

Министерство образования и науки Республики Татарстан  
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
«Казанский автотранспортный техникум им. А.П.Обыденнова»

**ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ И ОФОРМЛЕНИЮ  
КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ**

**Методическое пособие для студентов  
по специальности 23.02.05 «Эксплуатация транспортного  
электрооборудования и автоматики (по видам транспорта,  
за исключением водного)»**

Казань 2022

Составитель:

Фаваризов Р.Н. преподаватель ГАПОУ «КАТТ» им А.П.Обыденнова

Рассмотрено на заседании предметной (цикловой) комиссии  
по обслуживанию подвижного состава и строительству дорог

Протокол № 3 от «12» 10 2022 г.:

Председатель П(Ц)К: А.Г. Шигильчёв

Методическое пособие «Требования к разработке и оформлению курсовых проектов» предназначено для студентов техникума и содержит рекомендации для разработки и оформления текстовых и графических документов в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. (ЕСКД – М.: УМК по ГНЭО, 2003).

## **Содержание**

1 Введение .....	4
1.1 Область применения методических указаний .....	4
1.2 Общие положения .....	4
1.3 Порядок защиты курсового проекта .....	5
2 Требования к оформлению курсового проекта .....	6
2.1 Изложение текста пояснительной записки .....	6
2.2 Оформление иллюстраций .....	14
2.3 Оформление таблиц .....	15
2.4 Оформление формул .....	17
2.5 Оформление приложений .....	17
3 Оформление графической части .....	19
3.1 Требования к заполнению основных надписей пояснительной записки и чертежей .....	19
3.2 Оформление списка использованных источников .....	20
4 Структура и содержание курсового проекта .....	24
5 Хранение курсовых проектов .....	25
Приложение А .....	26
Приложение Б .....	27
Приложение В .....	28
Приложение Г .....	29
Приложение Д .....	30

## **1 Введение**

При выполнении курсовых проектов студенты должны пользоваться государственными стандартами Единой системы конструкторской документации – ЕСКД.

Стандарты ЕСКД введены к обязательному применению с 01.07.1996 г.

### **1.1 Область применения методических указаний**

Методические указания составлены в помощь студентам курсового проектирования с целью соблюдения единых требований к оформлению графических и текстовых материалов курсовых проектов. Курсовой проект разрабатывается в соответствии с заданием.

Курсовой проект является промежуточным этапом обучения студента, формирования его творческих способностей и проявления уровня профессиональной подготовки, который предполагает решение задач, требующих использования знаний специальных и общетехнических предметов.

Данные методические указания представляют собой рекомендации, которые помогут упорядочить процесс выполнения и оформления студентами курсового проекта, а также повысить качество курсового проектирования, оказать помощь студенту в самостоятельной работе над курсовым проектом. С этой целью здесь излагаются основные требования, предъявляемые к содержанию и качеству выполняемой работы, даются рекомендации для самостоятельной работы и контроля за работой студента со стороны преподавателя.

### **1.2 Общие положения**

К курсовому проекту допускаются студенты, полностью прошедшие весь курс обучения. К выполнению курсового проекта студент приступает после получения задания на курсовой проект.

Темы курсовых проектов утверждаются заместителем директора по учебной работе, с учетом задач, стоящих перед отраслью или отдельным предприятием.

Выполнение курсового проекта должно производиться с соблюдением действующих норм и правил по технике безопасности и производственной санитарии, а также действующей нормативно-технической документации, и содержать 25-40 листов.

Законченный курсовой проект в установленные сроки должны представляться на проверку в печатном виде руководителю. В установленные

сроки на заседании руководитель сообщает результаты выполнения работы студентом по графику, в случае значительного отставания результаты докладываются в учебную часть.

Дата защиты курсового проекта назначается учебной частью и согласуется с заместителем директора по учебной работе. Решение о допуске к защите курсового проекта принимает руководитель. Курсовой проект, может быть, не допущен к защите при невыполнении отдельных разделов «Задания», а также при нарушении правил оформления. В таких случаях курсовой проект возвращается студенту на доработку. Допуск студента к защите курсового проекта подтверждается подписью руководителя на титульном листе пояснительной записки с указанием даты допуска.

Студент переплетает пояснительную записку, с использованием мягкого переплета. Оформленный согласно требованиям курсовой проект предоставляется в учебную часть руководителем.

## **1.2 Порядок защиты курсового проекта**

Защита курсового проекта носит публичный характер и включает в себя доклад студента, ответы на вопросы руководителя. Выступление (доклад) начинается с обоснования актуальности темы, далее кратко раскрываются основное содержание проекта. При защите проекта большая часть выступления отводится обоснованию выбранного решения, выводов, предложений и рекомендаций, имеющихся в проекте. Рекомендуемая длительность доклада составляет 5-7 минут.

После выступления преподаватель задает вопросы как непосредственно связанные с темой проекта, так и смежные с ней.

При определении итоговой оценки по результатам защиты курсового проекта учитываются: изложение студентом содержания работы, (полноту ответов) ответы на вопросы, качество выполнения и оформление работы в соответствии с (указанными ниже) требованиями.

Итоговая (балльная) оценка выносится преподавателем. В случае получения студентом неудовлетворительной оценки, повторная защита курсового проекта проводится не позднее следующего семестра учебного года.

Комплект курсового проекта объединяет документы, относящиеся ко всему проекту – графическая часть, если таковая имеется, и пояснительная записка.

## **2 Требования к оформлению курсового проекта**

### **2.1 Изложение текста пояснительной записки**

Курсовой проект должен быть написан грамотно, литературным языком и отредактирован. Текст должен быть кратким, четким, без субъективных толкований. Следует избегать в тексте повторений, сложных и громоздких предложений, логических противоречий.

Если в пояснительной записке используется специфическая терминология, то в конце ее (перед списком литературы) должен быть перечень использованных терминов с разъяснениями. Перечень включают в содержание документа.

В тексте документа не допускается применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных терминов в русском языке;
- произвольные словообразования;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии и государственными стандартами;
- сокращения обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в таблицах и в расшифровках буквенных обозначений, входящих в формулы, схемы и рисунки.

В тексте пояснительной записи, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается: применять математические знаки, например, минус, больше, ( $-$ ,  $<$ ) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»); применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

Требования к оформлению текста пояснительной записи курсового проекта определяются ГОСТ 21.101-97 СПДС «Основные требования к проектной и рабочей документации», ГОСТ 2.105-95 ЕСКД «Общие требования к текстовым документам», требованиями к оформлению учебной документации, а также данными методическими указаниями.

Страницы текста курсового проекта должны соответствовать формату А4 (210x297мм). Текст пояснительной записи печатается только на одной стороне листа.

Текст должен быть обрамлен рамкой с размерами от края листа 2см слева и по 0,5см с других сторон. Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – 1см, от верхней и нижней строки текста 1см. Таким образом,

размер полей текста составляет: левое – 3,5см, правое – 2см, верхнее – 2,5см, нижнее (с учетом штампа) – 3-5,5 см.

Текст пояснительной записи выполняется шрифтом Times New Roman, кегль 14, с интервалом 1,5, абзацный отступ 1,25. В таблицах допускается использовать одинарный интервал и шрифт меньшего размера (минимум 10).

Название заголовков разделов и подразделов пишутся строчными буквами с первой заглавной буквы кегль 14, шрифт жирный. Заголовки пишутся на отдельной строке и выравниваются по центру. Каждый раздел должен начинаться с новой страницы. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов. Переносы слов в заголовках не допускаются, точка в конце названия не ставится. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Разделы нумеруются в пределах всей пояснительной записи арабскими цифрами. Каждому разделу присваивают обозначение документа. Расстояние между заголовком раздела и текстом должно равняться одному шагу с интервалом 1,5.

Подразделы должны иметь заголовки, которые печатаются без точки в конце и не подчеркиваются. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Расстояние между заголовками подраздела и текстом составляет 1,5 интервала.

Пункты могут быть без заголовков. Если документ не имеет подразделов, то нумерация пунктов в нем должна быть в пределах каждого раздела, и номер пункта должен состоять из номеров раздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта точка не ставится, например:

- 1
  - 1.1
  - 1.2
  - 1.3
  - 1.1.1
  - 1.1.2
  - 1.1.3
- Нумерация подразделов документа
- Нумерация пунктов подраздела документа

Внутри пункта рекомендуется приводить перечисления (без нумерации). Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис использование маркеров при оформлении перечислений недопустимо. Каждый пункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Нумерация страниц пояснительной записи должна быть сквозной, включая список использованных источников и приложения. Задание, не включается в общую нумерацию страниц. Таким образом, «Введение» курсового проекта будет первой пронумерованной страницей, и иметь нумерацию «3». Номер

страницы проставляется в правом нижнем углу рамки без точки в специально отведенном месте основной надписи.

Текстовые документы подразделяются на документы: технические условия, паспорта, расчеты, пояснительные записки (ПЗ) и инструкции, которые содержат, в основном, сплошной текст. Наряду с ними есть группа документов, содержащих текст, разбитый на графы (спецификации, ведомости, таблицы и т.п.).

ПЗ выполняют на формах, установленных соответствующими стандартами Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС).

ПЗ выполняют одним из следующих способов:

- рукописным – чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5мм. Цифры и буквы необходимо писать четко черной тушью;
- с применением печатающих и графических устройств ПК.

Расстояние от рамки формы до границ текста (начало и конец строк) – не менее 3мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти 1,25см, используя клавишу «Табуляция», выполненные шрифтом Times New Roman кегль №14 с межстрочным интервалом «1,5».

Заглавный лист «Содержание» имеет основную надпись по форме 2 (приложение Б). Слово «Содержание» записывают в виде заголовка симметрично тексту прописными буквами. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы, шрифтом Times New Roman кегль №14, отступив от заголовка одну строку, используя нумерацию разделов, оставляя в конце строк 15 мм для проставления номера страницы. Предыдущий раздел от последующего отделяется свободной строкой. Переносы слов в содержании не допускаются.

В пояснительной записке должны отражаться разделы:

- Введение, где отражается краткая вступительная часть о заданном изделии, узле, детали и область применения, например:

Разработка состава новой модификации 740.4/741.4 (Рисунок 1) началась в конце 2007 года. Основные задачи, стоявшие перед конструкторами, состояли в решении двух основных проблем «Русичей» предыдущего поколения – это медленная посадка/высадка пассажиров из-за увеличенных расстояний между дверьми и духота из-за недостаточно эффективной работы вентиляции и высокой температуры зборного воздуха. Особенно остро данные проблемы стояли на Кольцевой линии метрополитена, где, к тому же, необходимо было в недалёком

будущем начинать замену подвижного состава в связи с выработкой ресурса вагонов. И вот, параллельно с освоением модернизации «номерных» в 81-817.6К/714.6К, начинается разработка специальной модификации «Русича» для линий с большим пассажиропотоком.



