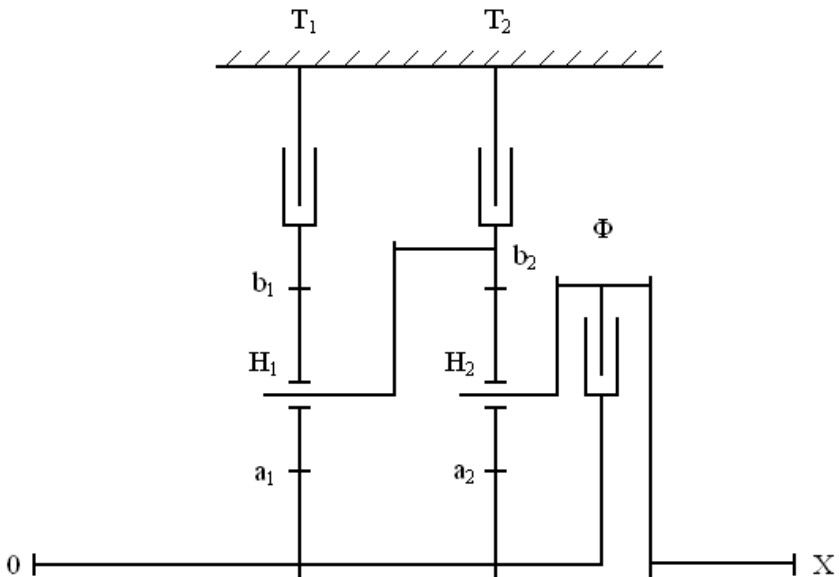


Рис. 8.8. Схема трехступенчатого планетарного редуктора

В табл. 8.3 приведены результаты силового анализа трехступенчатого планетарного редуктора (см. рис. 8.8).

Силовой анализ планетарной передачи

Номер передачи	1	2	3
Вкл. элементы управления	$T_2$	$T_1$	$\Phi$
$\bar{M}_{a_1}$	0	$-\frac{k_2}{(1+k_1)(1+k_2)}$	0
$\bar{M}_{b_1}$	0	$-\frac{k_1 k_2}{(1+k_1)(1+k_2)}$	0
$\bar{M}_{H_1}$	0	$\frac{(1+k_1)k_2}{(1+k_1)(1+k_2)}$	0
$\bar{M}_{a_2}$	-1	$-\frac{1+k_1}{1+k_1+k_2}$	0
$\bar{M}_{b_2}$	$k_2$	$-\frac{(1+k_1)k_2}{1+k_1+k_2}$	0
$\bar{M}_{H_2}$	$1+k_2$	$\frac{(1+k_1)(1+k_2)}{1+k_1+k_2}$	0

### 8.2.5. Определение КПД планетарных передач

В ТПМ энергия передается как при относительном, так и при переносном движении. Передача энергии при относительном движении сопровождается потерями энергии в зацеплении и в опорах зубчатых колес; при переносном движении эти потери отсутствуют.

Рассмотрим передачу энергии при относительном движении.

Если энергия передается от звена  $a$  к звену  $b$ , то

$$M_a(\omega_a - \omega_H)\eta_0 + M_b(\omega_b - \omega_H) = 0$$

или

$$M_a i_{ab}^H \eta_0 + M_b = 0.$$

Если энергия передается от звена  $b$  к звену  $a$ , то

$$M_a(\omega_a - \omega_H) + M_b(\omega_b - \omega_H)\eta_0 = 0$$

или

$$M_a i_{ab}^H / \eta_0 + M_b = 0.$$

Таким образом, уравнения моментов ТПМ с учетом потерь энергии преобразуются к виду

$$M_a i_{ab}^H \eta_0^\chi + M_b = 0;$$

$$M_a(1 - i_{ab}^H \eta_0^\chi) + M_H = 0.$$

Если вместо внутреннего передаточного отношения  $i_{ab}^H$  использовать конструктивный параметр, то полученные выражения принимают следующий вид:

$$\mp k \eta_0^\chi M_a + M_b = 0;$$

$$(\mp k \eta_0^\chi + 1) M_a + M_H = 0.$$

### **8.2.6. Геометрические условия существования планетарного механизма**

#### *Условие соосности*

Соосные механизмы получаются совмещением осей трех основных звеньев. Это достигается за счет одинаковых межосевых расстояний  $a_w$  для двух пар зубчатых колес.

Для ТПМ с двухвенцовыми сателлитами (рис. 8.9)

$$a_{w(ag)} = a_{w(br)}.$$



Выражая межосевые расстояния через модуль, числа зубьев, угол профиля и угол зацепления, получим

$$\frac{m_1(Z_a + Z_g)\cos\alpha}{2\cos\alpha_{w(ag)}} = \frac{m_2(Z_b \pm Z_f)\cos\alpha}{2\cos\alpha_{w(bf)}}$$

или

$$\frac{m_1(Z_a + Z_g)}{\cos\alpha_{w(ag)}} = \frac{m_2(Z_b \pm Z_f)}{\cos\alpha_{w(bf)}}.$$

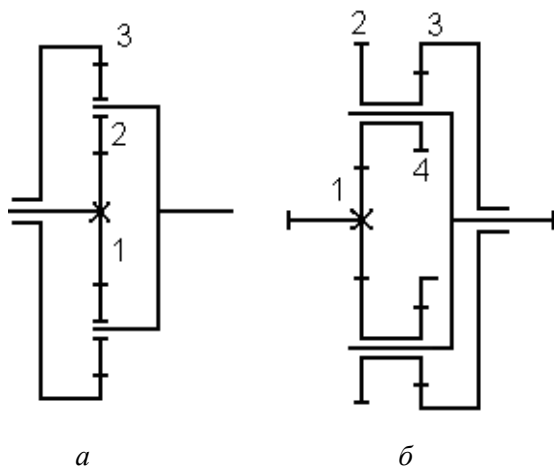


Рис. 8.9. Планетарный механизм типа 2К-Н, в котором одно центральное колесо с наружными зубьями, а второе – с внутренними:

*a* – с одновенцовыми сателлитами;  
*б* – с двухвенцовыми сателлитами

В частном случае при  $m_1 = m_2$  и  $\alpha_{w(ag)} = \alpha_{w(bf)}$  условие соосности будет иметь вид

$$Z_a + Z_g = Z_b \pm Z_1.$$

При этом коэффициенты смещения зубчатых колес связаны условием

$$X_a + X_g = X_b \pm X_l.$$

Для ТПМ с одновенцовыми сателлитами (рис. 8.9, а) условие соосности записывается в виде

$$\frac{(Z_a + Z_g)}{\cos \alpha_{w(ag)}} = \frac{(Z_b - Z_g)}{\cos \alpha_{w(bg)}}.$$

Откуда

$$\frac{Z_a + Z_g}{Z_b - Z_g} = c; \quad \frac{\cos \alpha_{w(ag)}}{\cos \alpha_{w(bg)}} = c.$$

Здесь  $c$  – коэффициент чисел зубьев,  $c = 0,95-1,05$ .  
Из условия соосности найдем

$$Z_g = \frac{Z_b - Z_a}{c+1} + \frac{c-1}{c+1} Z_b.$$

На практике при подборе чисел зубьев используется выражение

$$Z_g = \frac{Z_b - Z_a}{2} + v,$$

где  $v$  – добавка до целого:

$$|v| \leq 0,025 Z_b.$$

Если  $v = 0$ , то  $\alpha_{w(ag)} = \alpha_{w(bg)}$ ,  $X_a + X_g = X_b - X_l$ .

Если  $v < 0$ , то  $\alpha_{w(ag)} > \alpha_{w(bg)}$ .

Если  $v > 0$ , то  $\alpha_{w(ag)} < \alpha_{w(bg)}$ .

*Условие собираемости*

Условие собираемости определяет возможность нормального зацепления зубчатых колес ТПМ.

Рассмотрим условие собираемости для однорядного ТПМ. Пусть при сборке эпицикл (звено  $b$ ) остается неподвижным. Тогда при установке первого сателлита солнечная шестерня (звено  $a$ ) займет определенное положение. Для установки второго сателлита нужно по-вернуть водило (звено  $H$ ) на угол

$$\varphi_H = \frac{2\pi}{n_w},$$

где  $n_w$  – число сателлитов.

При этом согласно уравнению кинематической связи солнечная шестерня  $a$  при неподвижном эпицикле  $b$  повернется на угол

$$\varphi_a = (1 - i_{ab}^H) \varphi_H = \frac{2\pi}{n_w} \left(1 + \frac{z_b}{z_a}\right).$$

Чтобы можно было установить второй сателлит, солнечная шестерня должна повернуться на целое число  $\Pi$  зубьев, т. е.

$$\frac{2\pi}{z_a} \Pi = \frac{2\pi}{n_w} \left(1 + \frac{z_b}{z_a}\right).$$

Из этого уравнения следует условие

$$\frac{z_b + z_a}{n_w} = \Pi.$$

Для ТПМ с парными сателлитами условие собираемости получим в виде

$$\frac{z_b \pm z_a}{n_w} = \Pi;$$

для ТПМ с двухвенцовыми сателлитами

$$\frac{z_b z_g \pm z_a z_f}{n_w} = \text{Ц}.$$

Знак в формулах противоположен знаку внутреннего передаточного отношения.

#### *Условие соседства*

Чем больше спутников, тем большей нагрузочной способностью обладает передача. Увеличение числа спутников ограничивается условиями их размещения в одном ряду:

$$2a_w \sin \frac{\pi}{n_w} \geq \left( d_a \right) + \Delta,$$

где  $a_w$  – межосевое расстояние;

$n_w$  – число спутников;

$\left( d_a \right)$  – диаметр окружности вершин спутника;

$\Delta$  – минимально допустимое значение промежутка между спутниками.

#### ***8.2.7. Расчет на выносливость и прочность зубчатых колес планетарного механизма типа 2К-Н, в котором одно колесо центральное – с наружными зубьями, а второе – с внутренними***

Расчет зубчатых колес трехзвенного планетарного механизма (ТПМ) на выносливость и прочность производится по методике НАН Республики Беларусь – БНТУ [34]. Оценка выносливости производится в километрах пробега машины.

На рис. 8.9 представлены два варианта передач 2К-Н, которые используются в приводах транспортных машин при любых режимах работы. В первом варианте используется однозвенный спутник, во втором – двухзвенный.

В общем случае зубчатые колеса ТПМ работают на нескольких ступенях регулирования скорости движения (передачах). В таком случае нагрузочный режим задается для каждой  $j$ -й ступени значением расчетного момента  $T_j$  на валу водила, относительным

числом оборотов  $n_j$  спутника за 1 км пробега, относительным пробегом  $\gamma_j$ , относительной угловой скоростью  $\omega_j$  спутника, коэффициентами эквивалентности  $K_{nH_j}$  и  $K_{nF_j}$  числа циклов контактного напряжения и числа циклов напряжения изгиба соответственно.

Такой режим многоступенчатого нагружения приводится к одноступенчатому (обобщенному) с одним расчетным (наибольшим из всех ступеней нагружения) значением момента  $T_H$  на водиле ТПМ, с одним расчетным суммарным значением относительного числа оборотов спутника за 1 км пробега  $n_{\Sigma 2}$ , с одним значением общего относительного пробега, соответствующего работе ТПМ под нагрузкой  $\gamma_{\Sigma}$ , с одним средним значением относительной угловой скорости спутника  $\omega_m$  и коэффициентами эквивалентности числа циклов контактного напряжения  $K_{nH_o}$  и числа циклов напряжения изгиба  $K_{nF_o}$  обобщенного режима:

$$T_H = \max \left( T_j \right);$$

$$n_{\Sigma} = \sum n_j \gamma_j;$$

$$\gamma_{\Sigma} = \sum \gamma_j;$$

$$\omega_m = \sum \omega_j \gamma_j / \gamma_{\Sigma};$$

$$K_{nH_o} = \sum \left( \frac{T_j}{T_H} \right)^{nH} \frac{n_j \gamma_j}{n_{\Sigma}} K_{nH_j};$$

$$K_{nF_o} = \sum \left( \frac{T_j}{T_H} \right)^{mF} \frac{n_j \gamma_j}{n_{\Sigma}} K_{nF_j}.$$

Средняя окружная скорость в зацеплении  $v_j$

$$v_2 = \frac{\omega_m d_{w2}}{2 \cdot 10^3}, \text{ м/с;}$$

$$v_4 = \frac{\omega_m d_{w4}}{2 \cdot 10^3}, \text{ м/с,}$$

где  $d_{w2}$  и  $d_{w4}$  – начальный диаметр зубчатого венца 2 сателлита и зубчатого венца 4 сателлита соответственно (см. рис. 8.9), мм.

Расчетный момент, подведенный к сателлитам:

$$T_g = \frac{T_H z_2}{k + 1 z_1},$$

где  $z_1$  и  $z_2$  – число зубьев центрального зубчатого колеса 2 (солнечной шестерни) и зубчатого венца 2 сателлита соответственно;

$k$  – конструктивный параметр ТПМ.

Окружная сила в зацеплении  $z_1 - z_2$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 10^3 T_g}{d_{w2} n_w}, \text{ Н.}$$

Окружная сила в зацеплении  $z_3 - z_4$

$$F_{t4} = \frac{2 \cdot 10^3 T_g}{d_{w4} n_w}, \text{ Н.}$$

Здесь  $d_{w2}$  и  $d_{w4}$  – начальный диаметр зубчатого венца 2 и зубчатого венца 4 сателлита, мм;

$n_w$  – число сателлитов.