Рисунок 1 – Общий вид электропоезда метрополитена «Русич»

– В первом разделе раскрывается конструкция, принцип работы и технические характеристики изделия, включая рисунки общего вида изделия, отдельные его части, и возможно, расположение на подвижном составе, например:

Асинхронные электрические машины бывают двух видов: с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором. На вагонах метрополитена используются асинхронные электрические машины с короткозамкнутым ротором, поэтому устройство машин с фазным ротором рассматриваться не будет. На рисунке 2, изображен ротор тягового электродвигателя.

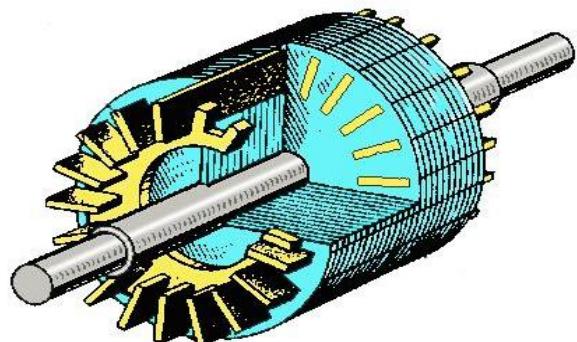


Рисунок 2 – Ротор тягового асинхронного электродвигателя  
Принцип работы асинхронного двигателя, как и любой другой

электрической машины, заключается во взаимодействии двух магнитных полей, созданных током в обмотках статора и обмотках ротора.

Асинхронная машина состоит из статора, ротора и двух подшипниковых щитов, объединяющих ротор и статор в единую конструкцию.

Статор – неподвижная часть машины – состоит из станины, сердечника и трехфазной обмотки. Ротор – подвижная часть машины – состоит из вала, сердечника и короткозамкнутой обмотки. Обмотка ротора выполнена бесконтактной (она не имеет электрического соединения с внешней цепью). Это определяет высокую надежность двигателя. Подшипниковые щиты крепятся болтами и служат опорой подшипников вала ротора.

– Во втором разделе отражаются общие сведения о ремонте, порядок проведения ремонта и обслуживание изделия, подготовка изделия к работе или проверка работоспособности, например:

К обслуживанию двигателя допускается персонал, прошедший специальную техническую подготовку, инструктаж по технике безопасности и изучивший руководства по эксплуатации.

Техническое обслуживание двигателя производится силами и средствами организации его эксплуатирующей.

Техническое обслуживание заключается в периодической проверке состояния узлов двигателя и поддержании двигателя в чистоте.

Система технического обслуживания двигателя включает в себя:

- технический осмотр ТО (один раз в сутки);
- техническое обслуживание ТО-1 (один раз вдвое суток);
- техническое обслуживание ТО-2 (через 10тыс. км);
- текущий ремонт ТР-1 (через 60тыс. км);
- текущий ремонт ТР-2 (через 240тыс. км);
- текущий ремонт ТР-3 подъёмочный ремонт (через 480тыс. км);
- средний ремонт ( заводской ремонт) (через 960тыс. км).

Средства измерения (приборы), инструменты и принадлежности предназначены для контроля, испытаний и выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту двигателя.

Измерение сопротивления изоляции обмотки статора производят мегомметром (от 0 до 500МОм, 1000В, кл.1, ГОСТ 23706).

– В третьем разделе производятся расчеты технических требований, предъявляемые к узлам изделия.

– В четвертом разделе отражаются правила техники безопасности и охрана труда при проведении ремонта и обслуживания изделия, или при проведении испытаний, диагностировании узла или детали, например: При эксплуатации, ремонте, транспортировании и хранении двигателей следует руководствоваться:

«Правилами эксплуатации электроустановок потребителей»; «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»; нормами, действующими на территории государств, где применяются двигатели.

На всех стадиях эксплуатации двигателей обслуживающий персонал должен строго выполнять правила руководства по эксплуатации. Руководство по эксплуатации предназначено для изучения обслуживающим персоналом, знающим основы электротехники и имеющим специальную подготовку.

К обслуживанию двигателей допускается квалифицированный персонал, прошедший специальную техническую подготовку, инструктаж по технике безопасности и изучивший руководство. Руководство по эксплуатации предназначено для изучения монтажа, ввода в эксплуатацию, технического обслуживания трехфазных асинхронных тяговых двигателей с короткозамкнутым ротором (далее двигатель). Руководство распространяется на тяговый асинхронный двигатель типа ТА280М4У2.

– В заключении описывается суть о проделанной работе и значимости курсового проекта, например: В курсовом проекте описаны назначение, особенности конструкции, приведены характерные неисправности и методы их устранения, а также ремонт тягового электродвигателя типа ТА280М4У2 электропоезда метрополитена «Русич», рассмотрены возможности оптимизации трудоемкости ремонта и сокращение времени. В алгоритме ремонтного процесса представлена последовательность ремонта каждого узла и детали, возможность их замены и методы их восстановления.

При выполнении курсового проекта возникали новые задачи, требующие незамедлительного решения для освоения поставленной цели. В итоге проработаны следующие аспекты, такие как изучены материал и руководящие указания, другие предписания, руководство по эксплуатации тягового электродвигателя, рассмотрен спектр противопожарных требований и правил на метрополитене.

В итоге все поставленные задачи руководителем работ решены успешно и готовы к защите.

Повреждение листов ПЗ, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста (графики) не допускаются.

## **Пример**

### **1 Конструкция ТЭД**

#### **1.1 Назначение и устройство ТЭД**

#### **1.2 Технические характеристики электродвигателя**

### **2 Техническое обслуживание и ремонт ТЭД**

#### **2.1 Техническая документация, необходимая для проведения ремонта**

## 2.2 Технологический процесс проведения ремонта ТЭД

Если ПЗ имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками.

### Пример

3 Методы проведения испытания ТЭД после ремонта

3.1 Аппараты, материалы и оборудование

3.1.1 Расположение оборудования на участке

3.1.2 Необходимые инструменты

3.2 Проведение испытания ТЭД

3.2.1 Технология проведения испытания

3.2.2 Порядок заполнения технической документации

Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждой позицией перечисления следует ставить дефис или при необходимости ссылки в тексте документа 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 абзаца как показано в примере.

### Пример

а) Мегомметр

б) Штангенциркуль

1) Подвижная часть

2) Неподвижная часть

в) Смазочный материал

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзаца.

В конце ПЗ требуется приводить список литературы, которая была использована при составлении. Выполнение списка и ссылки на него в тексте – по ГОСТ 7.0.5-2008. Список литературы включают в содержание документа (Приложение В). Нумерация страниц ПЗ и приложений, входящих в состав ПЗ должна быть сквозная.

Полное наименование разделов и подразделов в «Содержании» и в тексте ПЗ должно быть одинаковым. Наименования, приводимые в тексте ПЗ и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми.

В ПЗ следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417-2002.

Наряду с единицами СИ, при необходимости, в скобках указывают единицы ранее применявшимся систем, разрешенных к применению. Применение в одной ПЗ разных систем обозначения физических величин не допускается.

В тексте ПЗ 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.

### **Примеры**

1. Произвести испытание двух двигателей, каждый в течение 10 мин.
2. Выбрать четыре якоря для испытания на сопротивление изоляции.

Единица физической величины одного и того же параметра в пределах одной ПЗ должна быть постоянной. Если в тексте приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же единице физической величины, то ее указывают только после последнего числового значения, **например:** 1,50; 1,75; 2,00м.

Если в тексте ПЗ приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины указывается после последнего числового значения диапазона.

### **Примеры**

1. От 1 до 5мм.
2. От 10 до 100кг/см<sup>2</sup>.
3. От плюс 10 до минус 35°C.

Недопустимо отделять единицу физической величины от числового значения (переносить их на разные строки или страницы), кроме единиц физических величин, помещаемых в таблицах, выполненных машинописным способом.

Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей, за исключением размеров в дюймах, которые следует записывать 1/4", 1/2" (но не  $\frac{1}{2}$ " .....).

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. Пояснение 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.

### **Пример**

Плотность каждого образца  $p$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$p = t/V, \quad (1)$$

где  $t$  – масса образца (изделия), кг;

$V$  – объем образца (изделия), м<sup>3</sup>.

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 умножение применяют знак «х».

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, и записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают так (1).

Ссылки в тексте на порядковые номера дают в скобках, **например:** в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, которые разделяются точкой, **например:** (3.1).

Примечания приводят в ПЗ, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц или графического материала. Примечания не должны содержать требований.

Примечания следует помещать непосредственно после текстового, графического материала или в таблице, к которым относятся эти примечания, и печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается тоже с прописной буквы. Одно примечание не нумеруют, а несколько – нумеруют по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещают в её конце над линией, обозначающей окончание таблицы.

### **Примеры**

Примечание – Использовать в закрытых помещениях

Примечания:

- 1 Работы проводить в два лица
- 2 Использовать средства индивидуальной защиты

В тексте пояснительной записи ссылка на используемую литературу приводится в квадратных скобках с указанием порядкового номера литературы в соответствии с разделом «Список использованных источников», таблицы и страницы.

### **Пример**

[Л3табл.14с.122]

## **2.2 Оформление иллюстраций**

Все иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) именуются в курсовом проекте словом «Рисунок».

Иллюстрации следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. При ссылке на иллюстрацию следует писать «...в соответствии с рисунком 2.1». На все иллюстрации должны быть даны ссылки. Фотоснимки размером меньше формата А4 сканируются и размещаются на стандартных листах белой бумаги.

В курсовом проекте рекомендуется нумеровать рисунки арабскими цифрами в пределах каждого раздела, или может использоваться сквозная нумерация в курсовом проекте. Например, Рисунок 3.1.

Иллюстрации можно приводить в приложении обозначая отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Например, Рисунок А.1.

#### **Пример - Рисунок А.4**

Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенного точкой.

#### **Пример - Рисунок 1.1**

При ссылках на иллюстрации при сквозной нумерации следует писать «... в соответствии с рисунком 2», а при нумерации в пределах раздела – «...в соответствии с рисунком 1.2»

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (текст под рисунком). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом:

#### **Пример:**

Рисунок 1 – Детали ТЭД

Если в тексте ПЗ имеется иллюстрация, на которой изображены составные части изделия, то должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации, которые располагают в возрастающем порядке, за исключением повторяющихся позиций.

На приводимых в ПЗ электрических и технологических схемах около каждого элемента указывают его позиционное обозначение и, при необходимости, номинальное значение величины.

## **2.3 Оформление таблиц**

Таблицы обеспечивают лучшую наглядность и удобство сравнения показателей. Название таблицы должно быть точным, кратким и отражать ее содержание. Название таблицы следует помещать над таблицей по центру, без абзацного отступа в одну строку с ее номером. Знак тире не ставится, и выравнивается по центру. Знак «№» не ставится. Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф –

со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В заголовках после запятой приводится обозначение единиц измерения. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицу следует располагать в курсовом проекте непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице, если ссылка на таблицу находится в нижней четверти листа. Ссылки в курсовом проекте должны быть на все таблицы. При ссылке следует писать слово «Таблица» с указанием ее номера. Таблицы, за исключением таблиц приложений, рекомендуется нумеровать арабскими цифрами в пределах раздела или сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, Таблица В.1), если она приведена в Приложении В.

Таблица с большим количеством строк переносится на другой лист, при этом слово «Таблица», ее номер и название указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями (на следующем листе пояснительной записи) пишут, например: «Продолжение таблицы 2». Пример в приложении Г.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы допускается горизонтальное расположение таблицы (формат альбомный).

### Пример

Таблица 2 – Размеры выбранного материала

	D, м	L, см	L <sub>1</sub> , мм <sup>2</sup>	L <sub>2</sub> , мм <sup>2</sup>
1	2	3	4	5
10	5	245	800	–
20	7	489	–	900
30	9	798	1300	1200

Не допускается заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки, знаки процента и номера, обозначение марок материалов и типоразмеров изделий, обозначение нормативных документов.

В таблице при отсутствии отдельных данных следует ставить прочерк (тире) в соответствии с примером (Таблица 2).

## **2.4 Оформление формул**

Формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если формула не умещается в одну строку, то она должна быть перенесена после математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Формулы в курсовом проекте нумеруют по порядку в пределах каждого раздела арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой, например, (3.1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в круглых скобках, если использована формула из литературного источника, например:

$$n_6 = N_d \cdot m, \quad (3.1)$$

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

например:

$$n_6 = N_d \cdot m, \quad (3.2)$$

где  $n_6$  – количество применяемых операций;

$N_d$  – длительность процесса ремонта;

$M$  – количество участников ремонтного производства.

Применение в одной формуле рукописных и компьютерных знаков не допускается.

## **2.5 Оформление приложений**

Приложения оформляют как раздел курсового проекта – начиная с листа, имеющего основную надпись. Последующие листы приложений оформляют без штампа.

Каждое приложение начинают с новой страницы. Слово «Приложение» располагают справой стороны листа (например, Приложение С). Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением некоторых букв, например: Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, ЪІ.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения можно выполнять на листах формата А2, А3, А4.

Приложения должны иметь общую с остальной частью пояснительной записи сквозную нумерацию страниц.

Приложение является продолжением данной ПЗ и располагается на последующих ее листах. Можно выпускать его в виде самостоятельного документа. В тексте ПЗ на все приложения должны быть даны ссылки.

Каждое приложение, если их несколько, следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначение, а под ним в скобках для обязательного приложения пишут слово «обязательное», а для информационного – «рекомендуемое» или «справочное».

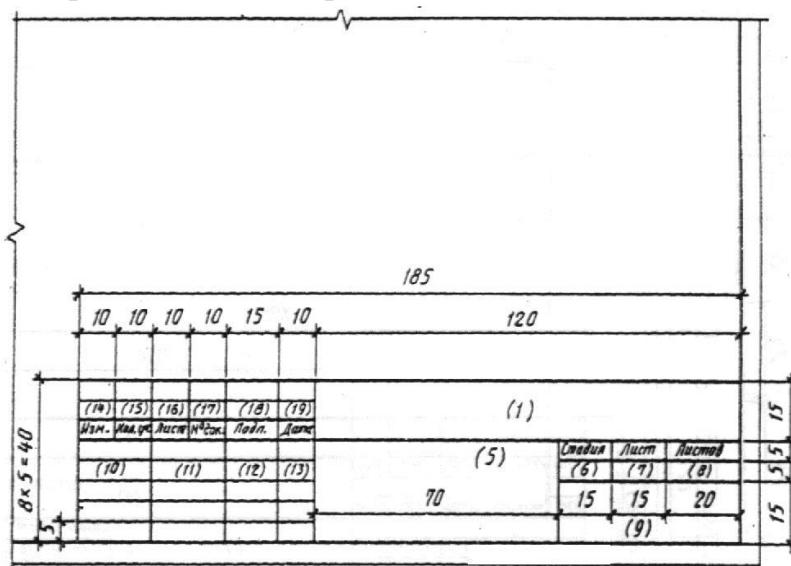
### **3 Оформление графической части**

Графическая часть курсового проекта выполняется на листах формата А1 (мягкая бумага) в программах: КОМПАС (различных версий фирмы АСКОН) или AutoCAD, в полном соответствии с действующими стандартами ЕСКД и включает чертежи общего вида, электрические, монтажные и сборочные чертежи (различные варианты строительных чертежей), схемы, таблицы технико-экономических показателей. Курсовой проект должен содержать не менее одного обязательного чертежа (рисунка) – общий вид изделия или изделие в разрезе, кинематическую или электрическую схему.

#### **3.1 Требования к заполнению основных надписей пояснительной записи и чертежей**

Основную надпись оформляют:

- на первом листе содержания пояснительной записи по форме 1



**Рисунок 4 – Основная надпись в штампе содержания пояснительной записи**

- на последующих листах пояснительной записи по форме 2;

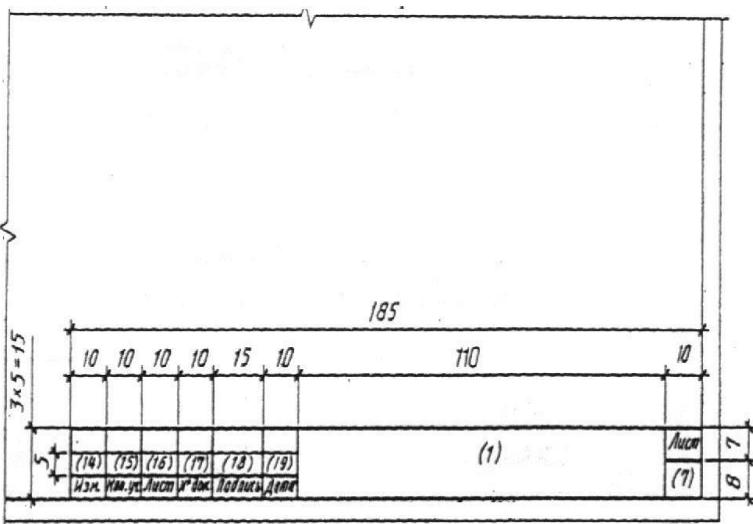


Рисунок 5 – Основная надпись в штампе пояснительной записи

Линии в основных надписях необходимо выполнять сплошными основными и сплошными тонкими. Номера и содержание граф основных надписей определены ГОСТ 21.101-97 СПДС. В курсовом проекте рекомендуется следующее обозначение граф:

– в графе 1 обозначение документа, например:

**КП.23.02.05.2022.04.00.00 XX**

Обозначение документа складывается из следующих символов:

КП – вид работы (курсовый проект);

23.02.05 – код специальности;

2022 – год выпуска;

04 – номер по списку в журнале выдачи задания на курсовое проектирование.

XX – шифр листов в курсовом проекте (дополнение к обозначению в графе через пробел):

1 – графа для указания номера листа.

Единичный экземпляр документа не нумеруется.

2 – количество листов в целом.

Число документов указывают только на первом листе.

3 – учебное заведение, группа, (сокращенно) например:

ГАПОУ КАТТ

гр.ТЭМ 199

### 3.2 Оформление списка использованных источников

Список использованных источников – обязательный раздел курсового проекта, который характеризует уровень ознакомления студента с современным состоянием проблемы, над которой он работает. В данном списке указываются

все использованные автором источники, а не только те, на которые есть ссылки в тексте работы (Приложение Г).

Список использованных источников охватывает все издания, которыми пользовался студент при написании курсового проекта (официальные, нормативные, справочные, учебные, научные, методические, производственные и другие виды изданий, включая электронные и ресурсы интернет).

Список использованных источников и литературы оформляется в соответствии с требованиями:

ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание: общие требования и правила составления»;

ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов: общие требования и правила составления»;

ГОСТ 7.80-2000 «Библиографическая запись. Заголовок: общие требования и правила составления».

ГОСТ Р 7.05-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

Ссылками на использованные источники должны сопровождаться заимствованные у других авторов экспериментальные данные, идеи и другие положения, являющиеся интеллектуальной собственностью. Ссылки в тексте пояснительной записи на использованные материалы даются в виде его номера в квадратных скобках.

Например: коэффициент сцепления на линиях метрополитена равен 0,11-0,16 [12, С. 156].

Список использованных источников должен состоять из трех обязательных разделов:

I. Нормативно-правовые материалы;

II. Специальная литература;

III. Источники удаленного доступа.

В первом разделе «Нормативно-правовые материалы» должны быть представлены все использованные в работе нормативно-правовые акты, располагаемые в следующей иерархической последовательности:

– Конституция Российской Федерации;

– Федеральные законы Российской Федерации;

– Указы Президента Российской Федерации;

– Постановления Правительства Российской Федерации;

– Нормативные акты различных федеральных государственных комитетов, министерств и ведомств;

– ГОСТы;

– Решения органов государственной власти субъектов Российской Федерации и муниципальных органов.

Все нормативные акты приводятся в хронологическом порядке с обязательным указанием даты их принятия, номера и источника официального опубликования. Ссылки на эти источники можно найти, используя справку, в информационных системах «Гарант» или «Консультант».

ГОСТ Р 517721–2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. – Введ. 2002–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 27 с.

Во втором разделе «Специальная литература» отражается использованная специальная литература: монографии, статьи в периодических изданиях, в сборниках научных трудов, учебники и учебные пособия и т.д. Все они располагаются в алфавитном порядке по фамилии авторов или, если автор не указан, по названию работы. В списке литературы приводятся полные данные о работе: фамилия и инициалы автора, название работы, место издания и наименование издательства, год опубликования, общее количество страниц; если статья опубликована в сборнике или журнале, то после ее названия указывается наименование сборника или журнала, год его издания, номер и диапазон страниц.

**Пример:**

При наличии у учебного издания одного автора:

Алексеев В.С. Электропоезда переменного тока/В.С. Алексеев – М.: Академа, 2018. – 124 с.

При наличии у учебного издания нескольких авторов:

Неклепаев Б.Н. Электрическая часть подвижного состава: справочные материалы для курсового и курсового проектирования/Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2017. – 203 с.

**Справочные издания:**

Справочник по проведению испытаний электрооборудования подвижного состава /Под ред. Э.С. Мусаэляна – М.: Энергоатомиздат, 2019. – 86 с.

**Журнал:**

Электрические машины – М.: Издательство «Фолиум»

Учебное пособие:

Экономика и управление на транспорте. Учебное пособие для студентов среднего профессионального образования/Т.Ф. Басова, Н.Н. Кожевников, Э.Г. Леонова и др./Под ред. Н.Н. Кожевникова – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 116 с.

Интернет-ресурсы:

1. Мандрыкин С.А., Филатов А.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования станций и сетей URL: <http://www.twirpx.com/file/105845/>. Дата обращения: 06.10.2021.  
РД 16.407-2000 организация-разработчик электрооборудования URL: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/537974/7>
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Министерство топлива и энергетики РФ, РАО «ЕЭС России»: РД 34.20.501-95.-15-е изд., перераб. и доп. – М.: СПО ОРГГРЭС, 1996  
URL: <http://www.orene.ru/shared/service/file/energo/reakтив/P15.pdf>. Дата обращения: 06.10.2021.