Удельная окружная сила  $\overline{F}_{t2}$  и  $\overline{F}_{t4}$

$$\overline{F}_{t2} = \frac{F_{t2}}{b_{w2} m}, \text{ МПа;}$$

$$\overline{F_{t4}} = \frac{F_{t4}}{b_{w4} m}, \text{ МПа,}$$

где  $b_{w2}$  и  $b_{w4}$  – ширина контакта зубьев во внешнем  $(z_1 - z_2)$  и внутреннем  $(z_3 - z_4)$  зацеплениях, мм.

Коэффициент контактного напряжения  $Z_{H(12)}$  для внешнего и  $Z_{H(34)}$  для внутреннего зацепления:

$$Z_{H(12)} = \frac{2(z_1 + 1) \cos^2 \beta_2}{u_{12} \sin 2\alpha_{w(12)}};$$

$$Z_{H(34)} = \frac{2(z_3 + 1) \cos^2 \beta_4}{u_{34} \sin 2\alpha_{w(34)}},$$

где  $u_{12}$  – передаточное число сопряженных зубчатых колес  $z_1$  и  $z_2$  ( $u_{12} = z_1 / z_2 \forall z_1 > z_2$  и  $u_{12} = z_2 / z_1 \forall z_2 > z_1$ );

$u_{34}$  – передаточное число пары  $z_3 - z_4$ :

$$u_{34} = z_3 / z_4.$$

Коэффициент напряжения изгиба  $Y_{Fi}$  рассчитывается для каждого зубчатого колеса  $Z_i$ :

$$Y_{Fi} = Y_{Fi}^0 K_{u_i} K_{\alpha_i} K_{\rho_i},$$

где  $Y_{Fi}^0$  – номинальное значение коэффициента напряжения изгиба;

$K_{u_i}$  – коэффициент, учитывающий влияние парного зубчатого колеса;

$K_{\alpha_i}$  и  $K_{\rho_i}$  – коэффициенты, учитывающие угол профиля переходного контура и радиус переходной кривой профиля зуба соответственно.

Предварительно определяется номинальное значение  $Y_{F_i}^0$ . Для колес с внешними зубьями  $Y_{F_i}^0$  можно вычислить воспользовавшись корреляционной зависимостью

$$Y_{F_i}^0 = 0,264 \left( \ln z_{v_i} \right)^2 + 0,7366 \chi_i \ln z_{v_i} + \\ + 0,5616 \chi_i^2 - 2,338 \ln z_{v_i} - 3,82 \chi_i + 7,4165,$$

где  $\chi$  – коэффициент смещения;

$z_{v_i}$  – эквивалентное число зубьев.

Для цилиндрического зубчатого колеса

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}.$$

Для колеса  $z_3$  с внутренними зубьями рассчитывается номинальное значение коэффициента  $Y_{F_{\alpha 3}}$  для случая приложения нагрузки к вершине зуба:

$$Y_{F_{\alpha 3}}^0 = 4,3 - \frac{8 \cdot \left( +0,23 \chi_3 \right)}{z_0^{0,8}} - 0,33 \cdot 10^{-4} z_0 \left( 80 - z_{v3} \right) \left( 1 - \frac{56 \chi_3}{z_0^{0,8}} \right),$$

где  $z_0$  – число зубьев долбяка.

Для колеса  $z_3$  принимаем отношение  $K_{F_{\alpha 3}}^0$  напряжений изгиба при приложении нагрузки к вершине зуба и к верхней граничной точке однопарного зацепления:

$$K_{F_{\alpha 3}}^0 = 1,3 \forall z_{v4} = 12 - 16;$$

$$K_{F_{\alpha 3}}^0 = 1,35 \forall z_{v4} = 17 - 22;$$



$$K_{F\alpha_3}^0 = 1,38 \forall Z_{v4} \geq 23.$$

Номинальное значение коэффициента  $Y_{F_3}^0$  напряжения изгиба для колеса с внутренними зубьями

$$Y_{F_3}^0 = \frac{Y_{F\alpha_3}}{K_{F\alpha_3}^0}.$$

Для колеса с внешними зубьями находим число зубьев условного парного колеса:

$$Z_{\phi_i} = 14 + 20\chi_i \forall \chi_i \geq -0,3;$$

$$Z_{\phi_i} = 2 - 20\chi_i \forall \chi_i < -0,3;$$

$$i = 1 - 2.$$

Коэффициент  $K_{u_i}$  учитывает влияние на  $Y_F^0$  парного зубчатого колеса:

для колес с цилиндрической передачи внешнего зацепления

$$K_{u_1} = 1 + 0,125 \left( \frac{Z_{\phi_1}}{Z_{v_2}} + \chi_1 + \chi_2 - 1 \right);$$

$$K_{u_2} = 1 + 0,125 \left( \frac{Z_{\phi_2}}{Z_{v_1}} + \chi_1 + \chi_2 - 1 \right);$$

для шестерни и колеса внутреннего зацепления

$$K_{u_4} = K_{u_3} = 1 + 0,125 (\chi_3 - \chi_4)$$

Коэффициент  $K_{F\alpha}$  учитывает распределение нагрузки. Номинальное значение единичного напряжения изгиба  $Y_F^0$  дано в методике для случая приложения нагрузки в верхней граничной точке однопарного

зацепления. По мере снижения точности передачи точка приложения расчетной нагрузки приближается к вершине зуба, при этом увеличивается плечо силы и соответственно напряжение изгиба.

Влияние степени точности передачи и относительного значения нагрузки учитывается коэффициентом  $K_{\Delta}$ :

$$K_{F_{\alpha_i}} = 1 + \left( \epsilon_{F_{\alpha_i}}^0 - 1 \right) K_{\Delta}$$

Коэффициенты  $K_{F_{\alpha}}^0$  и  $K_{\Delta}$  находятся по табл. 8.4 и 8.5.

Таблица 8.4

Значения коэффициента  $K_{F_{\alpha}}^0$  для зубчатых колес  
с исходным контуром по ГОСТ 13755–81

$Z_v$	$\chi$								
	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8
12	1,36	1,42	1,42	1,36	1,32	–	–	–	–
16	1,40	1,46	1,46	1,40	1,34	1,30	–	–	–
20	1,46	1,50	1,48	1,45	1,39	1,34	1,30	–	–
25	1,48	1,52	1,50	1,48	1,41	1,36	1,30	–	–
30	1,52	1,55	1,52	1,48	1,42	1,38	1,32	1,28	–
40	1,58	1,56	1,54	1,48	1,43	1,38	1,32	1,28	1,26
60	1,63	1,56	1,54	1,48	1,45	1,40	1,36	1,30	1,26
80	1,65	1,58	1,54	1,50	1,46	1,42	1,38	1,34	1,26
100	1,66	1,58	1,54	1,51	1,47	1,44	1,40	1,36	1,28
200	1,68	1,62	1,56	1,52	1,48	1,45	1,43	1,40	1,34

Таблица 8.5

Значения коэффициента  $K_{\Delta}$

Степень точности по нормам плавности	Коэффициент $K_{\Delta}$ при удельной нагрузке $F_{\theta}$ , МПа	
	Более 120	Меньше 120

7	0	0
8	0	0,2
9	0,2	0,4
10	0,4	0,8

Коэффициенты  $K_{H\beta}$  и  $K_{F\beta}$

$$K_{H\beta} = 1 + \left( \gamma_n K_{\beta}^0 - 1 \right) K_{HW};$$

$$K_{F\beta} = 1 + \left( \gamma_n K_{\beta}^0 - 1 \right) K_{FW},$$

где  $K_{\beta}^0$  – коэффициент, учитывающий влияние неравномерности распределения нагрузки по ширине венца;

$\gamma_n$  – неравномерность распределения нагрузки между сателлитами в начальный период работы передачи;

$K_{HW}$ ,  $K_{FW}$  – коэффициенты, учитывающие приработку зубьев в процессе эксплуатации.

Коэффициент  $\gamma_n$  выбирается по статистическим данным [2].

Коэффициент  $K_{HW}$  рассчитывается по корреляционной зависимости:

$$K_{HW} = -55,67x^3 + 4,1047x^2y + 3,03xy^2 + \\ + 1,199y^3 + 67,79x^2 - 4,083xy - 2,39y^2 - \\ - 16,704x + 1,561y + 0,547 \forall y < 0,8;$$

$$K_{HW} = 1 \forall y \geq 0,8.$$

Здесь  $x = \frac{HRC}{100}$ ;  $y = \frac{v}{10}$ .

Коэффициенты  $K_{FW} = 1 \forall HRC_s > 60$  при любых скоростях  $v$  и  $K_{FW} = 1 \forall v > 2$  м/с при любых значениях  $HRC_s$ .

Коэффициент  $K_{\beta}^0$  рассчитывается по следующей формуле:

для однорядного ТПМ

$$K_{\beta}^0 = 1 + 0,033\psi_{bd} + 0,083\psi_{bd}^2 ;$$

для двухрядного ТПМ

$$K_{\beta}^0 = 1 + 0,179\psi_{bd} + 0,104\psi_{bd}^2 .$$

Предварительно определяем

$$\psi_{bd} = \frac{b_w}{d_w} .$$

**Коэффициенты**  $K_{H\alpha}$ ,  $K_{F\alpha}$ . Предварительно определяем: значение расчетной погрешности шага зацепления зубчатых колес  $\Delta_0$ , мкм, коэффициент  $N_{\Delta}$ , учитывающий влияние вида передачи на проявление погрешности  $\Delta_0$  при формировании динамической нагрузки. Для выбора  $\Delta_0$ , мкм, рекомендуется использовать табл. 8.6.

Таблица 8.6

Значение расчетной погрешности шага зацепления  
зубчатых колес  $\Delta_0$ , мкм

Степень точности по нормам плавности по ГОСТ 1643–81	Модуль $m$ , мм	Значение $\Delta_0$ , мкм, при делительном диаметре шестерни	
		До 125 мм	Св. 125 мм
6	До 3,5	8	9
	3,5–6,3	11	13
	Свыше 6,3	13	16
7	До 3,5	13	16
	3,5–6,3	19	22
	Свыше 6,3	22	25
8	До 3,5	22	25

	3,5–6,3	29	32
	Свыше 6,3	32	37
9	До 3,5	32	37
	3,5–6,3	43	49
	Свыше 6,3	49	54
10	До 3,5	49	54
	3,5–6,3	63	70
	Свыше 6,3	70	80

Значение коэффициента  $N_{\Delta}$  для цилиндрической прямозубой передачи  $N_{\Delta} = 0,18$ , для цилиндрической косозубой передачи  $N_{\Delta} = 0,10$ .

Внутренняя динамическая нагрузка при расчетном значении окружной скорости  $v$  (м/с)

$$F_{J\Delta} = v N_{\Delta} \frac{b'_f + b''_f}{2} \sqrt{2 \frac{a_w}{u} \Delta_0},$$

где  $b'_f$  и  $b''_f$  – рабочая ширина венца шестерни и колеса соответственно;

$a_w$  – межосевое расстояние, мм;

$u$  – передаточное число в паре.

Предельное значение внутренней динамической нагрузки для цилиндрической передачи

$$F_{JM} = \Delta_0 \frac{b'_f + b''_f}{2} C_{\Sigma},$$

где  $C_{\Sigma}$  – суммарная удельная плотность сопряженных зубьев, ГПа.

Для прямозубых передач  $C_{\Sigma} = 14$  ГПа.

Для косозубых цилиндрических передач

$$C_{\Sigma} = 24,559 - 0,0833\beta - 0,0044\beta^2.$$

Расчетное значение внутренней динамической нагрузки

$$F_J = \min [K_{v\Delta}, F_{Jm}]$$

Расчетный коэффициент внутренней динамической нагрузки

$$K_{v\Delta} = 1 + \frac{F_J}{K_{ve} F_t}$$

Здесь  $K_{ve}$  – коэффициент, учитывающий влияние внешних динамических нагрузок. Для электромеханических трансмиссий транспортных машин коэффициент  $K_{ve}$  находится по следующим формулам:

для неподрессоренных агрегатов

$$K_{ve} = 0,9749 + 0,08105v - 0,0038v^2;$$

для поддрессоренных агрегатов

$$K_{ve} = 0,97135 + 0,7275v - 0,00355v^2.$$

Окончательно получаем

$$K_{FV} = K_{v\Delta} K_{ve};$$

$$K_{HV} = \sqrt{K_{FV}}.$$

Коэффициенты

$$K_{HX} = 1 \forall d_w < 700 \text{ мм};$$

$$K_{HX} = (1,07 - 10^{-4} d_w)^{-1} \forall d_w \geq 700 \text{ мм}.$$

Коэффициент  $K_{Fx}$  определяется в зависимости от значений модуля и диаметра зубчатого колеса по формулам табл. 8.7.

Таблица 8.7

Формулы для определения значения коэффициента  $K_{Fx}$

$d_w$ , мм	Расчетная формула
До 300	$K_{Fx} = 0,9156 + 0,0243m + 0,0003m^2$
300–400	$K_{Fx} = 0,9356 + 0,0243m + 0,0003m^2$
400–500	$K_{Fx} = 0,9347 + 0,0326m + 0,00016m^2$
500–600	$K_{Fx} = 0,9751 + 0,0274m + 0,00036m^2$
600–700	$K_{Fx} = 1,008 + 0,0253m + 0,00066m^2$
700–800	$K_{Fx} = 1,0464 + 0,0249m + 0,00081m^2$

### Расчетные напряжения.

а) Контактные напряжения.