Список литературы выполняется шрифтом Times New Roman кегль №14 с межстрочным интервалом «1,5», отделив заглавие «Список использованных источников» от списка свободной строкой (приложение Г).

## **4 Структура и содержание курсового проекта**

Последовательность документов в курсовом проекте (сдаваемой в учебную часть):

**Титульный лист** (Приложение А)

**Пояснительная записка:**

Содержание (Приложение Б)

Введение

Глава 1 – Устройство, технические характеристики и работа изделия.

Глава 2 – Порядок проведения технического обслуживания и ремонта узла.

Глава 3 – Расчетная часть, произвести расчеты для безотказной работы узла при проведении ремонта изделия.

Глава 4 – Техника безопасности при проведении ремонта, или диагностики, или испытании изделия.

Заключение

Список использованных источников

В состав графической части входит по одному чертежу – общий вид или электрическая, или кинематическая схемы изделия.

**Лист расписи** студента о том, что работа выполнена самостоятельно.

\* Примечание – нумерация проставляется только с содержания, которое является второй страницей.

**Титульный лист**

1. Титульный лист документа

Титульный лист является первым листом документа. Его выполняют на листах формата А4 по формам ГОСТ 2.301-68 (Приложение А). Параметры страницы (отступы) верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см. На титульном листе указывают наименование образовательного учреждения, выполненное строчными буквами шрифтом Times New Roman кегль №14, по центру. Отступив от наименования образовательного учреждения 1 строку, разделить страницу на два столбца, заполнить правый столбец, выравнивая текст по правому краю, шрифтом Times New Roman кегль №14. Наименование специальности и шифр выполняется шрифтом Times New Roman, кегль №14. Наименование темы курсового проекта выполняется строчными буквами шрифтом Times New Roman кегль №16, по центру, отступив от наименования специальности 3 строки. Надпись: «Курсовой проект» выполняется шрифтом Times New Roman кегль №18, по центру. Даты, инициалы и фамилии лиц, подписавших проект, выполняются шрифтом Times New Roman кегль №14, разделив страницу на два столбца, отступив 4 строки от наименования темы курсового проекта. Год разработки выполняется шрифтом Times New Roman

кегль №14, по центру на последней строке текущей страницы.

## **5 Хранение курсовых проектов**

Выполненные студентами техникума курсовые проекты должны храниться без права выноса из помещения архива в течение пяти лет. По истечении указанного срока вопрос о дальнейшем хранении курсовых проектов решается специальной комиссией, организованной приказом директора техникума.

На проекты, дальнейшее хранение которых в учебном заведении признано нецелесообразным, комиссия составляет отборочный список, представляемый на утверждение в местные архивные органы. После утверждения в местных архивных органах отборочного списка комиссия образовательного учреждения составляет акт о списании этих курсовых проектов, а сами курсовые проекты уничтожаются.

Преподаватели образовательного учреждения, сторонние предприятия и организации (базовые) имеют право снять копию с нужных им курсовых проектов по согласованию с их авторами (консультантами – руководителями проектов и выполнившими их выпускниками техникума), после утверждения запроса директором образовательного учреждения.

Приложение А

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «КАЗАНСКИЙ АВТОТРАНСПОРТНЫЙ  
ТЕХНИКУМ ИМ. А.П. ОБЫДЕННОВА»

Специальность 23.02.05 «Эксплуатация транспортного  
электрооборудования и автоматики  
(по видам транспорта, за исключением водного)»

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Тема: Ремонт и обслуживание выпрямительной установки  
типа ВУК-4000Л в объеме технического обслуживания  
ТО-3 электровоза ВЛ80С

Студент: \_\_\_\_\_

(подпись, дата)

(Ф.И.О.)

Руководитель: \_\_\_\_\_

(подпись, дата)

(Ф.И.О.)

Казань 2022

## Содержание

Введение .....	3
1 Конструкция тягового электродвигателя .....	5
1.1 Технические характеристики ТЭД .....	8
1.2 Работа тягового электродвигателя .....	9
1.3 Возможные неисправности .....	11
2 Техническое обслуживание и ремонт тягового электродвигателя .....	13
2.1 Организация рабочего места .....	14
2.2 Проведение ремонта ТЭД .....	18
2.3 Инструменты и приспособления .....	25
3 Расчетная часть .....	27
3.1 Расчет надежности блока .....	28
3.2 Расчет контактного нажатия .....	29
4 Техника безопасности при проведении работ .....	31
Заключение .....	33
Список использованных источников .....	34

Изм	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата	КП.23.02.05.2022.09.00.00 ПЗ		
Разраб.	Царьков Д.И.				Ремонт и обслуживание тягового электродвигателя типа ТА-488 электропоезда ЭД9М в объеме ТО-3	Литер	Лист
Пров.	Фаваризов Р.Н.					2	34
Н.Контр.						ГАПОУ КАТТ 27 гр. ТЭМ 189	
Утв.							

## Основная надпись для последующих листов ПЗ

					КП.23.02.05.2022.09.00.00 ПЗ	18

## **Список использованных источников**

1. ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах ЭВМ.
2. ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы.
3. ГОСТ 3.1201-85 ЕСТД. Система обозначения технологической документации.
4. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.
5. ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам.
6. ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные.
7. ГОСТ 2.316-2008 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.
8. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
9. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
10. ГОСТ 2.002-72 ЕСКД. Требования к моделям, макетам и темплетам, применяемым при проектировании.
11. ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации.
12. Грищенко А.В., Стрекопытов В.В., Ролле И.А. Устройство и ремонт электровозов и электропоездов. – М.: Академия, 2016. – 241с.
13. Дубровский З.М. Электровоз: Управление и обслуживание. – М.: Транспорт, 2017. – 179 с.
14. Жуков В.И. Охрана труда на железнодорожном транспорте. Учебное пособие для средних профессионально-технических училищ. – М.: Транспорт, 2018. – 85 с.
15. Курасов Д.А., Эльперин В.И. Справочник технолога по ремонту электроподвижного состава. – К.: Техника, 2019. – 192 с.

Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата

КП.23.02.05.2022.09.00.00 ПЗ

49 Лист

16. Николаев А.Ю., Сесявин Н.В. Устройство и работа электровоза ВЛ80С, 2015. – 349 с.

17. Технологическая инструкция по капитальному ремонту вспомогательных машин электровозов переменного тока ВЛ80К, ВЛ60К, ВЛ80Т, ВЛ80С ИТ 103.25200.60015, 2016. – 376 с.

18. Устройство и ремонт электровозов и электропоездов. Учебник для нач. проф. образования / А. В. Грищенко, В.В. Стрекопытов, И. А. Ролле; под ред. А. В. Грищенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 320 с.

19. Чмыхов Б.А. Рекомендации по разработке экономического раздела дипломных проектов: учеб.-метод. пособие/ Б.А. Чмыхов, С.И. Медведев; Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2018. – 41 с.

20. Электрические машины и преобразователи подвижного состава: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ А. В. Грищенко, В. В. Стрекопытов. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 75 с.

21. Электровоз ВЛ80С: Руководство по эксплуатации/Н.М. Васько, А.С. Девятков, А.Ф. Кучеров и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2016. – 454 с.

22. Все об электровозе ВЛ80С: Книги, Инструкции, Схемы [Электронный ресурс] Доступ: <http://dima725xc.narod.ru/index/0-6>.

23. Инструкции, распоряжения, полезная информация и многое другое ПроЛокомотив [Электронный ресурс] Доступ: <http://prolokomotiv.ru/instrukcii>.

24. Свободная электронная библиотека Википедия [Электронный ресурс] Доступ: <http://ru.wikipedia.org/>.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КП.23.02.05.2022.09.00.00 ПЗ

30 Лист

## Формулы для проведения расчетов

### Расчёт элементов тяговых трансформаторов и тягового электрооборудования подвижного состава

Расчет сопротивлений системы найдём относительные сопротивления энергосистемы:

$$x_{*c1} = \frac{U_{cp}^2}{S_{K1}} = \quad x_{*c2} = \frac{U_{cp}^2}{S_{K1}} = ,$$

где  $S_b$  – базисная мощность, принимаем 100 МВА;

$S_K$  – мощность короткого замыкания, МВА.

Относительные сопротивления:

$$x_{*l1} = x_0 \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) = \quad \text{Ом.};$$

где  $x_0$  – удельное сопротивление проводов,  $x_0 = 0,4$  Ом/км;

$l$  – длина проводов, км.

Для проверки токоведущих частей и изоляторов рассчитаем токи фазного короткого замыкания, используя выражение:

$$I^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I^{(3)},$$

где  $I^{(3)}$  – ток двухфазного короткого замыкания.

$$I_n^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_n = \quad i_a^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_a = \quad \text{kA}; \quad \text{kA};$$

$$i_y^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} i_y = \quad i^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} i = \quad \text{kA}; \quad \text{kA};$$

$$i_y^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} i_y =$$

## Выбор токоведущих частей тягового трансформатора

Для обеспечения надёжной работы токоведущих частей электроустановки необходимо правильно выбрать их по условиям длительной работы в нормальном режиме и кратковременной работы в режиме короткого замыкания. Выбор токоведущих частей выполняется по номинальному току и напряжению:

$$U_{\text{уст}} \leq U_n; I_{\text{раб. max}} \leq I_n,$$

где  $U_{\text{уст}}$  – номинальное напряжение установки;

$U_n$  – номинальное напряжение аппарата;

$I_{\text{раб. max}}$  – максимальный рабочий ток присоединения, где установлен аппарат;

$I_n$  – номинальный ток аппарата.

## Расчёт величины теплового импульса

Для проверки токоведущих частей выполняется расчёт величины теплового импульса для всех типов трансформаторов по выражению:

$$B_k = I_k^2 \cdot (t_{\text{откл}} + \tau_a),$$

где  $I_n$  – начальное значение периодической составляющей тока короткого замыкания;

$\tau_a$  – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания,

$$t_{\text{откл}} = t_{p3} + t_{n6},$$

где  $t_{p3}$  – время срабатывания защиты рассматриваемой цепи;

$t_{n6}$  – полное время отключения выключателя.

Результаты расчета оформить в виде таблицы:

Таблица 1 – Расчет токоведущих частей трансформатора

	U, кВ	$\tau_a$ , с	$t_{\text{пв}}$ , с	$t_{\text{рз}}$ , с	$t_{\text{отк}}$ , с	I <sub>k</sub> , кА	$I_k^2 \cdot (t_{\text{омки}} + \tau_a)$	$B_k$ , кА <sup>2</sup> с
вводы								
фидеры								

Выбор сборных шин и токоведущих элементов. Выбор изоляторов

Шины трансформаторов 30 кВи 27,5 выполняют сталеалюминиевыми гибкими проводами марки АС.