Внешнее зацепление

$$\Pi_{H12} = \frac{F_t}{2b_{m2}a_w} Z_{H12} K_{H\beta} K_{HV} K_{HX} (u_{12} + 1).$$

Внутреннее зацепление

$$\Pi_{H23} = \frac{F_t}{2b_{m2}a_w} Z_{H23} K_{H\beta} K_{HV} K_{HX} (u_{23} + 1).$$

б) Напряжения изгиба

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t}{b_{f1}m} Y_{F1} K_{F\alpha1} K_{F\beta} K_{FV} K_{FX1};$$

$$\sigma_{F2} = \frac{F_t}{b_{f2}m} Y_{F2} K_{F\alpha2} K_{F\beta} K_{FV} K_{FX2};$$

$$\sigma_{F_3} = \frac{F_t}{b_{f3}m} Y_{F3} K_{F\alpha3} K_{F\beta} K_{F\nu} K_{FX3};$$

$$\sigma_{F_4} = \frac{F_t}{b_{f4}m} Y_{F4} K_{F\alpha4} K_{F\beta} K_{F\nu} K_{FX4}.$$

**Предельные напряжения при базовом числе циклов.** Предварительно определяются величины  $Z_R$  и  $Z_{FC}$ . Значение коэффициента  $Z_R$ , общее для шестерни и колеса принимается исходя из шероховатости активной поверхности зуба более грубого колеса пары. Значение коэффициента  $K_{FC}$  зависит от характера нагружения зубчатого колеса. Сателлиты с двухсторонним зацеплением нагружены переменными напряжениями изгиба симметричного цикла. Для них  $K_{FC}=1$ . Солнечная шестерня, эпицикл и двухвенцовые сателлиты нагружены напряжениями несимметричного цикла. Для них можно принимать  $K_{FC}=1,08-1,16$ .

Предельные контактные напряжения  $\Pi_{H0}$  и предельные напряжения изгиба  $\sigma_{F0}$  рассчитываются по формулам

$$\Pi_{H0} = \Pi_{H\lim}^0 Z_R;$$

$$\sigma_{F0}^c = \sigma_{F0}^0 K_{FC},$$

где  $\Pi_{H\lim}^0$  – предел контактной выносливости при нулевом цикле перемен напряжения (табл. 8.8);

$\sigma_{F0}^c$  – предел изгибной выносливости при симметричном цикле перемен напряжения.

Пределы выносливости, соответствующие вероятности неразрушения  $P=90\%$  приведены в табл. 8.8. Там же приведены значения базового числа циклов  $N_{F\emptyset}$  и  $N_{F\emptyset}$ .

Накопленная за 1 км пробега контактная усталость



$$R_{1H1} = n_W n_{\Sigma 2} \Pi_{H12}^{mH} K_{nH0} \frac{Z_2}{Z_1};$$

$$R_{1H2} = n_{\Sigma 2} \Pi_{H12}^{mH} K_{nH0};$$

$$R_{1H3} = n_W n_{\Sigma} \Pi_{H34}^{mH} K_{nH0} \frac{Z_3}{Z_4};$$

$$R_{1H4} = n_{\Sigma} \Pi_{H34}^{mH} K_{nH0}.$$

Накопленная за 1 км пробега изгибная усталость

$$R_{1F1} = n_W n_{\Sigma} \sigma_{F1}^{mF} K_{nF0} \frac{Z_2}{Z_1};$$

$$R_{1F2} = n_{\Sigma} \sigma_{F2}^{mF} K_{nF0};$$

$$R_{1F3} = n_W n_{\Sigma} \sigma_{F3}^{mF} K_{nF0} \frac{Z_4}{Z_3};$$

$$R_{1F4} = n_{\Sigma} \sigma_{F4}^{mF} K_{nF0}.$$

Таблица 8.8

Характеристики усталости и прочности зубьев зубчатых колес,  
изготовленных из различных материалов

Марка стали	Вид термообработки	Твердость HRC		Характеристики усталости										Характеристики прочности	
		поверхности зуба	сердцевины зуба	$\sigma_{\text{Flim}}$ , МПа (p=0,9)	$\sigma_{\text{Flim}}$ , МПа	$V_F$	$N_{FO} \cdot 10^6$ , циклов	mF	$\Pi_{\text{Flim}}$ , МПа (p=0,9)	$\Pi_{\text{Flim}}$ , МПа	$V_H$	$N_{FO} \cdot 10^8$ , циклов	mH	$\sigma_{\text{FlimM}}$ , МПа	$\Pi_{\text{FlimM}}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12X2H4A	Цементация	56–63	33–41	430	467	0,062	4	9	19,0	22,1	0,11	1,2	3	1900	190
12XH3A	Цементация	56–63	25–33	380	422	0,078	4	9	18,5	21,5	0,11	1,2	3	1850	190
15XГН2ТА	Цементация	56–63	30–42	420	486	0,106	4	9	19,0	22,1	0,11	1,2	3	1750	190
18ХГТ	Цементация	56–63	30–42	370	430	0,110	4	9	18,0	21,3	0,12	1,2	3	1600	190
18X2H4BA	Цементация	56–63	28–35	430	466	0,060	4	9	21,0	24,8	0,12	1,2	3	1950	190
20X2H4A	Цементация	58–63	35–40	460	505	0,070	4	9	21,0	24,4	0,11	1,2	3	1950	190
20XH3A	Цементация	56–63	36–41	400	444	0,076	4	9	19,0	22,1	0,11	1,2	3	1900	190
20XГНТА	Цементация	56–63	31–41	420	486	0,106	4	9	19,0	22,1	0,11	1,2	3	1750	190
20XHM	Цементация	56–63	30–42	420	465	0,076	4	9	20,0	23,3	0,11	1,2	3	1700	190
20XГНР	Цементация	58–63	28–35	410	465	0,092	4	9	18,0	21,0	0,11	1,2	3	1650	190
20XГР	Цементация	56–63	28–35	380	430	0,092	4	9	19,0	22,5	0,12	1,2	3	1500	190

Окончание табл. 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
25ХГР	Цементация	56–63	28–35	400	462	0,104	4	9	19,0	22,5	0,12	1,2	3	1700	190
30ХГТ	Цементация	56–63	28–35	410	475	0,106	4	9	19,0	22,5	0,12	1,2	3	1700	190
35Х	Цементация	56–63	29–42	410	460	0,082	2	9	18,0	21,3	0,12	1,2	3	1750	190
38ХА	Цианирование	56–63	35–45	420	470	0,082	2	9	18,0	21,3	0,12	1,2	3	1800	190
40ХА	Цианирование	56–63	35–45	420	470	0,082	2	9	18,0	21,3	0,12	1,2	3	1800	190
40ХН	Объемная закалка	45–55	45–55	300	350	0,112	2	6	11,0	13,0	0,12	0,6	3	1600	100
40ХН	Улучшение	25–30	25–30	240	280	0,090	1	6	5,0	5,7	0,09	0,16	3	700	40
45	Закалка ТВЧ по контуру	53–58	28–35	280	320	0,098	2	7	13,0	15,4	0,12	1	3	1500	160
58	Закалка ТВЧ по контуру	56–62	29–32	420	480	0,098	2	7	16,0	18,6	0,11	1	3	1600	190

Срок службы  $i$ -го зубчатого колеса, ограниченный контактной выносливостью:

$$L_{Hi} = \frac{\Pi_{H0i}^{mH} N_{H0i}}{R_{1Hi}}$$

Если  $\Pi_{Hi} < 0,9\Pi_{HPO}$ , то соответствующее значение  $L_{Hi}$  не ограничено.

Срок службы  $i$ -го зубчатого колеса, ограниченный выносливостью при изгибе

$$L_{Fi} = \frac{\sigma_{F0i}^{mF} N_{F0i}}{R_{1Fi}}$$

Если  $\sigma_{Fi} < 0,9\sigma_{FP0}$ , то соответствующее значение  $L_{Fi}$  не ограничено.

### 8.2.8. Пример расчета потребной мощности тягового электродвигателя для троллейбуса и трамвая

1. Исходные данные (табл. 8.9).

Таблица 8.9

Наименование параметра, размерность	Численное значение	
	Троллейбус	Трамвай
1. Полная масса, кг	18000	10000
2. Максимальная скорость, км/ч	60	62
3. Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	7,0	–
4. Коэф. сопротивления воздуха, Н·с <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	0,4	–
5. Коэф. сопротивления качению (асфальт в хорошем состоянии)	0,018	0,8
6. Удельное сопротивление движению, Н/кН	-	1,1

7. Число двигателей, шт.	1	4
--------------------------	---	---

## 2. Расчетные формулы.

Троллейбус (если  $v$  – в км/ч):

$$P_{\max} = \frac{v_{\max}}{3600 \eta_{\text{тр}^2 \text{дв}}} \left( g m \psi_d + \frac{k_B A_B v_{\max}^2}{3,6^2} \right), \text{ кВт},$$

где  $\psi_d = f + \sin \alpha_d$  – сопротивление дороги;

$\alpha_d$  – угол подъема дороги;

$f = f_0 + k_{fv} v^2$  – коэффициент сопротивления качению (при расчетах принимают  $k_{fv} = 7 \cdot 10^{-7}$ );

$f_0$  – коэффициент сопротивления качению при малой скорости (до 20 км/ч) движения.

Трамвай ( $v$  – в км/ч):

$$P_{\max} = \frac{v_{\max}}{3600 \eta_{\text{тр}^2 \text{дв}}} \left( w_0 + i g m + \frac{k_B A_B v_{\max}^2}{3,6^2} \right), \text{ кВт}.$$

При расчетах рекомендуется выбирать  $w_0 = (0,07-0,15)$  Н/кН;  
 $i = (30-40)$  ‰.

## 3. Сопротивление дороги-пути.

3.1. Троллейбус:  $f = 0,018 + 7 \cdot 10^{-7} \cdot 60^2 = 0,021$ . Учитывая, что дорога имеет некоторые уклоны, принимаем  $\psi_d = 0,03$ .

3.2. Трамвай: принимаем  $w_0 = 1,1$ ;  $i = 35$  ‰.

## 4. Расчет потребной мощности тягового двигателя для троллейбуса.

$$P_{\max} = \frac{60}{3600 \cdot 0,92 \cdot 1} \left( 9,81 \cdot 18000 \cdot 0,03 + \frac{0,4 \cdot 7 \cdot 60^2}{3,6^2} \right) =$$

$$= 110,058 \approx 110 \text{ кВт}.$$

При  $\psi_d = 0,0315$   $P_{\max} = 114,856 \approx 115 \text{ кВт}.$

Ниже на рис. 8.10 приведена зависимость мощности ТЭД от массы троллейбуса при постоянной скорости 60 км/ч, а на рис. 8.11 – зависимость мощности ТЭД от скорости движения троллейбуса при постоянной массе, равной 18000 кг.

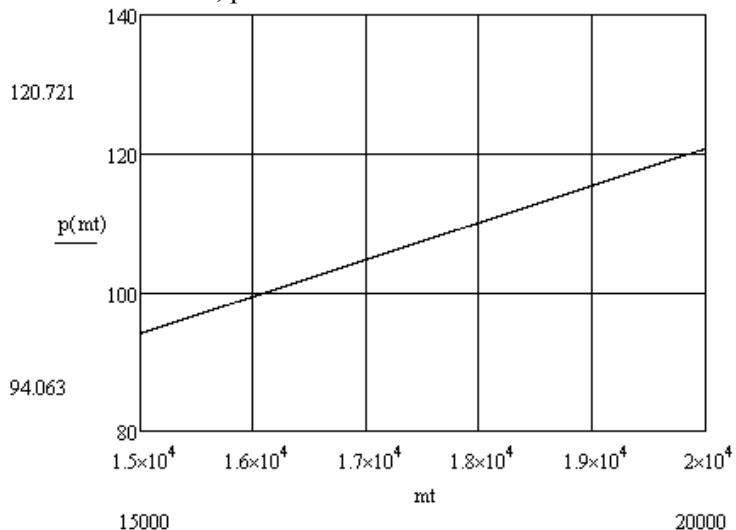


Рис. 8.10. Зависимость  $P_{ТЭД}$  от массы троллейбуса ( $v = 60$  км/ч)

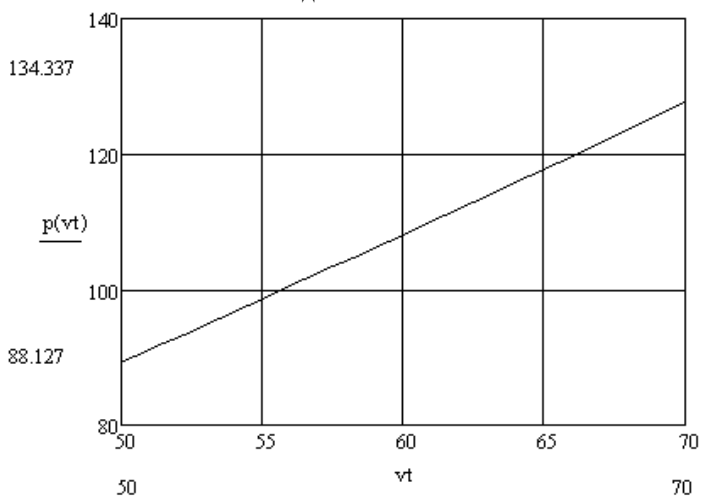


Рис. 8.11. Зависимость  $P_{ТЭД}$  от скорости ( $m = 18000$  кг)

5. Расчет потребной мощности тягового электродвигателя для трамвая:

$$P_{\max} = \frac{60}{3600 \cdot 0,92 \cdot 4} \left( (1,1 + 35) 9,81 \cdot 34,83 + \frac{0,4 \cdot 7 \cdot 62^2}{3,6^2} \right) = 59,625 \approx 60 \text{ кВт.}$$

При наибольших значениях  $\omega_0 = 1,5$ ;  $i = 40\%$ ;  $P_{\max} = 70,240 \text{ кВт}$ . На трамвае модели 60102 установлены четыре ТЭД по 80 кВт. Такая мощность ТЭД для скорости 62 км/ч и весе трамвая 34,83 кН получается при  $\omega_0 = 1,1$  и  $i = 46,5\%$  ( $P_{\max} = 80,002 \text{ кВт}$ ), что соответствует углу подъема рельсового пути  $\arctg(0,001 \cdot 46,5) = 2,63^\circ \approx 3^\circ$ .