Выбор гибких шин – 27,5 кВ

1) Сечение проводов выбирается по допустимому току:

$$I_{\text{don}} \geq I_{p \max}$$

2) Проверка на термическую стойкость выполняется по формуле:

$$q \geq q_{\min},$$

где  $q_{\min}$  – минимальное сечение, термическое устойчивое при КЗ, мм<sup>2</sup>

Минимальное сечение, при котором протекание тока КЗ не вызывает нагрева проводника выше допустимой температуры:

$$q_{\min} = \frac{\sqrt{B_k \cdot 10^6}}{C}, \text{мм}^2$$

где  $B_k$  – величина теплового импульса;

$$C - \text{константа, значение которой для алюминиевых шин равно } 90, \frac{A \cdot c^{1/2}}{\text{мм}^2}$$

Проверка по условию отсутствия коронирования.  $0.9E_0 \geq 1.07E$

где  $E_0$  – максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля, при котором возникает разряд в виде короны, кВ/см,

$$E_0 = 30.3 \cdot m \cdot (1 + 0.299 / r_{np}^{1/2}), \text{kV/cm}$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода (для многопроволочных проводов  $m = 0.82$ );

$r_{np}$  – радиус провода, см.

$E$  – напряжённость электрического поля около поверхности провода, кВ/см,

$$E = \frac{0.354 \cdot U}{r_{np} \cdot \lg D_{cp} / r_{np}}, \text{kV/cm}$$

где  $U$  – линейное напряжение, кВ;

$D_{cp}$  – среднее геометрическое расстояние между проводами фаз, см.

При горизонтальном расположении фаз  $D_{cp} = 1.26D$ .

Здесь  $D$  – расстояние между соседними фазами. Для сборных шин приняты расстояния между проводами разных фаз – 1,5 и 3,0м для напряжений 35 и 110кВ соответственно.

### **Расчетная часть для аккумуляторных батарей**

Массовую концентрацию углекислого калия в г/л вычисляют по формуле:

$$X = (2 \cdot V_1 \cdot 0,0069 \cdot 1000) / V,$$

где  $V_1$  – объем раствора серной или соляной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $C=0,1$ моль/л, пошедший на титрование по метиловому оранжевому, мл;

0,0069 – масса углекислого калия, соответствующая 1мл раствора серной или соляной кислоты с концентрацией  $C=0,1$ моль/л, г;

$V$  – объем электролита, взятый для анализа, мл.

Массовую концентрацию углекислого натрия в г/л вычисляют по формуле:

$$X = (2 \cdot V_1 \cdot 0,0053 \cdot 1000) / V,$$

где  $V_1$  – объем раствора серной или соляной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $C=0,1$ моль/л, пошедший на титрование по метиловому оранжевому, мл;

0,0053 – масса углекислого натрия, соответствующая 1мл раствора серной или соляной кислоты с концентрацией  $C=0,1$ моль/л, г;

$V$  – объем электролита, взятый для анализа, мл.

Массовую концентрацию углекислоты в г/л вычисляют по формуле:

$$X = (2 \cdot V_1 \cdot 0,0022 \cdot 1000) / V ,$$

где  $V_1$  – объем раствора серной или соляной кислоты с молярной концентрацией эквивалента  $C = 0,1$  моль/л, пошедший на титрование по метиловому оранжевому, мл;

$0,0022$  – масса углекислоты, соответствующая 1 мл раствора серной или соляной кислоты с концентрацией  $C=0,1$  моль/л, г;

$V$  – объем электролита, взятый для анализа, мл.

Содержание гидрата окиси лития в электролите рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{V_1 \cdot V_3 \cdot C \cdot 3,45 \cdot 1000}{V_2 \cdot V_4} \frac{\text{г}}{\text{л}} ,$$

где  $V_1$  – объем стандартного раствора лития, израсходованный на титрование, мл;

$V_3$  – общий объем раствора А, мл;

$C$  – концентрация лития в стандартном растворе хлористого лития, г/мл;

$3,45$  – коэффициент пересчета с лития на гидрат окиси лития;

$V_2$  – объем электролита, взятый для анализа, мл;

$V_4$  – объем аликовотной части раствора А, мл.

### Выполнение измерений

25 мл электролита переносят в стакан на 300 мл, прибавляют 50 мл дистиллированной воды и точно отмеренное количество приготовленной (разбавленной 1:1) ортофосфорной кислоты определенное по формуле:

$$A = \frac{NaOH \cdot M}{H_3PO_4} ,$$

где  $A$  – количество ортофосфорной кислоты в мл;

$M$  – количество электролита, взятого для анализа в мл;

$NaOH$  – гидратная щелочность электролита в гэкв/л;

### Обработка результатов измерений

Расчет производят по формуле:

$$\text{LiOH} = \frac{3 \cdot \text{Б} \cdot 0,012 \cdot \text{К} \cdot 1000 \text{г}}{\text{М}} \text{ л},$$

где Б – количество мл 0,5Н раствора едкого натрия, пошедшее на титрование пробы 0,012 – титр 0,5Н раствора NaOH по едкому литию 0,021 – титр 0,5Н раствора NaOH по моногидрату едкого лития;

М – количество электролита, взятого для анализа;

К – поправочный коэффициент 0,5 раствора едкого натрия

### Приготовление растворов

#### Раствор ортофосфорной кислоты

Ортофосфорная кислота, которая готовится разбавлением концентрированной кислоты дистиллированной водой I:I. 10мл приготовленной ортофосфорной кислоты доводят в мерной колбе дистиллированной водой до:

100мл, отбирают 10мл разведенного раствора и титруют 0,5Н раствором едкого натрия с индикатором метилоранжем до перехода розовой окраски в оранжевую. Расход в мл 0,5Н раствора едкого натрия обозначают через Б.

Расчет производится по формуле:

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = \frac{\text{БК}}{\text{I}},$$

где  $\text{H}_3\text{PO}_4$  – концентрация приготовленной ортофосфорной кислоты в г.экв/л;

К – поправочный коэффициент 0,5Н раствора едкого натрия.

#### Раствор едкого натрия

Нормальность едкого натрия вычисляют по формуле:

$$N = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1}{V},$$

где  $V_1$  – количество соляной кислоты нормальности 0,1Н, взятых для титрования, мл;

$V$  – количество едкого натрия, израсходованного на титрование, мл.

### Расчётная часть для выпрямительных установок

## Расчёт сопротивлений элементов схемы замещения

Найдём относительные сопротивления энергосистемы:

$$x_{*c1} = \frac{U_{cp}^2}{S_{K1}} = \quad x_{*c2} = \frac{U_{cp}^2}{S_{K1}} = \quad ,$$

где  $S_\delta$  – базисная мощность, принимаем 100 МВА;

$S_K$  – мощность короткого замыкания, МВА.

Относительные сопротивления:

$$x_{*l1} = x_0 \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) = \quad ,$$

где  $x_0$  – удельное сопротивление проводов 1 км линии,  $x_0 = 0,4$  Ом/км;

$l$  – длина линии, км.

Относительные сопротивления диодных мостов:

$$x_{*T1} = \frac{u_{\kappa,B}}{100} \cdot \frac{u_{n,B}}{S_{h,mp}}^2 = \quad x_{*T2} = \frac{u_{\kappa,H}}{100} \cdot \frac{u_{n,H}}{S_{h,mp}}^2 =$$

$$x_{*T3} = \frac{u_{\kappa,C}}{100} \cdot \frac{S_\delta}{S_{h,mp}} =$$

где  $S_{h,mp}$  – номинальная мощность выпрямительной установки.

$$x_{*l11} = \frac{X_l 1^2}{2 \cdot X_l 1} = \frac{X_l 1}{2} =$$

Замещение сопротивлений моста выпрямительной установки:

$$x_{*c2,l11} = x_{*l11} + x_{*c1} =$$

Схема замещения второй точки выпрямительного моста:

$$x_{*c2,l11c1} = \frac{x_{*c1,l11} \cdot x_{*c2}}{x_{*c1,l11} + x_{*c2}} =$$

Расчёт токов короткого замыкания на выводах ВУ

При расчёте периодической составляющей тока короткого замыкания от источника используем приближенный метод, так как короткое замыкание удалённое.

$$I_n = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot x_{*b3}} =$$

## Расчёт апериодической составляющей

Апериодическую составляющую определим по формуле:

$$i_{at} = \sqrt{2} \cdot I_n \cdot e^{-\frac{t}{\tau_a}},$$

где  $t = t_{CB} + t_{min P3}$  — время отключения тока короткого замыкания;

$t_{CB}$  — собственное время отключения выключателя; для выключателя BBC-35-20/1600  $t_{CB}=0,06\text{с}$ ;

$\tau_a$  — постоянная времени затухания, равная 0,02сек;

$t_{min P3}$  — минимальное время срабатывания релейной защиты  $t_{min P3}=0,01\text{с}$ ;

$$i_{at} = \sqrt{2 \cdot I_{n\Sigma} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_a}}} =$$

Определение ударного тока.

$$i_y = \sqrt{2 \cdot I_{n\Sigma} \cdot k_y} =$$

где  $k_y$  — ударный коэффициент, равный 1,8.

Определение полного тока короткого замыкания.

$$i_k = \sqrt{2 \cdot I_{n\Sigma} + i_{at}} =$$

Для проверки аппаратуры, токоведущих частей и изоляторов рассчитаем токи фазного короткого замыкания, используя выражение:

$$I^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I^{(3)},$$

где  $I^{(3)}$  — ток двухфазного короткого замыкания.

Выбор аппаратуры и токоведущих частей выпрямительной установки

Для обеспечения надёжной работы аппаратуры и токоведущих частей электроустановки необходимо правильно выбрать их по условиям длительной работы в нормальном режиме и кратковременной работы в режиме короткого замыкания.

Выбор аппаратуры и токоведущих частей выполняется по номинальному току и напряжению:

$$U_{\text{уст}} \leq U_h, I_{\text{раб. max}} \leq I_h,$$

где  $U_{\text{уст}}$  – номинальное напряжение установки;

$U_h$  – номинальное напряжение аппарата;

$I_{\text{раб. max}}$  – максимальный рабочий ток присоединения, где установлен аппарат;

$I_h$  – номинальный ток аппарата.

### Расчет токов диодных мостов

Расчёт максимальных рабочих токов основных присоединений выпрямительной установки

Максимальный рабочий ток вводов выпрямительной установки определим, используя выражение:

$$I_{\text{раб. max}} = \frac{k_{np} \cdot k_{mp} \cdot (n_m \cdot S_{hmp})}{\sqrt{3} \cdot U_h}, A;$$

где  $k_{np}$  – коэффициент перспективы, равный 1.3;

$k_{mp}$  – коэффициент транзита, равный 2;

$n_t$  – число диодов;

$S_{hmp}$  – номинальная мощность выпрямительной установки, В·А;

$U_h$  – номинальное входное напряжение выпрямительной установки, В;

Максимальный рабочий ток на диодах определим, используя выражение:

$$I_{\text{раб. max}} = \frac{k_{np} \cdot k_{ph1} \cdot k_{mp} \cdot (n_m \cdot S_{hmp})}{\sqrt{3} \cdot U_h}, A;$$

Максимальный рабочий ток выпрямительной установки определим по формуле:

$$I_{\text{раб. max}} = \frac{k_{nep} \cdot S_{hmp}}{\sqrt{3} \cdot U_{h6}}, A;$$

где  $k_{nep}$  – коэффициент перегрузки диодов, равный 1.5;

$U_{n\delta}$  – номинальное напряжение стороны высокого напряжения.