Сравнивая полученные значения потребной мощности ТЭД для троллейбуса и трамвая, видим, что при рекомендуемых выше значениях сопротивления дороги-пути получаем заниженные значения мощностей ТЭД по сравнению с мощностями ТЭД, установленными на реальных моделях троллейбусов и трамваев производства ПО «Белкоммунмаш». Чтобы «подогнать» расчетные значения мощностей ТЭД под реальные, в формулу потребной мощности тягового электродвигателя троллейбуса следует подставлять сопротивление дороги равное  $\psi_d = 0,0315$ , а в формулу потребной мощности тягового электродвигателя трамвая –  $\omega_0 = 1,1$ ;  $i = 46,5\%$ .

Таким образом, для расчета потребной мощности ТЭД для троллейбуса рекомендуется сопротивление дороги принимать равным  $\psi_d = 0,0315$ , а для расчета потребной мощности ТЭД для трамвая принимать  $\omega_0 = 1,1$ ;  $i = 46,5\%$ .

### ***8.2.9. Порядок выполнения и требования к технологической части проекта***

#### ***Общие положения***

Технологическая часть дипломного проекта состоит из разработки технологического процесса механической обработки одной из деталей проектируемого узла, охватывающей не менее восьми операций (позиций). Деталь выбирается по согласованию с консультантом по технологической части дипломного проекта.

Технологическая часть дипломного проекта включает в себя графический материал и раздел «Технологическая часть» в пояснительной записке, к которой прилагаются карты маршрутного технологического процесса, операционные карты с эскизами и карты технического контроля.

### *Оформление графического материала*

1. В графическую часть входят:

– чертеж заготовки (если заготовка делается из проката, то допускается совмещение детали и заготовки) в объеме 0,5–1 листа формата А1 ГОСТ 2.301;

– чертежи технологических операционных эскизов, выполненные как иллюстративный материал в объеме двух листов формата А1.

2. Чертеж заготовки выполняется в масштабе со всеми штамповочными и литейными уклонами, радиусами скруглений, проекциями, раз-резами и сечениями, необходимыми для полного понимания конст-рукции детали. На чертеже указываются необходимые размеры с допусками и даются технические требования на деталь и заготовку. При совмещении чертежа детали и заготовки контур заготовки обводится цветными линиями, а технические требования на заготовку приводятся по отдельной нумерации ниже технических требований на деталь.

3. Чертежи технологических операционных эскизов выполняются в одном масштабе после того, как технологический процесс механической обработки детали полностью разработан, оформлен в картах и согласован с консультантом по технологической части дипломного проекта.

4. На каждом чертеже операционного эскиза:

– изображается деталь в рабочем положении на станке в том виде, который получается после выполнения операции;



– указывается метод базирования и закрепления детали согласно ГОСТ 3.1107;

– обрабатываемые на данной операции поверхности детали обводятся цветными или утолщенными линиями;

– в конечном положении изображается обрабатывающий инструмент, за исключением сверл, зенкеров, разверток, метчиков и абразивов, которые указываются в исходном положении;

– проставляются размеры с допусками и классы шероховатости обработанных поверхностей, которые обеспечиваются на данной операции или переходе;

– приводятся технические требования и краткое содержание данной операции или перехода;

– обозначаются стрелками рабочие движения детали и инструмента, при сложных движениях дается их циклограмма;

– вверху, в левой части, указывается номер операции, а в правом нижнем углу – таблицы режимов резания (табл. 8.10 и 8.11).

Таблица 8.10

Таблица режимов резания для одноинструментальной обработки

Наименование и модель станка	$V_s$ , м/мин	$n$ , об/мин	$t_s$ , мм	$S_s$ , мм/об	$S_f$ , мм/мин	$T_{M_s}$ , мин	$T_{шт'}$ , мин

Таблица 8.11

Таблица режимов резания для многоинструментальной обработки

Наименование и модель станка	$V_s$ , м/мин	$n$ , об/мин	$t_s$ , мм	$S_s$ , мм/об	$S_f$ , мм/мин	$T_{M_s}$ , мин	$T_{шт'}$ , мин

В правом нижнем углу дается общая основная надпись.

***Оформление раздела «Технологическая часть» в пояснительной записке***

1. В разделе должны быть освещены следующие вопросы:

- описание типа производства;
- определение типа производства;
- выбор метода получения заготовки;
- выбор величины припусков.

2. Технологический процесс механической обработки включает следующие разделы:

- выбор оптимального варианта технологического процесса механической обработки детали;
- подбор режущего, мерительного и вспомогательного инструментов, приспособлений и смазочно-охлаждающих жидкостей;
- назначение режимов резания;
- нормирование технологического процесса;
- определение потребного количества оборудования и построение графиков загрузки оборудования;
- расчет себестоимости детали.

3. При описании работы детали в узле следует обратить внимание на роль основных ее поверхностей, влияние их взаимного положения, точности размеров и форм, шероховатости поверхности на работоспособность машины или узла в целом.

В этом разделе также приводятся данные о материале детали, его химическом составе и механических свойствах. Эти данные рекомендуется приводить в одной таблице.

4. Тип производства определяется по коэффициенту серийности в соответствии с ГОСТ 3.1119.

5. Метод получения заготовки должен обосновываться путем экономического сравнения с другим вариантом.

6. Выбор припуска на механическую обработку производится после установления оптимального технологического маршрута и метода получения заготовки. Припуски выбираются по ГОСТ 7505, ГОСТ 26645 и справочникам и сводятся в таблицу (табл. 8.12).

Таблица 8.12

### Сводные припуски и допуски

Поверхность	Размер	Припуск	Допуск
1			

2			
3			

7. Технологический процесс механической обработки детали подробно разрабатывается для технически обоснованного варианта, который приводится в технологических картах.

8. Режимы резания для всех операций механической обработки назначаются по таблицам, приводимым в соответствующих технологических справочниках. Полученные результаты вписываются в сводную таблицу (табл. 8.13).

Таблица 8.13

### Сводные режимы резания

Номер и наименование операции	$L_{p,x}$ , мм	$t$ , мм	$n$ , об/мин	$V$ , м/мин	$S$ , мм/об	$S_{мин}$ , мм/мин	$T_{осн}$ , мин

9. Технические нормы времени рассчитываются для всех операций. При этом основное (машинное) время определяется на основании выбранных режимов резания, а вспомогательное время, время на обслуживание рабочего места, отдых – по справочным данным. Результаты расчета сводятся в таблицу (табл. 8.14).

Таблица 8.14

### Технические нормы времени

Номер и наименование операции	$T_{осн}$ , мин	$T_{всп}$ , мин	$T_{об}$		$T_{шт}$ , мин
			$T_{тех}$ , мин	$T_{орг}$ , мин	

10. Определение потребного количества оборудования производится на основе штучного времени на операцию и такта выпуска. Коэффициенты загрузки оборудования определяются для

каждой операции в отдельности. Затем строится график, на котором приводятся данные для каждого станка.

11. В разделе «Себестоимость детали» рассчитываются все статьи расходов (стоимость основных материалов, заработная плата производственных рабочих и т. д.).

12. В приложении к пояснительной записке прикладываются заполненные карты маршрутного технологического процесса, операционные карты с эскизами и карты технического контроля с эскизом детали согласно ГОСТ 3.1104, ГОСТ 3.1105.

13. Список литературы включается в общий список используемой при дипломном проектировании литературы.

#### ***8.2.10. Пример оформления заявки на получение патента***

<input type="checkbox"/>	Дата поступления	<input type="checkbox"/>	Входящий номер	<input type="checkbox"/>	№ государственной регистрации
<input type="checkbox"/>	Приоритет	<input type="checkbox"/>	МПК	<input type="checkbox"/>	
<b>Заявление о выдаче патента Республики Беларусь на изобретение</b>			В Государственный патентный комитет Республики Беларусь 220072, г. Минск, пр-т Независимости, 66		
Представляя указанные ниже документы, прошу (просим) выдать патент Республики Беларусь на имя заявителя(ей)				Код страны по стандарту ВОИС СТ.3 (если он установлен)	
<input type="checkbox"/>	Заявитель(и) Белорусский национальный технический университет			BY	
220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65					
<small>(Указывается полное имя или наименование заявителя(ей) и его (их) местожительство или местонахождение. Данные о местожительстве авторов-заявителей приводятся в графе с кодом 97)</small>					
<input type="checkbox"/> Прошу (просим) установить приоритет промышленного образца по дате: <input type="checkbox"/> Подачи первой(ых) заявки(ок) в стране-участнице Парижской конвенции. <input type="checkbox"/> Поступление более ранней заявки в патентное ведомство. <input type="checkbox"/> Поступления дополнительных материалов к более ранней заявке.					
<small>(заполняется только при испрашивании приоритета более раннего, чем дата поступления заявки в патентное ведомство)</small>					
<input type="checkbox"/>	№ первой, более ранней, первоначальной заявки	<input type="checkbox"/>	Дата испрашиваемого приоритета	<input type="checkbox"/>	Код страны подачи по СТ.3 <small>(при испрашивании конвенционного приоритета)</small>
1.					
2.					
3.					
<b>ШАССИ САМОХОДНОЕ ТРАКТОРНОЕ</b>					
<input type="checkbox"/>	Адрес для переписки с указанием наименования или имени адресата 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, БНТУ, НИЧ, корп. 13, патентный отдел				
	Телефон 292-75-57		Факс		
<input type="checkbox"/>	Представитель заявителя (полное имя, наименование, регистрационный номер для патентного поверенного)				

Перечень прилагаемых документов	Кол-во	Кол-во	Основания для возникновения права на подачу заявки (без представления документа):
	листов	экземпляров	
<input type="checkbox"/> Описание изобретения			<input type="checkbox"/> Заявитель является заявителем и соблюдены условия ч.3 ст.5 Закона <input type="checkbox"/> Переуступка права заявителем иному лицу <input type="checkbox"/> Переуступка права автором или его правопреемником иному лицу <input type="checkbox"/> Право наследования
<input type="checkbox"/> Формула изобретения (кол-во независимых пунктов _____)			
<input type="checkbox"/> Чертежи и другие документы			
<input type="checkbox"/> Реферат			
<input type="checkbox"/> Документ об уплате пошлины			
<input type="checkbox"/> Документ, подтверждающий наличие оснований для:			
<input type="checkbox"/> освобождения от уплаты пошлины			
<input type="checkbox"/> уменьшения размера пошлины			
<input type="checkbox"/> Копия(и) первой(ых) заявки(ок) (при испрашивании конвенционного приоритета)			
<input type="checkbox"/> Перевод заявки на русский или белорусский язык			
<input type="checkbox"/> Доверенность, удовлетворяющая полномочия патентного поверенного			
<input type="checkbox"/> Другой документ (указать)			

Фигура №1 \_\_\_\_\_ чертежей (если имеются) предлагается для публикации

<input type="checkbox"/> Автор(ы) <i>(указывается полное имя)</i>	<input type="checkbox"/> Полный домашний адрес	Подпись(и) автора(ов) или уполномоченного на это лицо
Сологуб Александр Михайлович	220004, г. Минск, ул. Тимирязева 2-70	БУ
Равино Виктор Валерьевич	220118, г. Минск, ул. Кабушкина 92-154	БУ
Бойков Владимир Петрович	220013, г. Минск, ул. Сурганова 68-143	БУ

Правопреемник автора, переуступивший заявителю право на получение патента (полное имя или наименование, местожительство или местонахождение, подпись, дата):

Проректор по научной работе

Подпись(и) заявителя(ей) или его патентного поверенного; дата подписи(ей) (при подписании от имени юридического лица подпись руководителя удостоверяется печатью)

## ШАССИ САМОХОДНОЕ ТРАКТОРНОЕ

Изобретение относится к области тракторного, сельскохозяйственного, строительного, транспортного, дорожно-строительного машиностроения, в частности к шасси.

Известно шасси самоходное, содержащее смонтированные на раме силовую установку, заднеприводную трансмиссию, кабину, гидравлическую станцию, кузов, систему управления, колесный движитель [1].

Недостатками такого шасси самоходного является невозможность эксплуатации при обработке сельскохозяйственных культур, жесткость хода.

В качестве прототипа выбрано шасси самоходное тракторное, содержащее раму, силовую установку, трансмиссию, кабину, систему управления, колесный движитель [2].

Недостатками таких транспортных средств является жесткость хода, высокое давление на грунт, сравнительно невысокие тягово-сцепные качества, низкая технологическая надежность и высокое давление на грунт.

Задачей изобретения является создание шасси, обеспечивающего низкое давление на грунт, мягкий ход, высокую надежность, повышенные тягово-сцепные качества и проходимость.

Поставленная задача достигается тем, что в шасси самоходном тракторном, содержащем раму, силовую установку, трансмиссию, кабину, систему управления, колесный движитель, задняя часть движителя выполнена в виде Л-образного редуктора, шарнирно установленного на ведущей оси шасси и кинематически связанного с ней, при этом на ведомых осях редуктора смонтированы сдвоенные балансирные колеса движителя, а концевые участки редуктора посредством амортизаторов связаны с рамой шасси.

Сдвоенные балансирные колеса движителя оснащены охватывающими их резинометаллическими гусеницами с грунтозацепами.

Натяжной механизм резинотросовых гусениц с грунтозацепами совмещен со сдвоенными балансируемыми колесами движителя.