Максимальный рабочий ток моста среднего напряжения выпрямительной установки определим, используя выражение:

$$I_{pa\delta \max} = \frac{k_{nep} \cdot S_{nmp}}{\sqrt{3} \cdot U_{n\delta}}, \quad A;$$

где  $U_{nc}$  – номинальное напряжение стороны среднего напряжения, В;

Максимальный рабочий ток обмотки низкого напряжения выпрямительной установки определим, используя выражение:

$$I_{pa\delta \max} = \frac{k_{nep} \cdot S_{nmp}}{\sqrt{3} \cdot U_{nc}}, \quad A;$$

где  $U_{nc}$  – номинальное напряжение стороны среднего напряжения, В;

Диодные мосты низкого напряжения (27,5 кВ):

$$I_{pa\delta \max} = \frac{k_{ph2} \cdot n \cdot S_{nmp}}{\sqrt{3} \cdot U_{nc}}, \quad A;$$

где  $k_{ph2}$  – коэффициент распределения нагрузки на диодах мостов напряжения, равный 0,6.

Сборные диодные мосты среднего напряжения (35кВ):

$$I_{pa\delta \max} = \frac{k_{ph2} \cdot n \cdot S_{nmp}}{\sqrt{3} \cdot U_{nn}}, \quad A;$$

Максимальные рабочие токи диодных мостов определим по формуле:

$$I_{pa\delta \max} = \frac{k_{np} \cdot S_{\phi \max}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad A;$$

где  $k_{np}$  – коэффициент перспективы, равный 1,3;

$S_{\phi \max}$  – полная мощность потребителя, В·А;

$U_n$  – номинальное напряжение потребителя, В;

## **Расчётная часть для электронных блоков систем безопасности (КЛУБ-У и АЛС, «Витязь-1М», «Движение»), ИПС - «САРМАТ», систем отопления и вентиляции салона и противопожарных устройств**

### **Расчет на надежность**

Произведем расчет на надежность блока соединения датчиков скорости, обеспечив  $P(t) = 0,96$  за  $t = 1500$  часов. Найти  $t_r$  при  $P(t_r) = 0,991$ . Рассчитать ЗИП при  $P_{раб}(T) = 0,96$ , за  $T = 5$  лет. Аппаратура наземная. Условия эксплуатации: железнодорожный транспорт, электрический наземный транспорт.

### **Ориентировочный расчет**

Расчет вести в следующем порядке:

$\lambda_{oi}$  – интенсивность отказов. Количество и типы элементов определим из принципиальной электрической схемы РЭА, а значения  $\lambda_{oi}$  по таблицам. Найденное значение  $\lambda_{oi}$  количество и типы элементов устройства сведем в таблицу.

Таблица данных для ориентировочного расчета

П/п	Типы элементов	$N_i$	$\lambda_{oi} \cdot 10^6$ , ч-1	$N_i \cdot \lambda_{oi} \cdot 10^6$ , ч-1
1	Резисторы			
	C2-23	5	0,004	0,02
	CI-4	2	0,04	0,08
2	Микросхемы			
	564ИЕ11	1	0,6	0,6
	564TM2	2	0,6	1,2
	564ЛА8	3	0,6	1,8
3	K561ЛЕ10	1	0,6	0,6
	Конденсаторы			
	K10-17	7	0,013	0,091
4	K50-35	1	0,02	0,02
	Транзисторы			
	KT 3102A	2	0,034	0,068
5	Трансформаторы			
	T	1	0,05	0,05
	Плата	1	0,0001	0,0001
6	Пайка	135	0,0001	0,0135
				4,5426

Вычислить количественные характеристики надёжности системы.

Интенсивность отказов системы определяется по формуле:

$$\Lambda = \sum N_i \cdot \lambda_{oi} = 4,5426 \cdot 10^{-6}$$

Среднее время безотказной работы есть величина обратная интенсивности отказов:

$$T_o = 1 / \Lambda$$

Вероятность безотказной работы системы в течение времени  $t$  определяется по формуле:

$$P(t) = e^{-\Lambda \cdot t}$$

Вероятность отказа определяется как:

$$q(t) = 1 - e^{-\Lambda \cdot t}$$

Частота отказов системы определяется как произведение интенсивности отказов на вероятность безотказной работы системы в течение времени  $t$ :

$$F(t) = \Lambda \cdot e^{-\Lambda \cdot t}$$

Гарантийный срок службы определяется по формуле:

$$t_g = -T_o \cdot \ln(P(t))$$

### Окончательный расчет

Значения интенсивностей отказов элементов, с учетом их режима работы и условий эксплуатации, определяются с помощью графиков, имеющихся в справочной литературе, либо с помощью поправочных коэффициентов или эмпирических формул. При этом реальные интенсивности отказов элементов или узлов определяются по формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot a_i \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot a_5 ,$$

где  $\lambda_i$  – усреднённое значение интенсивности отказов;

$a_i$  – эксплуатационный коэффициент отказов, учитывающий влияние электрической нагрузки и рабочей температуры;

$a_1$  – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации;

$a_2$  – коэффициент, учитывающий воздействие вибрации;

$a_3$  – коэффициент, учитывающий воздействие ударных нагрузок;

$a_4$  – коэффициент, учитывающий воздействие влажности и температуры окружающей среды;

$a_5$  – коэффициент, учитывающий воздействие атмосферного давления.

Интенсивность отказов системы:

$$\Lambda = \sum N_i \cdot \lambda_i$$

Вероятность безотказной работы:

$$P(t) = e^{-\Lambda t}$$

Получается, что  $P_{\text{рас}}(t) > P_{\text{зал}}(t)$ , т.е. уровень надежности по окончательному расчету удовлетворяет заданному техническому заданию, следовательно, необходимости в проведении расчета на резервирование нет. Расчет производим по следующим формулам:

Вероятность отказа:

$$q(t) = 1 - e^{-\Lambda t}$$

Среднее время безотказной работы:

$$T_0 = 1/\Lambda$$

Частота отказов:

$$F(t) = \Lambda \cdot P(t)$$

Гарантийный срок службы:

$$t_g = - T_0 \cdot \ln(P(t_g))$$

Среднее время на восстановление работоспособности:

$$T_{cpb} = \sum q_i \cdot t_{cpb i}$$

Коэффициент готовности:

$$K_g = T_0 / (T_0 + T_{cpb})$$

Коэффициент простоя:

$$K_p = 1 - K_g$$

Вероятность нормального функционирования:

$$P_{n.f.} = K_g \cdot P(t)$$

## **Расчётная часть для всех видов контакторов и групповых переключателей**

При расчётах необходимо учитывать, что контактор предназначен для работы на подвижном составе в качестве коммутационного аппарата. Характер нагрузки – индуктивный.

Исходные данные:

1	Длительный ток контактов, $I_\infty$	650A
2	Номинальное напряжение на контактах, $U_H$	1600V
3	Тепловая постоянная контактов, $A_K$	$145\text{A}^2/\text{мм}\times\text{H}$

### **Расчёт нажатия и ширины контактов**

Расчёт ширины контактов  $b_k$

$$b_K = I_\infty / 20$$

Расчёт нажатия контактов  $Q_H$

$$A_K = (I_\infty / b_k) \times (I_\infty / Q_H), \text{A}^2/\text{мм}\times\text{H}$$

где  $I_\infty / b_k = 20 \text{ A/mm}$

Расчёт контактного сопротивления  $R_k$

$$R_K = k_H / Q_H^m,$$

где  $k_H = 1,6 \times 10^{-3} \text{Ом}\times\text{H}$  – коэффициент, зависящий от материала и конструкции контактов;

$m = 0,75$  – показатель степени, зависящий от типа контакта (точечный, линейный, поверхностный)

$$R_K = k_H / Q_H^m$$

Расчёт предельного тока  $I_{\text{ПР}}$  и тока плавления  $I_{\text{ПЛ}}$

$$I_{\text{ПР}} = (0,7 \times \Delta U_{\text{СТР}}) / R_K$$

$$I_{\text{ПЛ}} = (0,9 \times \Delta U_{\text{ПЛ}}) / R_K,$$

где  $\Delta U_{\text{СТР}} = 0,11 \text{V}$  – падение напряжения на контакте, при котором достигается температура размягчения меди, равная  $190^\circ\text{C}$ ;

$\Delta U_{\text{ПЛ}} = 0,44 \text{V}$  – падение напряжения на контакте, при котором достигается температура плавления меди  $1083^\circ\text{C}$

При рабочих перегрузках ток через контакты может достигать  $2I_{\infty}$ , а при аварийных перегрузках –  $10I_{\infty}$ . Соответственно должны выполняться условия:

$$I_{\text{ПР}} \geq 2I_{\infty}, I_{\text{ПЛ}} \geq 10I_{\infty}$$

При нарушении этих условий нажатие контактов нужно увеличить.

### Расчёт дугогасительного устройства

Расчёт конечной длины дуги отключения  $l_{\text{дк}}$ . В процессе гашения дуга отключения растягивается до конечной длины  $l_{\text{дк}}$ , величина которой может быть ориентировочно определена по эмпирической формуле:

$$l_{\text{дк}} = 13 \times 10^{-5} \times U_{\text{НОМ}} \times 3\sqrt{I_p},$$

где  $U_{\text{НОМ}}$  – номинальное напряжение аппарата, значение которого выбирают из таблицы исходных данных;

$I_p$  – расчетная величина разрываемого тока, принимаемая равной  $2 \times I_{\text{дл}}$ .

### Расчёт площади полюса магнитной системы $S_{\text{п}}$

При применении щелевой камеры разрыв максимального тока сопровождается выходом дуги за пределы камеры на 0,1...0,2м. С учётом этого требуемая для размещения дуги площадь боковой поверхности камеры при типичном для контакторов соотношении ее сторон 1:2 определяют как:

$$S_{\text{к}} = (0,04 \times (l_{\text{дк}})^2) / k_{\text{ип}}$$

где  $k_{\text{ип}}$  – коэффициент использования пространства, который зависит от типа дугогасительной камеры; для щелевой камеры принимают  $k_{\text{ип}} = 0,8$ .

### Расчёт расстояния между полюсами (воздушного зазора) $l_{\text{в}}$

Величина воздушного зазора  $l_{\text{в}}$  в магнитной системе камеры равна расстоянию между полюсами и зависит от ранее рассчитанной ширины контакта  $b$ , а также от величины монтажного зазора между стенкой камеры и контактом  $b_3$ , и от толщины стенки  $b_{\text{c}}$ .

$$l_{\text{в}} = (b + 2b_{\text{c}} + 2b_3) \times 10^{-3}$$

Принять для расчёта  $b_C=10\text{мм}$ ,  $b_3 = 2\text{мм}$ .

### Расчёт магнитного потока в зоне полюсов $\Phi_\Pi$

Параметры дугогасительной катушки определяют по заданной средней магнитной индукции  $B_C$  в зоне полюсов, величина которой влияет на электромагнитную силу, воздействующую на дугу отключения. Уменьшение ее снижает эффективность дугогашения, повышает время горения дуги, а увеличение приводит к росту коммутационных перенапряжений. Опыт конструирования и эксплуатации показал, что величина  $B_C = (0,01...0,02) \text{ Тл}$  обеспечивает приемлемое время гашения дуги в пределах  $0,05...0,1\text{с}$  и сравнительно невысокие перенапряжения на расходящихся контактах аппарата. Примем  $B_C=0,01 \text{ Тл}$ , что характерно для аппаратов оперативной коммутации.

Величина магнитного потока в зоне полюсов  $\Phi_\Pi = B_C \times S_\Pi = 0,6 \times S_K \times B_C$ , а в сердечнике катушки  $\Phi_K = \Phi_\Pi \times \delta$  примем  $\delta = 4$

$B\delta$  – коэффициент магнитного рассеяния  $\delta$  зависит от формы магнитопровода.

При расчётной индукции  $B_C$  магнитное сопротивление стали магнитопровода пренебрежимо мало по сравнению с магнитным сопротивлением зазора между полюсами, что позволяет считать магнитное сопротивление в цепи сосредоточенным на воздушном зазоре. Тогда:

$$B_C = \mu_0 \times H = (\mu_0 \times (A_w)K) / (l_B \times \delta),$$

где  $\mu_0$  – магнитная проницаемость воздуха, равная  $4\pi \times 10^{-7} \text{ Гн/м}$ ,

$(A_w)K$  – намагничивающая сила дугогасительной катушки, А,

$H$  - напряженность магнитного поля, А/м.

Отсюда выражаем  $(A_w)K$ :

$$(A_w)K = (B_C \times l \times B\delta) / \mu_0$$

Расчёт количества витков в дугогасительной катушки  $W_K$

По рассчитанному значению  $(A_w)K$  определяют количество витков дугогасительной катушки:

$$W_K = (A_w)K / 0,5 \times I_{\text{дл}}$$

Здесь коэффициентом 0,5 учитываем, что индукция  $B_C$  должна

обеспечиваться при среднем значении разрываемого тока в цепи, изменяющегося в процессе дугогашения от  $I_{\text{дл}}$  до 0.

Полученное значение  $W_K$  округляют до ближайшего большего целого числа, принимаем  $W_K = 6$  витков.

Выбор высоты  $h_{\text{ш}}$  и толщины  $b_{\text{ш}}$  шины катушки.

при толще шины  $b_{\text{ш}} = 1\text{мм}$  принимают  $j_{\text{ш}} = 9\text{А}/\text{мм}^2$ , а при  $b_{\text{ш}} = 8\text{мм}$  снижают допустимую плотность до  $j_{\text{ш}}=3,6\text{А}/\text{мм}^2$ . Средним значением для шин толщиной 2...4мм является  $j_{\text{ш}}=6\text{А}/\text{мм}^2$ , что и принимаем для настоящего расчета. Минимальное поперечное сечение шины  $S_{\text{шм}}$  определяют по  $j_{\text{ш}}$  и  $I_{\text{дл}}$ :

$$S_{\text{шм}} = I_{\text{дл}} / j_{\text{ш}}$$

Затем выбирают стандартную шину, у которой величина поперечного сечения  $S_{\text{ш}}$  наиболее близка к  $S_{\text{шм}}$  и  $S_{\text{ш}} \geq S_{\text{шм}}$ .

Фактическое поперечное сечение шины

$$S_{\text{ш}} = h_{\text{ш}} \times b_{\text{ш}},$$

где  $h_{\text{ш}}$  – высота шины, которая выбирается из значений стандартного ряда: 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50мм;

$b_{\text{ш}}$  – толщина шины, выбирается из значений стандартного ряда: 2, 2,5, 3, 4мм. Выбираем  $h_{\text{ш}} = 25\text{мм}$ ;  $b_{\text{ш}} = 2,5\text{мм}$ , при этих значениях  $S_{\text{ш}}= 62,5\text{мм}^2$ .

Выбор длины  $L_P$  и площади поперечного сечения  $S_P$  дугогасительных рогов.

Развернутая длина  $L_P$  дугогасительных рогов зависит от номинального напряжения аппарата, а площадь их поперечного сечения  $S_P$  от номинального тока. Выбор значений  $L_P$  и  $S_P$  рекомендуется сделать, воспользовавшись графиками зависимостей  $L_P$  ( $U_{\text{ном}}$ ) и  $S_P$  ( $I_{\text{ном}}$ ) на рисунке 1.

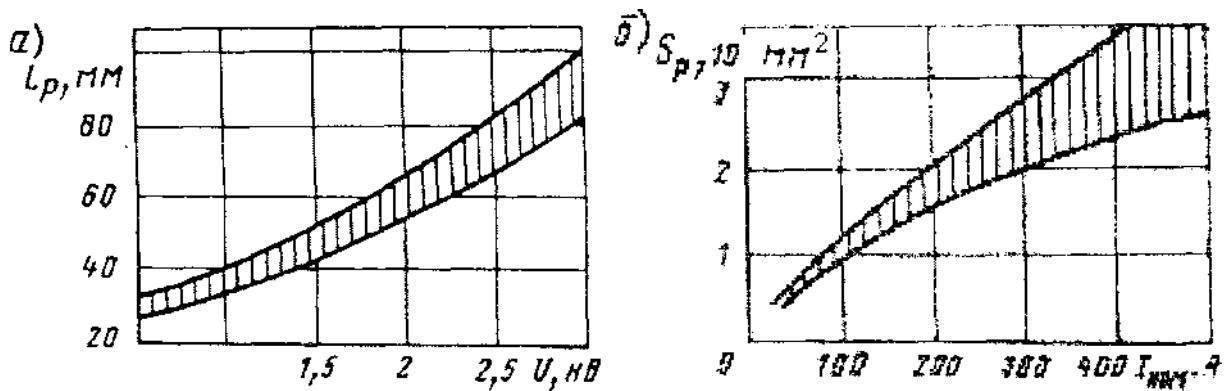


Рисунок 1 – График зависимостей: а)  $L_P$  ( $U_{HOM}$ ) б)  $S_P$  ( $I_{HOM}$ )

Примем  $L_P = 30\text{мм}$ , а  $S_P = 2,5\text{мм}^2$ .

Расчёт площади поперечного сечения сердечника дугогасительной катушки. Тогда расчетное значение магнитного потока  $\Phi_K$  составит:

$$2\Phi_K = 2\Phi_\Pi \times \delta$$

### **Расчетная часть ограничителя перенапряжений, разрядников и аппаратов защиты**

#### **Расчет электрического сопротивления гк**

Величина электрического сопротивления гк определяется силой  $F_k$  и зависит также от материала деталей. Из теории электроаппаратостроения известна следующая формула для определения величины  $r_k$ :

$$r_k = p_k / F_{km},$$

где  $p_k$  – коэффициент контактного сопротивления, зависящий от материала контактной пары. Выбирать значение  $p_k$  по /1, с. 33/ для пары медь - медь луженая,  $p_k = (1,0-1,8) \times 10^{-3}\text{Ом} \times \text{Н}$ . Принять  $p_k = 0,0015\text{Ом} \times \text{Н}$ ;

$m$  – показатель степени, определяющий зависимость контактного сопротивления от силы  $F_k$ .

#### **Расчет токов $I_p$ и $I_{pl}$ и проверка их по условиям термической устойчивости**

Рассчитанное значение  $F_k$  следует проверить на обеспечение надежной работы разрядника при токовых перегрузках. Для этого определяют ток через контакты  $I_p$ , при котором происходит размягчение материала, начинается структурное изменение поверхностного слоя контакт - деталей, а также ток плавления материала контактов  $I_{pl}$ :

$$I_p = (0,7 \times \Delta U_p) / r_k,$$

где  $\Delta U_p$  – падение напряжения, при котором достигается температура размягчения материала,  $\Delta U_p = 0,12\text{В}$ ;

$$I_{pl} = (0,9 \times \Delta U_{pl}) / r_k,$$

где  $\Delta U_{pl}$  – падение напряжения, при котором достигается температура

плавления,  $\Delta U_{\text{пл}} = 0,43 \text{ В}$ .

Расчет электрической мощности, рассеиваемой на контактах при протекании тока, равного  $I_{\text{дл}}$

Уравнение баланса электрической и тепловой мощности, выделяемой и рассеиваемой в установившемся режиме, имеет вид:

$$P_{\text{дл}} = I_{\text{дл}}^2 \times r_k = a \times S \times \tau_k,$$

где  $P_{\text{дл}}$  – длительная мощность в установившемся режиме;

$I_{\text{дл}}$  – ток нагрузки контактного соединения;

$\Gamma_k$  – электрическое переходное сопротивление контакта;

$a$  – коэффициент теплорассеяния контактной пары;

$S$  – площадь поверхности теплорассеяния;

$\tau_k$  – превышение температуры контактов над температурой окружающего воздуха.

При определении площади теплорассеивающей поверхности  $S$  следует учитывать особенности расположения контактной пары в конструкции аппарата. В расчетах принимать

$$S = k_1 \times b,$$

где  $k_1$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от формы контакт деталей.

Исходя из этих соображений, преобразуем уравнение баланса мощностей следующим образом:

$$I_{\text{дл}}^2 \times P/F_k^M = a \times k_1 \times b \times \tau_k$$

Конечная формула для расчета электрической мощности, рассеиваемой на контактах будет иметь вид:

$$P_{\text{дл}} = I_{\text{дл}}^2 \times r_k$$

Вывод расчетного уравнения и определение диаметра вилитовых дисков

Величина силы  $F_{\text{ш}}$ , передающейся в процессе перемещения стенками

тарельчатыми, может быть определена как разность между силой давления воздуха  $F_B$  и противодействующими ей  $F_{П1}$  и  $F_{TB}$ :

$$F_{ш} = F_B - F_{П1} - F_{TB}$$

Из условия равновесия подвижной системы сумма моментов сил относительно общего шарнира должна быть равна нулю:

$$F_{ш} \times l_n - G \times l_{ц} - F_k \times l_k = 0$$

Здесь  $l_n, l_{ц}$  и  $l_k$  – расстояния от шарнира до линии действия соответствующей силы.

Разделив обе части равенства на плечо силы  $F_{ш}$ , равное  $l_n$ , получим:

$$F_{ш} - G \times (l_n/l_n) - F_k \times (l_k/l_n) = 0$$

Произведения  $G \times (l_n/l_n) = G'$  и  $F_k \times (l_k/l_n) = F'K$  называются приведенными значениями веса и нажатия контактов, причем коэффициент приведения, на который должна умножаться величина приводимой силы, равен отношению ее плеча к плечу базовой силы.

Отсюда  $F_{ш} - G' - F'K = 0$ .