Конструкция задней части движителя, состоящая из двух пар сдвоенных балансирующих колес, установленных на оси заднего моста шасси с приводом от нее через Л-образный приводной редуктор, позволяет снизить удельное давление на грунт и увеличить площадь контакта движителя с опорной поверхностью. Корпус редуктора своими концами опирается на амортизаторы, что обеспечивает более мягкий ход. Амортизаторы также выполняют роль жестких упоров для ограничения поворота корпуса редуктора при уменьшении величины их рабочего хода сдвоенными балансируемыми колесами движителя. Установка резинотросовой гусеницы на сдвоенные балансирующие колёса движителя снижает давление движителя на грунт и повышает тягово-сцепные качества шасси.

Данная конструкция позволяет получить новые компоновки шасси с более высокими эксплуатационными качествами и повышенными возможностями агрегатирования рабочего оборудования.

Изобретение поясняется чертежом.

На рис. 8.12 изображен общий вид шасси самоходного тракторного; на рис. 8.13 изображен общий вид шасси самоходного тракторного, оснащенного резинотросовой гусеницей с грунтозацепами;

на рис. 8.14 изображена схема поддрессирования заднего моста шасси самоходного тракторного относительно сдвоенных балансирующих колес движителя шасси;

на рис. 8.15 изображен вид сзади шасси самоходного тракторного.

Шасси самоходное тракторное включает раму 1, силовую установку 2, трансмиссию 3, кабину 4, систему управления 5, Л-образный редуктор 6 привода сдвоенных балансирующих колес 7 движителя, передние колеса 8, корпус 9 редуктора 6, являющегося одновременно несущей рамой движителя, резинотросовую гусеницу 10 с грунтозацепами, амортизаторы 11, ведущую ось 12 и ведомую ось 13 движителя.

Работает шасси самоходное тракторное следующим образом.



При передвижении шасси самоходного тракторного, движитель которого выполнен полноприводным (по схеме 6К6), сдвоенные балансирующие колеса 7 движителя, расположенные на корпусе 9 разноплечного Л-образного редуктора 6, кинематически связанного с ведущей осью шасси 12, при движении копируют опорную поверхность, что обеспечивает повышенное сцепление движителя с грунтом, а также увеличение опорной поверхности. Ударные нагрузки, возникающие со стороны неровностей опорной поверхности при движении шасси, смягчаются действием амортизаторов 11, установленных на концевых участках корпуса 9 редуктора 6. Нагрузка распределяется равномерно на четыре задних сдвоенных балансирующих колеса 7 движителя. Установка резиноватросовой гусеницы 10 на сдвоенные балансирующие колеса 7 движителя снижает удельное давление движителя на грунт и повышает тягово-сцепные качества шасси.

### ШАССИ САМОХОДНОЕ ТРАКТОРНОЕ

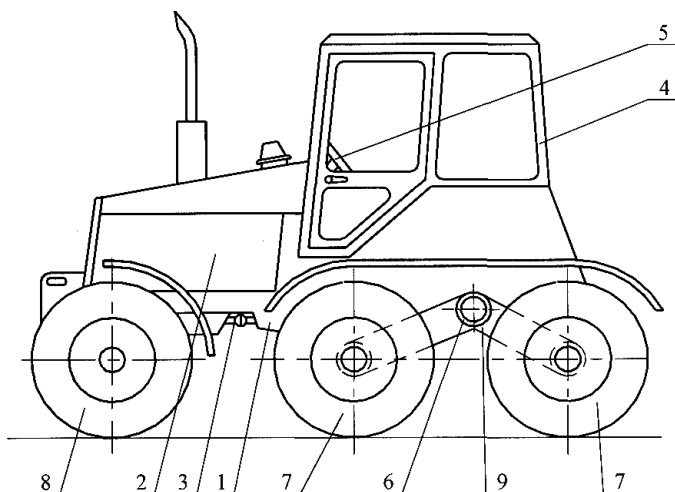


Рис. 8.12

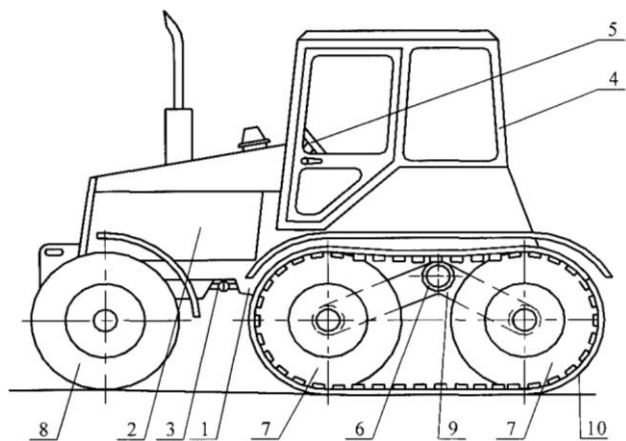


Рис. 8.13

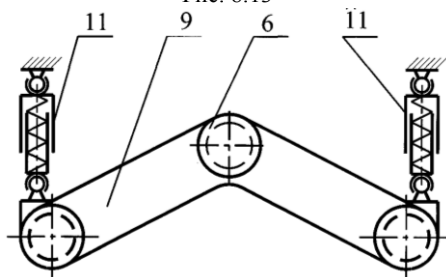
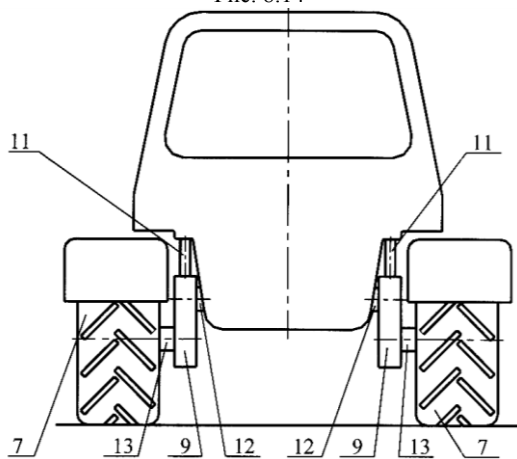


Рис. 8.14



Промышленное использование на момент подачи заявки – проведение макетирования и испытания.

Источники информации, принятые во внимание при составлении заявки:

1. Проспект ПО «Минский тракторный завод», трактор «Беларус 1221», 1996.
2. US 5273126 А, 1993.
3. RU 2011559 С1, 1994.

Составитель

студент

(инициалы, фамилия)

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Шасси самоходное тракторное, содержащее раму, силовую установку, трансмиссию, кабину, систему управления, колесный движитель, отличающееся тем, что задняя часть движителя выполнена в виде Л-образного редуктора, шарнирно установленного на ступице ведущей оси шасси и кинематически связанного с нею, при этом на ведомых осях редуктора смонтированы сдвоенные балансирные колеса движителя, а концевые участки редуктора посредством амор-тизаторов связаны с рамой шасси.

2. Шасси по п. 1, отличающееся тем, что сдвоенные балансирные колеса движителя оснащены охватывающими их резинотросовыми гусеницами с грунтозацепами.

3. Шасси самоходное тракторное по пп. 1 и 2, отличающееся тем, что натяжной механизм резинотросовых гусениц с грунтозацепами совмещен со сдвоенными балансирными колесами движителя.

Проректор

по научной работе БНТУ

Ф.А. Романюк

### РЕФЕРАТ

### ШАССИ САМОХОДНОЕ ТРАКТОРНОЕ

Изобретение относится к области тракторного, сельскохозяйственного, строительного, транспортного, дорожно-строительного машиностроения, в частности к шасси.

Задачей изобретения является создание шасси, обеспечивающего низкое давление на грунт, мягкий ход, высокую надежность, повышенные тягово-сцепные качества и проходимость.

Поставленная задача достигается тем, что в шасси самоходном тракторном, содержащем раму, силовую установку, трансмиссию, кабину, систему управления, колесный движитель, задняя часть движителя выполнена в виде Л-образного редуктора, шарнирно установленного на ведущей оси шасси и кинематически связанного с ней, при этом на ведомых осях редуктора смонтированы сдвоенные балансирующие колеса движителя, а концевые участки редуктора посредством амортизаторов связаны с рамой шасси.

Сдвоенные балансирующие колеса движителя оснащены охватывающими их резиновых гусеницами с грунтозацепами.

Натяжной механизм резиновых гусениц с грунтозацепами совмещен со сдвоенными балансирующими колесами движителя.

Конструкция задней части движителя, состоящая из двух пар сдвоенных балансирующих колес, установленных на оси заднего моста шасси с приводом от нее через Л-образный приводной редуктор, позволяет снизить удельное давление на грунт и увеличить площадь контакта движителя с опорной поверхностью. Корпус редуктора своими концами опирается на амортизаторы, что обеспечивает более мягкий ход. Амортизаторы также выполняют роль жестких упоров для ограничения поворота корпуса редуктора при уменьшении величины их рабочего хода сдвоенными балансирующими колесами движителя. Установка резиновой гусеницы на сдвоенные балансирующие колеса движителя снижает удельное давление движителя на грунт и повышает тягово-сцепные качества шасси.

Данная конструкция позволяет получить новые компоновки шасси с более высокими эксплуатационными качествами и повышенными возможностями агрегатирования рабочего оборудования.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛ

Полезная модель относится к машиностроению и может быть использована в качестве блокируемого дифференциала городского электрического транспорта.

Известен дифференциал повышенного трения [1], содержащий корпус, крестовину с коническими сателлитами, выходные полуосевые валы, установленные на них с возможностью осевых перемещений, связанные с ними торцевыми кулачками полуосевые шестерни, находящиеся в зацеплении с сателлитами, и фрикционные дисковые муфты, расположенные между корпусом и полуосевыми шестернями, ведущие диски которых связаны с корпусом, а ведомые – с полуосевыми шестернями. В корпусе дифференциала выполнены расточки, в которых размещены стаканы с продольными пазами в стенках с предварительно сжатыми упругими элементами. Упругие элементы опираются на дно стаканов и подвижные диски, снабженные выступами, посредством которых они установлены на дно стаканов, и зафиксированные в стаканах стопорными кольцами. При этом подвижные диски опираются на полуосевые шестерни, а в каждой из фрикционных муфт диски расположены с зазором относительно друг друга.

Данный дифференциал позволяет реализовать нулевой момент трения фрикционных дисковых муфт на начальном участке характеристики блокирующих свойств и обеспечивает возрастающий момент внутреннего трения с последующим увеличением крутящего момента на корпусе дифференциала.

Недостатком конструкции этого дифференциала является отсутствие возможности реализации значительных блокирующих моментов в свободном состоянии и в области малых крутящих моментов на корпусе.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является дифференциал повышенного трения [2], содержащий корпус, крестовину с коническими сателлитами, выходные полуосевые валы, установленные на них с возможностью осевых

перемещений и кинематически связанные с ними полуосевые шестерни, находящиеся в зацеплении с сателлитами, фрикционные дисковые муфты, расположенные между корпусом и полуосевыми шестернями, ведущие диски которых связаны с корпусом, а ведомые – с полуосевыми шестернями, и комплект предварительно сжатых упругих элементов, помещенных в стаканы, установленные в расточках корпуса с возможностью осевого перемещения и опирающиеся на полуосевые шестерни. В корпусе дифференциала выполнены канавки с установленными в них упорными кольцами, с которыми взаимодействуют нажимные диски фрикционных муфт, а опорные диски последних взаимодействуют с упомянутыми стаканами, причем нажимные и опорные диски фрикционных муфт расположены с зазором относительно торцев полуосевых шестерен и корпуса.

Недостатком прототипа является то, что он ориентирован на внедорожные полноприводные транспортные средства. Момент трения дисков убывает в области малых крутящих моментов на корпусе, но не исчезает полностью. Движение городского транспорта происходит по асфальтобетонному покрытию, и постоянное блокирование дифференциала приводит к ухудшению управляемости и повышенному износу шин. Блокирование дифференциала требуется только на труднопроходимых участках дороги.

Предлагаемая полезная модель направлена на решение задачи по созданию конструкции блокируемого дифференциала для колесного транспорта, эксплуатация которого происходит на асфальтобетонном покрытии, сохранить управляемость и понизить износ шин.

Решение поставленной задачи достигается тем, что дифференциал с электромеханической блокировкой, содержащий корпус, крестовину с коническими сателлитами, выходные полуосевые валы, установленные на них с возможностью осевых перемещений и кинематически связанные с ними полуосевые шестерни, находящиеся в зацеплении с сателлитами, дополнительно содержит шлицевый вал, проходящий через отверстие, выполненное в крестовине, установленный на полуосевых шестернях и кинематически связанный с ними, соленоид, расположенный в полуосевой шестерне и связанный с токосъемными роликами, жестко

закрепленными на полуосевой шестерне, пружину, расположенную между шлицевым валом и соленоидом.

Сущность полезной модели поясняется чертежом, где показан продольный разрез дифференциала.

Дифференциал (рис. 8.16) содержит корпус 1, крестовину 2 с коническими сателлитами 3, выходные полуосевые валы 4, установленные на них с возможностью осевых перемещений и кинематически связанные с ними полуосевые шестерни 5 и 6, находящиеся в зацеплении с сателлитами 3, шлицевый вал 7, проходящий через отверстие, выполненное в крестовине 2, установленный на полуосевой шестерне 5 и кинематически связанный с ней, соленоид 8, расположенный в полу осевой шестерне 6 и связанный с токосъемными роликами 9, закрепленными на полуосевой шестерне 6, пружину 10, расположенную между шлицевым валом 7 и соленоидом 8.

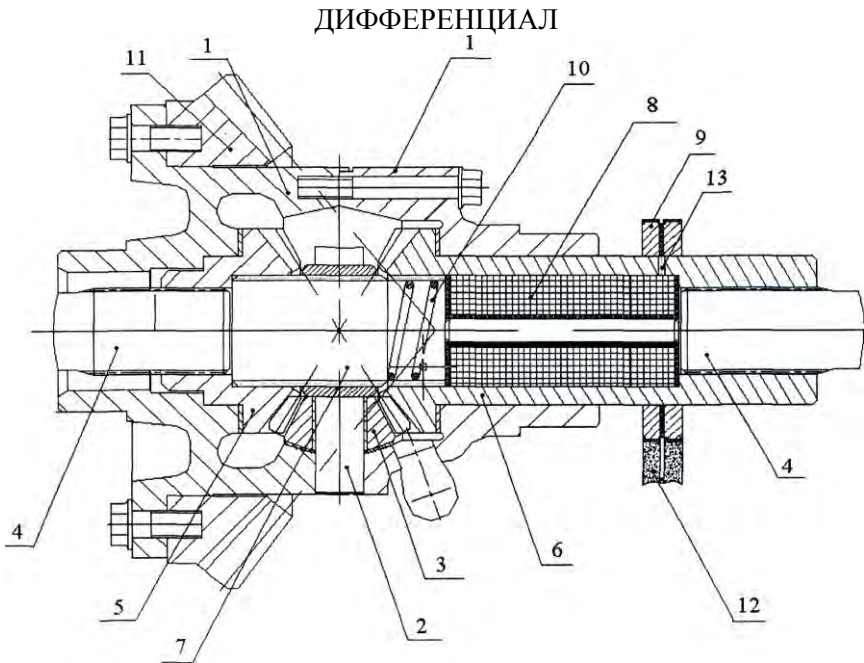


Рис. 8.16

Момент на дифференциал подается через ведомую шестерню 11, а ток на ролики 9 – через графитовые щетки 12. Токосъемные ролики 9 соединены с соленоидом 8 проводами, проходящими через отверстие 13. Дифференциал работает следующим образом. Водитель устройством управления опускает графитовые щетки 12 на токосъемные ролики 9 с медным покрытием. Соленоид 8 соединен с роликами проводами, проходящими через отверстие 13. Ток поступает на обмотку соленоида и создает магнитное поле. Под действием си-лы притяжения соленоида 8 шлицевый вал 7 сжимает пружину 10 и упирается в корпус соленоида 8, при этом входя в шлицевое зацепления с обеими полуосевыми шестернями 5 и 6. Полуосевые шестерни 5 и 6 соединены шлицевым зацеплением с полуосями 4. Несовпадение шлицев вала 7 и полуосевой шестерни 6 на момент включения блокировки компенсируется вращением полуосевой шес-терни 6, то есть при включении блокировки дифференциала необходимо также нажать педаль хода троллейбуса. При отводе графитовых щеток 12 от роликов 9 ток в цепи прерывается. Обесточенная обмотка соленоида 8 обладает лишь остаточным намагничиванием. Остаточная сила притяжения соленоида 8 компенсируется противодействием пружины 10. Пружина 10 разжимается и выталкивает шлицевый вал 7. Таким образом, связь полуосевых шестерен 5 и 6 нарушается и происходит разблокирование дифференциала.

Литература.

1. Патент РФ 2076965 (вариант 1), МПК F 16H 48/20, опубл. 1997.
2. Патент № 1149 ВУ, МПК F16H 48/20, опубл. 30.12.2003.

Проректор по научной  
и производственной  
деятельности

Ф.А. Романюк

### ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

Дифференциал с электромеханической блокировкой, содержащий корпус, крестовину с коническими сателлитами, выходные полуосевые валы, установленные на них с возможностью



осевых перемещений и кинематически связанные с ними полуосевые шестерни, находящиеся в зацеплении с сателлитами, отличающийся тем, что дополнительно содержит шлицевый вал, проходящий через отверстие, выполненное в крестовине, установленный на полуосевых шестернях и кинематически связанный с ними, соленоид, расположенный в одной из полуосевых шестерен и связанный с токосъемными роликами, закрепленными на полуосевой шестерне, кроме того, между шлицевым валом и соленоидом расположена пружина.

Проректор по научной  
и производственной  
деятельности

Ф.А. Романюк

### Литература

1. Автоматизация расчетов тягово-динамических характеристик промышленных тракторов / П.П. Исаков [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1988. – 278 с.
2. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет трансмиссий / А.И. Гришкевич [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 1985 – 240 с.
3. Анилович, В.Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов: справочное пособие / В.Я. Анилович, Ю.Г. Водолаженко. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
4. Атаманов, Ю.Е. Методическое пособие по курсу «Математические модели узлов и агрегатов трактора» для студентов специальности 15.02 «Автомобиле- и тракторостроение»: в 3 ч. / Ю.Е. Атаманов, Н.В. Богдан. – Минск: БГПА, 1992. – Ч. 1. – 68 с.
5. Атаманов, Ю.Е. Методическое пособие по курсу «Математические модели узлов и агрегатов трактора» для студентов специальности 15.02 «Автомобиле- и тракторостроение»: в 3 ч. / Ю.Е. Атаманов, Н.В. Богдан. – Минск: БГПА, 1992. – Ч. 2. – 88 с.
6. Атаманов, Ю.Е. Методическое пособие по курсу «Математические модели узлов и агрегатов трактора» для студентов специальности 15.02 «Автомобиле- и тракторостроение»: в 3 ч. / Ю.Е. Атаманов, Н.В. Богдан. – Минск: БГПА, 1994. – Ч. 3. – 84 с.

7. Атаманов, Ю.Е. Персональные ЭВМ. Пакет Grapher: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Вычислительная техника и программирование» для студентов специальности 15.02 «Автомобиле- и тракторостроение» и 15.06 «Колесные и гусеничные машины» / Ю.Е. Атаманов, А.С. Поварехо, В.В. Трико-зенко. – Минск: БГПА, 1995. – 28 с.
8. Бандин, Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Бандин. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
9. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидропневмомашин и передачи: учебное пособие для вузов / А.Ф. Андреев [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 310 с.
10. Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования и правила оформления: ГОСТ 7.32–81. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 41 с.
11. Дифференциалы колесных машин / А.Ф. Андреев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
12. Инструкция по подготовке, оформлению и представлению к защите дипломных работ в высших учебных заведениях: утв. приказом министра образования Республики Беларусь от 21.06.1997 № 365.
13. Когаев, В.П. Прочность и износостойкость деталей машин / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
14. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости / Н.Ф. Бочаров [и др.]. – М.: Машиностроение, 1983. – 299 с.
15. Лукинский, В.С. Долговечность деталей шасси автомобиля / В.С. Лукинский, Ю.Г. Котиков, Е.И. Зайцев. – Л.: Машиностроение, 1984. – 231 с.
16. Маслов, Г.С. Расчеты колебания валов: справочное пособие / Г.С. Маслов. – М.: Машиностроение, 1968. – 272 с.
17. Методическая инструкция Белорусского национального технического университета. Единая система стандартизации БНТУ. Дипломное проектирование: БНТУ 3.001–2003.
18. Методические указания по выполнению дипломного проекта. – Минск: БНТУ, 2001.
19. Объемные гидромеханические передачи: расчет и конструирование / О.М. Бабаев [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1987. – 256 с.

20. Положение о государственных экзаменационных комиссиях в высших учебных заведениях Республики Беларусь: утв. приказом Министерства образования Республики Беларусь от 27.06.1997 г. № 365.
21. Применение ЭВМ при конструировании и расчете автомобиля / А.И. Гришкевич [и др.]; под общ. ред. А.И. Гришкевича. – Минск: Вышэйшая школа, 1978. – 264 с.
22. Проектирование полноприводных колесных машин: учебник для вузов: в 2 т. / Б.А. Афанасьев [и др.]. – М.: Издательство МГТУ, 1999. – Т. 1. – 488 с.
23. Проектирование трансмиссии автомобиля: справочник / А.И. Гришкевич [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
24. Промышленные тракторы / Ю.В. Гинзбург [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 296 с.
25. Расчет деталей машин на ЭВМ: учебное пособие / Д.Н. Решетов [и др.]. – М.: Высшая школа, 1985.
26. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / под ред. И.А. Болотовского. – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.
27. Сцепления транспортных и тяговых машин / И.Б. Барский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 344 с.
28. Тракторы. Дипломное проектирование / А.Ф. Андреев [и др.]; под ред. В.В. Будько. – Минск: Вышэйшая школа, 1995. – 158 с.
29. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет: учебник для машиностроительных специальностей вузов / И.П. Ксенович [и др.]; под общ. ред. И.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 1991. – 543 с.
30. Тракторы. Теория: учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
31. Унификация и агрегатирование тракторов в проектировании тракторов и технологических комплексов: учебное пособие / В.П. Бойков [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2003. – 400 с.
32. Хог, Э. Прикладное оптимальное проектирование. Механические системы и конструкции / Э. Хог, Я. Арора. – М.: Мир, 1983. – 478 с.

33. Цитович, И.С. Анализ и синтез планетарных коробок передач автомобилей и тракторов / И.С. Цитович, В.Б. Альгин, В.В. Грицкевич. – Минск: Наука и техника, 1987. – 224 с.
34. Цитович, И.С. Трансмиссия автомобилей / И.С. Цитович, И.В. Каноник, В.А. Вавуло. – Минск: Наука и техника, 1979. – 256 с.
35. Электромеханические трансмиссии гусеничных тракторов: теория и расчет / П.П. Исаков [и др.]. – Л.: Машиностроение, 1981. – 302 с.
36. Электрическое и электронное оборудование автомобилей / С.В. Акимов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988.
37. Ксеневиц, И.П. Наземные тягово-транспортные системы: в 3 т. / И.П. Ксеневиц, В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 3. – 787 с.
38. Математическое моделирование: методические указания по выполнению практических и курсовых работ для студентов специальностей 1-37 01 04 «Многоцелевые гусеничные и колесные машины», 1-37 01 03 «Тракторостроение», 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт» / В.П. Бойков [и др.]. – Минск, 2008. – 66 с.
39. Бондаревский, Д. И. Эксплуатация и ремонт подвижного состава городского электрического транспорта / Д.И. Бондаревский, В.М. Кобозев. – М.: Высшая школа, 1973. – 392 с.
40. Черток, М. С. Эксплуатация и ремонт подвижного состава трамвая / М.С. Черток. – М.: Стройиздат, 1966.– 388 с.
41. Богдан, Н. В. Троллейбус. Устройство и техническое обслуживание / Н.В. Богдан, Ю.Е. Атаманов, А.И. Сафонов. – Минск: Ураджай, 1999. – 256 с.
42. Коган, Л. Я. Эксплуатация и ремонт троллейбусов / Л.Я. Коган, Е.Е. Корягина, И.А. Белостоцкий. – М.: Транспорт, 1978. – 248 с.
43. Коган, Л. Я. Устройство и эксплуатация троллейбуса / Л.Я. Коган, Е.Е. Корягина, И.А. Белостоцкий. – М.: Высшая школа, 1978. – 336 с.
44. Овечников, Е. В. Городской транспорт / Е.В. Овечников, М.С. Фишельсон. – М.: Высшая школа, 1976. – 352 с.
45. Теория, конструирование и расчет подвижного состава. Трамвай / Н.В. Богдан [и др.]. – Минск: БНТУ, 2008. – 473 с.

46. Атаманов, Ю.Е. Теория подвижного состава. Трамвай / Ю.Е. Атаманов, К.И. Мазаник. – Минск: БНТУ, 2008. – 388 с.

Величины средних и наибольших значений коэффициентов динамики, ускорений  
и показателя плавности хода трамвая

Оценка плавности хода вагона	Коэффициент динамики $k_d$		Ускорение вагона, м/с <sup>2</sup>		Показатель плавности хода
	вертикальный	горизонтальный	вертикальное	горизонтальное	
Отличная	До 0,1	До 0,05	1,0	0,5	До 1
Хорошая	0,10–0,15	0,05–0,10	1,0–1,5	0,5–1,0	До 2
Удовлетворительная (допустимая для пассажирских вагонов)	0,16–0,20	0,11–0,15	1,6–2,0	1,1–2,0	До 3,25
Допустимая (для грузовых вагонов)	0,21–0,35	0,16–0,25	2,1–3,5	2,1–3,0	До 4
Непригодная для регулярного движения (по воздействию на конструкцию и организм человека)	0,36 и более	0,26 и более	3,6 и более	3,1 и более	До 5
Небезопасная при длительном движении (по устойчивости вагона и воздействию на организм человека)	Более 0,7	Более 0,4	Более 7,0	более 5,0	более 5

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Удельные сопротивления при качении колесной пары трамвая по рельсу, Н/кН

– от трения качения колесной пары по рельсу	0,3–0,6
– сопротивление движению трамвая на роликовых подшипниках	0,01–0,02
– от трения скольжения колесной пары по рельсам	0,1
– от неправильного формирования колесных пар и установки их в тележки	0,2
– от виляния вагона	0,15
– от ударов колесной пары на стыках рельсов	0,3–0,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Нормы виброскоростей для троллейбусов в октавных полосах при длительности рабочего дня 8 часов

Средние геометрические значения частот полос, Гц	1	2	4	8	16	31,5	63
Допустимые значения виброускорений, $\text{м/с}^2$ :							
вертикальных	1,10	0,79	0,57	0,60	1,14	2,26	4,49
горизонтальных	0,39	0,42	0,80	1,62	3,20	6,38	12,76
Допустимые значения виброскоростей, $\text{м/с}$ :							
вертикальных	0,020	0,071	0,025	0,013	0,011	0,011	0,011
горизонтальных	0,063	0,035	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Основные технические характеристики трамвайных вагонов