## **Расчетная часть групповых переключателей, токоприемников**

**Расчет приведенного веса подвижных частей  $G$**

Вес подвижных частей контактора  $G$  зависит от его габаритов, которые непосредственно связаны с рабочим током, а, следовательно, с контактным нажатием  $F_K$  для расчета рекомендуется принять значение:

$$G' = 0,1 \times F_K$$

Расчет силы отключающей пружины  $F_{П1}$  в конечном (сжатом) состоянии

Расчетное значение силы  $F_{П1}$  может быть выражено равенством:

$$F_{П1} = 1,5 \times F_{TB} - G' + 2 \times F'_K,$$

где  $F_{П1}$  – силы отключающей пружины;

$F'_K$  – силу контактов нажатия при включенном контакторе;

$F_{TB}$  – сила трения поршня о стенки цилиндра.

### Расчет зазора контактов $h_P$

Контактный зазор  $h_P$  однозначно определяется номинальным рабочим напряжением контактора  $U_{\text{НОМ}}$

$$h_P = (10-5) \times U_{\text{НОМ}}$$

Если  $U_{\text{НОМ}}$  выражено в В, то  $h_P$  получается в м.

### Расчет хода поршня при включении аппарата $h_X$

Величина провала контактов  $h_\Pi$  может быть принята усредненной для электропневматических контакторов и равной  $10^{-2}$ .

Тогда с учетом принятого ранее соотношения между 1К и 1П ход поршня  $h_X$  приближенно можно рассчитать по формуле:

$$h_X = (h_\Pi + h_P) / 1,2 ,$$

где  $h_X$  – ход поршня в процессе включения контактора;

$h_\Pi$  – величина провала контактов;

$h_P$  – зазор контактов.

### Расчет жесткости отключающей пружины $J$

$$J = F_{\Pi 1} / 2 \times h_0 ,$$

где  $J$  – жесткость отключающей пружины;

$F_{\Pi 1}$  – силы отключающей пружины.

Обычно значения  $h_0$  и  $h_X$  близки между собой и могут быть приравнены в расчете.

### Расчет начального натяжения отключающей пружины $F'_{\Pi 1}$ .

В выключенном состоянии контактора отключающая пружина имеет начальное натяжение  $F'_{\Pi 1}$  за счет ее сжатия при сборке аппарата на величину  $h_0$ .

Количественно  $F'_{\Pi 1} = h_0 \times J$ ,

где  $J$  – жесткость пружины, определяемая усилием, требующимся для ее сжатия на единицу длины.

### Расчет максимального значения силы сжатия $F_{\text{Ш}}$

Максимальная величина силы  $F_{\text{Ш}}$ , создающей напряжение сжатия в материале штока, может быть установлена при условии  $p = 1,5 \times p_{\text{НОМ}}$  и начальном

натяжении отключающей пружины  $F'_{\Pi 1}$

$$F_{\text{Ш}} = F_B - F_{\Pi 1} - F_{\text{TB}},$$

где  $F_B = 1,5 \times P_{\text{ном}} \times (\pi \times d B^2) / 4$

$$F_{\Pi 1} = 1,5 \times F_{\text{TB}} - G + 2 \times F'_K,$$

где  $F_{\Pi 1}$  – силы отключающей пружины;

$F_{\text{Ш}}$  – сила максимального сжатия;

$F_B$  – сила давления воздуха;

$F_{\text{TB}}$  – сила трения поршня о стенки цилиндра

$$F_B = 1,5 \times 500000 \times (\pi \times 0,0592482) / 4$$

## **Расчетная часть для электродвигателей всех типов, расщепителей фаз**

### **Расчет основных параметров поточной линии**

Средний расчетный тakt выпуска (запуска) одного двигателя определяется путем деления эффективного фонда времени за соответствующий плановый период  $F_{\text{ЭФ}}$  на количество двигателей, подлежащих ремонту за тот же период  $N_B$ , т.е.

$$F_{\text{ЭФ}} / N_B,$$

где  $F_{\text{ЭФ}}$  – годовой эффективный фонд времени работы переменно-поточной линии, мин;

$N_B$  – плановый период ремонта

$$F_{\text{ЭФ}} = (T_{\text{СМ}} - T_{\Pi}) S_{\text{TP}},$$

где  $T_{\text{СМ}}$  – продолжительность смены (принимается равной 480 мин);

$T_{\Pi}$  – продолжительность регламентированных перерывов (принимается равной нулю);

$S$  – число смен;

$T_{\text{P}}$  – число рабочих дней в году (принимается равное 249 дням).

Подставив значения  $T_{\text{СМ}} = 480$  мин,  $T_{\Pi} = 0$ ,  $T_{\text{P}} = 249$  дней в формулу, получим  $F_{\text{ЭФ}}$ .

На поточной линии производится ремонт двигателей двух типов с различной трудоемкостью. Поэтому целесообразно вести ремонт на линии с различными, частными для каждого типа двигателя, тактами.

Частный тakt линии можно рассчитать двумя способами.

Первый способ. Он заключается в приведении программы ремонта двигателей всех типов к условному объекту. Для этого следует принять трудоемкость ремонта одного двигателя за базу  $T_b$ , и тогда программы по всем закрепленным за линией двигателей  $N_j$  через коэффициент приведения по трудоемкости  $K_{pr\ j} = T_j/T_b$  можно привести к базовой (условной) единице, т.е.

$$N_{pr\ j} = N_j \times K_{pr\ j}.$$

Затем рассчитать общий тakt  $r_{общ}$  и частные (рабочие) такты линии  $r_j$  ремонта электродвигателей. Общий тakt для случая двигателей двух типов определяется из выражения:

$$r_{общ} = F_{\phi}/(N_1 K_{pr1} + N_2 K_{pr2}),$$

где  $N_1$  – годовая программа ремонта двигателей одного типа;

$N_2$  – годовая программа ремонта двигателей другого типа;

$K_{prj}$  – коэффициент приведения якорей по трудоемкости определяется из выражения

$$K_{prj} = T_j/T_b,$$

где  $T_j$  – трудоемкость ремонта двигателя одного типа, приводимого к трудоемкости двигателя и принятого за базу;

$T_b$  – трудоемкость ремонта двигателя второго типа принятого условно за базовую единицу.

Коэффициент приведения  $K_{pr1}$  будет равен единице. Частный тakt выпуска двигателя определяется:

$$r_j = r_{общ} \times K_{prj}$$

Пример расчета. Подставив значения  $T_1 = T_b = 4105$  мин,  $T_2 = 4968$  мин,  $F_{\phi} = 239040$  мин,  $N_1 = 1,6$  тыс. шт.,  $N_2 = 1,8$  тыс. шт. в формулы, получим:  $K_{pr1}$  и  $K_{pr2}$ .

При одностороннем расположении рабочих мест и неодинаковых

расстояний между ними из-за различных габаритов оборудования длину рабочей части конвейера можно определить из выражения:

$$l_i = C_i \times m,$$

где  $l_i$  – расстояние между двумя смежными рабочими местами на линии на  $i$ -й операции,  $m$  (таблице графа 3, первая цифра размера);

$C_i$  – количество рабочих мест (оборудования) на  $i$ -й операции;

$m$  – число операций ремонта якоря.

Результаты расчета занести в таблицу

Таблица Определения длины рабочей части конвейера

№ операции	Кол-во оборудо вания	Наименование оборудования	Расстояние ( $l_i$ ), м.	$l_i C_i$ , м
1	1	Технологическая подставка	-	-
	1	Измерительный прибор	-	-
2	2	Кантователь тягового двигателя	3,5	7
3	1	Камера для продувки оставов	3,2	3,2
4	2	Трансформатор сварочный	2	4
5	3	Камера для продувки якорей	2	6
6	1	Печь Т-1628А	5	5
7	1	Окрасочная камера	-	-
8	1	Печь Т-1628А	5	5
9	1	Циркуляционно-сушильная печь	5	5
10	1	Ванна-емкость	3	3
11	1	Циркуляционно-сушильная печь	5	5
12	1	Окрасочная камера	-	-
13	1	Циркуляционно-сушильная печь	5	5
14	1	Наплавочная установка	2	2
15	1	Токарный станок	3	3

Продолжение таблицы

16	2	Токарно-винторезный станок	1,5	3
17	1	Установка для пайки петушков	1,5	1,5
18	2	Автоматический станок для продорожки коллекторов	1,5	3
19	3	Фрезерный станок	3	9
20	1	Балансировочный станок	3	3
21	3	Кантователь тягового двигателя	3,5	10,5
	3	Резьбовые шаблоны	-	-
22	7	Стенд для сборки	4	28
	7	Индукционный нагреватель	1	7

23	3	Стенд для сборки	4	12
24	3	Типовая испытательная станция	6	18
25	2	Стенд для сборки	4	8
	2	Станок для расточки	1,7	3,4
Итого(lk)				=159,6

Схема распределительного конвейера:

- а) с односторонним расположением рабочих мест;
- б) с двухсторонним расположением рабочих мест.

1 – рабочее место;

2 – предмет;

3 – транспортер.

Для нашего варианта  $L = 159,6\text{м}$ .

Для уменьшения длины конвейера и лучшего использования площади – применяется двухстороннее расположение рабочих мест, при котором длина рабочей части конвейера будет равна:

$$lk=L/r$$

Скорость конвейера определяется по формуле:

$$VK=l/r ,$$

где  $l$  – расстояние между рабочими местами (принимается равным 5м);

$r$  – тakt поточной линии, мин.

Длительность производственного цикла ремонта электродвигателей рассчитывается с помощью схемы производственного процесса и данных таблицах 1 и 2

Схема производственного процесса:

1 этап - операции 1, 2.

2 этап - операции 5, 6, 7, 8, 14, 20 и 3, 4

3 этап - операции 15, 16, 17, 18, 19 и 9, 10, 11, 12, 13, 21

4 этап - операции 22

5 этап - операции 23, 24, 25

В таблице приведен расчет длительности производственного цикла ремонта электродвигателей.

Таблица расчета длительности производственного цикла ремонта двигателей

Этап	Длительность, мин		Итого	1 часть	2 часть	Итого
	Тип двигателя	Тип двигателя				
1	110	-	110	150	-	150
2	850	45	-	945	200	-
3	345	1782	1782	525	1995	1995
4	320	-	320	660	-	660
5	510	-	510	540	-	540
Сумма	.					

Результаты расчетов параметров поточной линии внести в таблицу.

Таблица основных параметров поточной линии ремонта якорей ТЭД

Параметры поточной линии	Единица измерения	Значение
Общий тakt линии по ремонту якорей	мин/шт	
Частный тakt линии при ремонте якоря первого двигателя	мин/шт	
Частный тakt линии при ремонте якоря другого двигателя	мин/шт	
Скорость поточной линии	м/мин	
Длина поточной линии	м	
Длительность технологического цикла ремонта первого типа двигателя	час	

Построение календарного плана-графика ремонта электродвигателей

Периодом для построения плана-графика обычно принимается месяц.

Согласно заданию, число рабочих дней принято равным 22, которое и составит эффективный фонд работы поточной линии. Теперь необходимо этот фонд распределить пропорционально трудоемкости программных заданий по ремонту якорей, используя для этого формулу. В задании требуется организовать ремонт роторов не менее чем двумя партиями.

Пример:

Ф<sub>эф</sub> 1 = 101223,35мин, Ф<sub>эф</sub> 2 = 137816,65мин.