Показатели	Четырехосные								Сочлененные				
	T-2SU	T-3SU	КТМ-5М	КТМ 71-608	T6B5	PB3-6M2	ЛМ-2000	АКСМ 60102	GT8D	ЛВС-97	АКСМ 743	NGT6	K4000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Габаритные размеры, м:													
длина кузова	14,0	14,0	15,1	15,25	15,3	14,1	14,1	15,27	26,0	22,0	26,0	26,0	28,4
ширина кузова	2,5	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	2,5	2,5	2,37	2,55	2,5	2,4	2,65
высота от головки рельса	3,05	3,05	3,15	3,10	3,15	3,15	3,10	3,15	3,19	3,15	3,15	3,165	3,36
база вагона	6,4	6,4	6,4	7,35	7,5	6,4	6,4	7,5	6 + 6,7 + 6	7,5	9,3 + 9,3	9,04	10,1
база тележки	1,9	1,9	1,94	1,94	1,90	1,94	1,94	1,94	1,80	1,94	1,94	1,8	1,8/1,9
Вместимость:													
число мест для сидения	38	36	32	32	40	38	17	30	69	-	66	78	68
нормальное наполнение	94	95	140	135	128	119	150	120	218	180	184	178	185

максимальное наполнение	-	-	224	238	168	197	-	211	300	270	302	-	-
----------------------------	---	---	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	---	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Масса вагона, т													
снаряженная	-	17,3	18,0	21,0	18,4	18,4	18,0	20,0	30,5	30,0	30,85	31,0	35,0
при номин. заполнении		-	-	-	28,0	25,3	-	34,8	45,0	-	45,57	-	-
Тип ТЭД	ТМ 022	ТЕ 022	ДК-259	ДК-259Е	ТЕ 023	ДК-259	ДК-259Е	ДК-263Б	GBd 120d	ДК-259Е	ДК-263Б	MLU 3443	4LXA 1442
Номинальная мощность, кВт	40	40	40	50	45	40	50	80	120	50	80	160	120
Число ТЭД	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4
Система управления ТЭД	-	-	РК	РК	ТИ	РК	РК/IGBT	ТИ	Непосредственная	РК/IGBT	ТИ	IGBT	GTO
Передаточное число редуктора	-	-	-	-	7,36	7,17	-	-	-	-	-	5,06	7,225
Максим. скорость с номин. загрузкой, км/ч	65	65	70	75	65	65	75	62	-	75	62	80	80
Средн. пусковое ускорение, м/с <sup>2</sup>	1,8	1,8	1,6	1,5	1,8	1,2	-	-	-	-	-	1,1	-
Замедление при электрич. торможении, м/с <sup>2</sup>	1,0	1,0	1,5	1,5	1,8	1,3	-	-	-	-	-	1,1	-
Замедление экстренное, м/с <sup>2</sup>	2,3	2,5	2,55	3,0	2,3	3,0	-	-	-	-	-	3,0	-

Значения коэффициента сцепления колесной пары с рельсом

Состояние поверхности рельсов	Режим тяги			Режим торможения		
	max	среднее	min	max	среднее	min
Сухая обезжиренная	0,84	0,58	0,32	0,240	0,167	0,091
Чистая политая водой	0,61	0,41	0,20	0,174	0,113	0,052
Замасленная	0,24	0,16	0,08	0,068	0,046	0,023

Величину коэффициента сцепления колеса с рельсом в зависимости от скорости движения в режиме тяги можно определить по формуле

$$\varphi = \eta_c \frac{1}{a_c + 0,04v},$$

где  $\eta_c$  – коэффициент, учитывающий неравенство нагрузок между ведущими осями:  $\eta_c = 0,92-0,96$ ;

$v$  – скорость движения, км/ч;

$a_c$  – постоянная величина, зависящая от состояния пути и рода поставленной в расчетах задачи:

– при расчете механических частей вагона, определении максимальной нагрузки тягового двигателя  $a_c = 2,3$ ;

– при трогании и экстренном торможении с применением песка и движении в обычных условиях эксплуатации  $a_c = 3,7$ ;

– для тех же случаев на обособленном пути  $a_c = 3,6$ ;

– при наихудших условиях и расчетах, связанных с вопросами безопасности,  $a_c = 6$ .

В режиме торможения коэффициент сцепления колеса с рельсом примерно в 3,5 раза меньше коэффициента сцепления в режиме тяги.

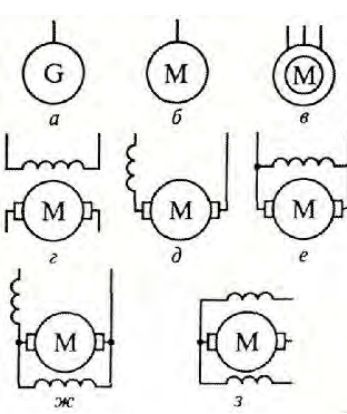
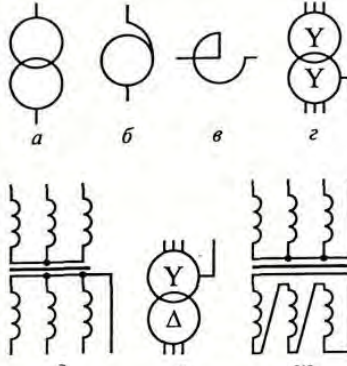
## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

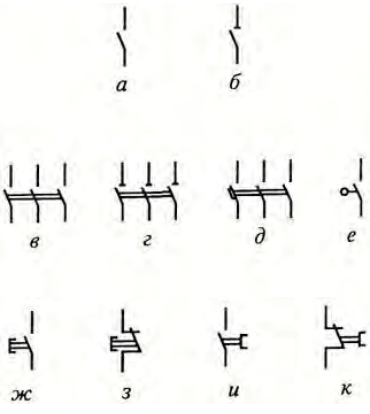

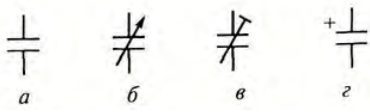
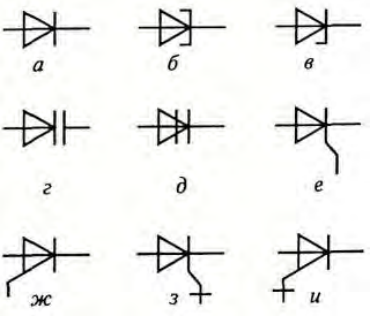
Буквенные коды наиболее распространенных элементов и устройств,  
применяемые в электрических схемах

Код группы элементов	Примеры кодов устройств и элементов
А – устройства	АК – блок реле
В – преобразователи неэлектрических величин в электрические и наоборот	ВК – тепловой датчик ВL – фотоэлемент ВR – тахогенератор
С – конденсаторы	
Е – элементы разные	ЕК – нагревательный элемент ЕL – лампа осветительная
F – разрядники, предохранители, устройства защиты	FA – дискретный элемент защиты по току FU – предохранитель плавкий FV – разрядник
G – генераторы, источники питания	GB – батарея аккумуляторная
Н – устройства сигнальные и индикаторные	НL – лампа сигнальная НА – звонок
К – реле, контакторы, пускатели	КА – реле тока КН – реле указательное КК – реле электротепловое КМ – контактор, магнитный пускатель КТ – реле времени KV – реле напряжения KL – реле промежуточное
L – катушки индуктивности, дроссели, реакторы	LL – дроссель люминесцентной лампы
М – двигатели электрические	
Р – приборы и устройства измерительные	РА – амперметр PV – вольтметр PW – ваттметр PF – частотомер PR – омметр

Код группы элементов	Примеры кодов устройств и элементов
Q – выключатели и разъединители в силовых цепях	QF – выключатель автоматический QS – разъединитель
R – резисторы	RK – терморезистор RP – потенциометр RS – шунт измерительный
S – устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных цепях	SA – выключатели и переключатели SF – выключатели автоматические SB – выключатели кнопочные SL – выключатели, срабатывающие от уровня SP – выключатели, срабатывающие от давления SQ – выключатели, срабатывающие от положения SR – выключатели, срабатывающие от частоты вращения SK – выключатель, срабатывающий от температуры
T – трансформаторы, автотрансформаторы	TA – трансформатор тока измерительный TV – трансформатор напряжения измерительный
U – преобразователи электрических величин в электрические	UZ – выпрямитель, инвертор, преобразователь частоты
V – приборы полупроводниковые и электровакуумные	VD – диод VT – транзистор VS – тиристор VL – прибор электровакуумный
X – соединения контактные	XA – токосъемник, контакты скользящие XP – штырь XS – гнездо XT – соединение разборное XN – соединение неразборное
Y – устройства механические с электромагнитным приводом	YA – электромагнит YC – муфта электромагнитная YB – тормоз электромагнитный

Условные обозначения некоторых элементов и устройств  
на электрических схемах

Наименование	Обозначение
1	2
<p><i>Электрические машины:</i></p> <p><i>a</i> — генератор переменного тока  <i>б</i> — двигатель переменного тока  <i>в</i> — трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором  <i>г</i> — двигатель постоянного тока независимого возбуждения  <i>д</i> — то же последовательного возбуждения  <i>е</i> — то же параллельного возбуждения  <i>жс</i> — то же смешанного возбуждения  <i>з</i> — то же с двумя последовательными обмотками возбуждения (реверсивный двигатель)</p>	
<p><i>Трансформаторы:</i></p> <p><i>a</i> — трансформатор  <i>б</i> — автотрансформатор  <i>в</i> — реактор  <i>г, д</i> — трехфазный трансформатор, соединение обмоток «звезда-звезда с нейтральным проводом»  <i>е, жс</i> — трехфазный трансформатор, соединение обмоток «звезда с нейтральным проводом-треугольник»</p>	

1	2
<p><i>Выключатели:</i></p> <p><i>a</i> — однополюсный выключатель  <i>б</i> — однополюсный разъединитель  <i>в</i> — трехполюсный выключатель  <i>г, д</i> — трехполюсный выключатель автоматический  <i>е</i> — путевой однополюсный выключатель  <i>жс</i> — кнопка замыкающая с самовозвратом  <i>з</i> — кнопка размыкающая с самовозвратом  <i>и</i> — кнопка замыкающая без самовозврата  <i>к</i> — кнопка размыкающая без самовозврата</p>	
<p><i>Катушки электромеханических устройств (реле, контакторы и т. п.)</i></p> <p><i>a</i> — общее обозначение  <i>б</i> — катушка с одной обмоткой</p>	
<p><i>Конденсаторы:</i></p> <p><i>a</i> — постоянный  <i>б</i> — переменный  <i>в</i> — подстроечный  <i>г</i> — электролитический</p>	
<p><i>Полупроводниковые приборы:</i></p> <p><i>a</i> — диод (общее обозначение)  <i>б</i> — туннельный диод  <i>в</i> — стабилитрон  <i>г</i> — варикап  <i>д</i> — динистор  <i>е</i> — тиристор с управлением по катоду  <i>жс</i> — тиристор с управлением по аноду  <i>з</i> — триодный тиристор, запираемый по катоду  <i>и</i> — триодный тиристор, запираемый по аноду</p>	



1	2
<p><i>Полупроводниковые приборы:</i></p> <p><i>a</i> — выпрямитель однофазный мостовой  <i>б</i> — фотодиод  <i>в</i> — светодиод  <i>г</i> — фоторезистор  <i>д</i> — солнечный фотоэлемент  <i>е</i> — транзистор <i>pnp</i>-типа  <i>ж</i> — транзистор <i>npn</i>-типа  <i>з</i> — полевой транзистор с каналом <i>n</i>-типа  <i>и</i> — биполярный транзистор с изолированным затвором</p>	
<p><i>Контакты:</i></p> <p><i>a</i> — замыкающий  <i>б</i> — размыкающий  <i>в</i> — переключающий  <i>г</i> — с двойным замыканием  <i>д</i> — с двойным размыканием  <i>е</i> — замыкающий с механической связью  <i>ж</i> — с замедлением при срабатывании  <i>з</i> — с замедлением при возврате (отпуске)  <i>и</i> — с замедлением при срабатывании и возврате  <i>к</i> — без самовозврата  <i>л</i> — теплового реле</p>	

**Задание по дипломному проектированию**  
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

АВТОТРАКТОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Тракторы»

«У Т В Е Р Ж Д А Ю»

Заведующий кафедрой В.П. Бойков

д-р техн. наук, профессор

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ**

Студенту-дипломнику группы \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ (номер)

\_\_\_\_\_ (фамилия, имя, отчество)

Специальность \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ (шифр, наименование специальности)

1. Тема проекта

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Утверждена приказом ректора БНТУ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

2. Дата выдачи задания « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

3. Сроки сдачи студентом законченного проекта « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

4. Исходные данные к проекту

4.1. \_\_\_\_\_

4.2. \_\_\_\_\_

4.3. \_\_\_\_\_

5. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

5.1. Введение 3–4 с.

5.2. Сравнительный анализ патентных и информационных материалов, конструкторских схем аналогов разрабатываемого изделия и выбор его рациональной конструкции 18–20 с.

5.3. Техничко-экономическое обоснование разрабатываемого изделия и узлов с картой технического уровня 20–25 с.

5.4. Теоретические характеристики рабочих процессов изделия 5–6 с.

5.5. Конструирование и расчет узлов 20–25 с.

5.6. Технологическая часть 15–20 с.

5.7. Охрана труда	8–12 с.
5.8. Заявка на получение патента	10–12 с.
5.9. Заключение	1–2 с.

6. Перечень графического материала:

6.1. Компоновка изделия и узла	2–3 листа
6.2. Электрические, кинематические, пневматические и другие схемы	1 лист
6.3. Графики характеристик рабочих процессов изделия	1–3 листа
6.4. Продольный разрез узла	1 лист
6.5. Поперечный разрез узла	1 лист
6.6. Вспомогательные разрезы узла	2–3 листа
6.7. Расчет размерных цепей	1 лист
6.8. Рабочий чертеж детали	1 лист
6.9. Чертежи технологической части	2 листа

7. Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов проекта)

---

7.1) по конструкторской части:	
– от кафедры _____	
– от организации _____	
7.2) по технологической части _____	
7.3) по технико-экономической части _____	
7.4) по охране труда _____	

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования с указанием сроков выполнения по трудоемкости отдельных этапов:

8.1. Пункты 5.1 и 5.2 пояснительной записки, компоновка машины, схемы и графики	06.04.20__ г.
8.2. Пункты 5.3 и 5.4 пояснительной записки, сборочные чертежи узла, размерные цепи	04.05.20__ г.
8.3. Пункты 5.5 и 5.6 пояснительной записки, рабочий чертеж детали, чертеж технологической части проекта	30.05.20__ г.
8.4. Пункты 5.7, 5.8 и 5.9 пояснительной записки, спецификации	05.06.20__ г.
8.5. Представление всего проекта руководителю	08.06.20__ г.
8.6. Представление всего проекта заведующему кафедрой	14.06.20__ г.

Руководитель \_\_\_\_\_ (подпись, дата) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия, ученая степень, звание)

Студент-дипломник \_\_\_\_\_  
 принял задание к исполнению \_\_\_\_\_ (подпись, дата) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

Примечания:

1. Это задание прилагается к законченному проекту и вместе с проектом представляется при его защите в ГЭК.

2. Дипломный проект сдается с электронной копией графического и расчетного материала. Электронная копия, проверенная руководителем, сдается при прохождении нормоконтроля.

**Пояснительная записка дипломного проекта (титульный лист)**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**АВТОТРАКТОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра «Тракторы»**

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
В.П. Бойков  
д-р техн. наук, профессор  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**Погрузчик фронтальный грузоподъемностью 6 т. Трансмиссия электромеханическая**

(наименование темы)

Специальность 1-37 01 05 «Городской электрический транспорт»

Студент-дипломник  
группы 101154

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.В. Романович

Руководитель

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.М. Сологуб  
д-р техн. наук, профессор

Консультанты:  
по конструкторской части

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.М. Сологуб  
д-р техн. наук, профессор

по конструкторской части

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

С.Г. Мешков  
зам ген. конструктор  
ОАО «АМКОДОР»

по технологической части

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

И.Л. Баршай  
д-р техн. наук, профессор

по охране труда

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.М. Сологуб  
д-р техн. наук, профессор

Ответственный за нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.М. Сологуб  
д-р техн. наук, профессор

Объем проекта:

Пояснительная записка – \_\_\_ страниц;

Графическая часть – \_\_\_ листов;

Магнитные (цифровые) носители – \_\_\_ единиц.

Минск 20\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10

### Образец выполнения основной надписи на первом листе пояснительной записки (Введение)

						<i>БНТУ.ХХХХХ.ХХ</i> <sup>(1)</sup>			
						<i>Наименование объекта проектирования</i> (2) (3)	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Наименование листа дипломного проекта</i> (3) (4)	У		
							<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
							1-37 01 04 г. Минск		
<i>Н контр.</i>									
<i>Утв.</i>									

**Примечания:**

- 1 – номер зачетной книжки студента
- 2 – пример: Трактор промышленный с двигателем мощностью 154 кВт.  
Трансмиссия с гидротрансформатором
- 3 – пример: Пояснительная записка

## ПРИЛОЖЕНИЕ 11

### Образец выполнения основной надписи на графической части дипломного проекта

						<i>БНТУ.ХХХХХ.ХХ</i> <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>			
						<i>Наименование объекта проектирования</i> (3)	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
						<i>Наименование листа дипломного проекта</i> (4)	У		
							<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
							1-37 01 04 г. Минск		
<i>Н контр.</i>									
<i>Утв.</i>									

**Примечания:**

- 1 – номер зачетной книжки студента
- 2 – порядковый номер листа графической части дипломного проекта  
(пример БНТУ.101219/11.02)
- 3 – пример: Трактор промышленный с двигателем мощностью 154 кВт.  
Трансмиссия с гидротрансформатором
- 4 – пример: Компоновка машины или стенда

## ПРИЛОЖЕНИЕ 12

### Ведомость объема дипломного проекта

Формат	Обозначение	Наименование	Количество листов	Примечание	
A4	–	Задание по дипломному проектированию	1		
A4	–	Пояснительная записка	120		
A1	(1) БНТУ.101219/15.001	Компоновка машины или стенда	2		
A1	(1) БНТУ.101219/15.002	Кинематические, электрические, гидравлические схемы	1		
A1	(1) БНТУ.101219/15.003	Характеристика рабочих процессов машины	2		
A1	(1) БНТУ.101219/15.004	Разрабатываемый узел. Сборочный чертеж	2		
A1	(1) БНТУ.101219/15.005	Продольный разрез узла	1		
A1	(1) БНТУ.101219/15.006	Поперечный разрез узла	1		
A1	(1) БНТУ.101219/15.007	Вспомогательный разрез узла	2		
A1	(1) БНТУ.101219/15.008	Расчет размерных цепей	1		
A1	(1) БНТУ.101219/15.009	Чертежи технологической части	2		
A4	(1) БНТУ.101219/15.010	Патентно-информационный поиск и учебная заявка	10		
A4	(1) БНТУ.101219/15.011	Технико-экономическое обоснование и карта технического уровня	15		
		(1) (2) ДП-101219/15-ДО-2005			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					
Консультант					
Руководитель					
Н. контр.					
Утв.					
Ведомость объема дипломного проекта			Лит.	Лист	Листов
			У		
			1-37 01 04 БНТУ, г. Минск		

Примечания:

1 – номер зачетной книжки

2 – ДО – дневное, ЗО – заочное обучение

**Образец оформления реферата  
к дипломному проекту**

**РЕФЕРАТ**

Дипломный проект: 120 с., 11 рис., 19 табл., 21 источник., 9 прил.

**ПОГРУЗЧИК ФРОНТАЛЬНЫЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 6 Т.  
ТРАНСМИССИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ**

Объектом исследования (разработки) является...

Цель работы (проекта)...

В процессе работы (проектирования) выполнены следующие исследования (разработки)...

Элементами научной новизны (практической значимости) полученных результатов являются...

Областью возможного практического применения являются...

В ходе дипломного проектирования прошли апробацию такие предложения, как...

Результатами внедрения явились...

Студент-дипломник подтверждает, что приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние исследуемого процесса (разрабатываемого объекта), все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

**Образец отзыва руководителя на дипломный проект (пример)**  
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА « \_\_\_\_\_ »

**Отзыв руководителя на дипломный проект**

Студента группы \_\_\_\_\_

Тема проекта \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дипломный проект состоит из \_\_\_\_\_ страниц пояснительной записки и комплекта графического материала на \_\_\_\_\_ листах.

Проект выполнен по актуальной тематике и соответствует требованиям к аттестационной работе выпускника вуза. В проекте решена поставленная задача, сформулированная в теме проекта и задании на дипломное проектирование. Студент работал самостоятельно при принятии решений, показал умение пользоваться справочной и специальной литературой, что свидетельствует о его готовности к инженерной работе. Некоторые результаты (конструкторская разработка, предложения по совершенствованию ТО, диагностике или ремонту тракторов) могут быть использованы на практике.

Дополнительные сведения

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Содержание и объем выполненного дипломного проекта дают основание считать возможным присвоение квалификации инженера-электромеханика по специальности «Городской электрический транспорт».

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

Ф.И.О.

« \_\_\_\_\_ » июня 20\_\_ г.



ПРИЛОЖЕНИЕ 15

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

РЕЦЕНЗЕНТУ \_\_\_\_\_

Кафедра «Тракторы» Белорусского национального технического университета просит вас дать рецензию на дипломные проекты следующих студентов-дипломников:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

В рецензии просим отразить вопросы, связанные с темой.

Обязательный срок сдачи рецензии в напечатанном виде к \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Ваше присутствие на защите дипломного проекта желательно.

Заведующий кафедрой  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

В.П. Бойков

ПАМЯТКА РЕЦЕНЗЕНТУ

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество)

\_\_\_\_\_ факультета Белорусского национального технического  
университета на тему \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_ выполнил дипломный проект  
(Ф.И.О.)

в графической части на \_\_\_\_\_ листах с расчетно-пояснительной запиской  
на \_\_\_\_\_ страницах.

В дипломном проекте разработано (дать краткое содержание дипломного проекта с описанием принятых решений и полноты их разработки). Отметить, что в дипломном проекте получили отражение также вопросы техники безопасности, технико-экономические показатели, сделан перевод статьи из иностранного журнала и т.д.

В рецензии должны быть отмечены:

- актуальность дипломного проекта;
- степень соответствия дипломного проекта заданию;
- логичность построения пояснительной записки;
- наличие по теме дипломного проекта критического обзора литературы.

Примеры библиографического описания изданий

Характеристика источника	Пример оформления
1	2
Один, два или три автора	<p>1. Савицкая, Г.В. Анализ эффективности деятельности предприятия: методологические аспекты / Г.В. Савицкая. – М.: ООО «Новое знание», 2003. – 159 с.: табл.</p> <p>2. Миклашевич, И.А. Микромеханика разрушения в обобщенных пространствах / И.А. Миклашевич. – Минск: Логвинов, 2003. – 197 с.: ил.</p> <p>3. Белов, Г.В. Технологии промышленного менеджмента / Г.В. Белов, В.М. Быцкевич. – М.: Metallurgia, 2000. – 288 с.: ил.</p> <p>4. Невзоров, Л.А. Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов: учебник / Л.А. Невзоров, Ю.И. Гудков, М.Д. Полосин. – 2-е изд. – М.: Academia, 2002. – 443 с.: ил.</p>
Более трех авторов	<p>Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций / С.А. Куркин [и др.]; под ред. С.А. Куркина и В.М. Ховова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 463 с.: ил.</p>
Учебник, учебное пособие, словарь, справочник	<p>1. Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов: учебник / С.Ф. Головин [и др.]; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 462 с.: ил.</p> <p>2. Климович, Л.К. Основы менеджмента: учебное пособие для вузов по специальности «Коммерческая деятельность» / Л.К. Климович. – Минск: ДизайнПРО, 2003. – 159 с.: ил.</p> <p>3. Иллюстрированный словарь по искусству и архитектуре / сост. Р.П. Андреева. – СПб.: Издательский дом «Литера», 2003. – 447 с.: ил.</p> <p>4. Колеса и шины: краткий справочник / сост. А.М. Ладыгин. – М.: За рулем, 2002. – 122 с.: ил.</p>

1	2
Методические указания	Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технология и оборудование восстановления деталей машин и приборов» для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процес-сов обработки материалов» / сост. Е.Н. Сташевская. – Минск: БНТУ, 2003. – 20 с.
Многотомное издание	Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001.
Отдельный том в многотомном издании	Иконников, А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность: в 2 т. / А.В. Иконников. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – Т.1. – 655 с.: ил.
Сборник статей, трудов	Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений: межвузовский научный сборник / Саратовский государственный технический университет; отв. ред. Л.И. Высоцкий. – Саратов: СГТУ, 2002. – 98 с.: ил.
Стандарт	1. Национальная система сертификации Республики Беларусь. Порядок проведения сертификации услуг химической чистки и крашения: СТБ 5.3.08–2003. Введ. 01.11.2003. – Минск: БелГИСС: Госстандарт Беларуси, 2003. – 20 с. 2. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности ГОСТ 8.420–2002. – Взамен ГОСТ 8.420–81; Введ. 01.09.2003; Республика Беларусь 01.09.2003. – Минск: БелГИСС: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2003. – 6 с.
Статья из журнала	Кравец, Ф.К. Динамика системы подготовки сжатого воздуха пневмопривода технологических ма-шин Ф.К. Кравец, Р.Р. Левко // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2003. – № 4. – С. 44–49.

Статья из газеты	Белый, С. Электроэнергетика Беларуси: настоящее и будущее / С. Белый // Республика. – 2003. – 20 снежня. – С. 12.
1	2
Тезисы докладов и материалы конференций	Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления: сборник трудов первой Международной конференции, Минск, 11–13 декабря 2002 г: в 3 т. / под общ. ред. П.А. Витязя. – Минск: Технопринт, 2002.
Электронные ресурсы удаленного доступа	1. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Власенко Т.В.; Web-мастер Козлова Н.В. доступа Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 1997. – Режим доступа: <a href="http://www.rsl.ru">http://www.rsl.ru</a> , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. 2. Российский сводный каталог по НТЛ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о зарубеж. и отечеств., кн. и зарубеж. период., изд. по естеств. наукам, технике, сел. хоз-ву и медицине, поступившие в организации-участницы Автоматизированной системы Рос. свод. кат. по науч.-техн. лит.: ежегод. пополнение ок. 30 тыс. записей по всем видам изд. – Электрон. дан. (3 файла). – М., [199_]. – Режим доступа: <a href="http://www.gpntb.ru/win/search/help/rsk.html">http://www.gpntb.ru/win/search/help/rsk.html</a> . – Загл. с экрана.

Учебное издание

БОЙКОВ Владимир Петрович  
СОЛОГУБ Александр Михайлович  
АНДРЕЕВ Александр Федорович и др.

ГОРОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ.  
КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальности  
1-37 01 05 «Городской электрический транспорт»

Редактор Т.Н. Микулик  
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 02.07.2010.

Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 22,73 + 0,58 вкл. Уч.-изд. л. 17,77 + 0,23 вкл.

Тираж 100. Заказ 912.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.