

ГБПОУ АО «Астраханский колледж вычислительной техники»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ПО МДК 01.03
«Электрическое и электромеханическое оборудование»**

Для специальности 13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»

2018

1 Требования к содержанию пояснительной записке курсовых проектов (работ)

1.1 Титульный лист

Титульный лист является первым листом документа, который выполняется на формате А4 по формам в приложении А. На титульном листе указывают наименование агентства и колледжа, тема, «Курсовой проект (работа)» или «Дипломный проект (работа)» с указанием его (её) темы, фамилии и инициалы лиц подписавших документ, а также год разработки.

1.2 Аннотация

Аннотация должна содержать краткое изложение содержание дипломного проекта (работы), полученных результатов на русском языке, в объёме 0,5-1стр. В аннотации указывается: объем работы, количество таблиц, схем, диаграмм, других рисунков, список литературы, приложений; дается перечень от 5 до 15 ключевых слов в именительном падеже строчными буквами, характеризующих содержание курсового проекта (работы), и текст аннотации. В тексте аннотации должно быть отражено: объект исследования, цель работы, методы исследования, полученные результаты и их новизна, степень внедрения и экономическая эффективность (Приложение).

1.3 Задание на проектирование (работу) оформляется на официальных бланках.

Пример оформления задания в приложении .

1.4 Лист «СОДЕРЖАНИЕ»

В пояснительной записке третьим листом помещается лист «СОДЕРЖАНИЕ», который включает введение, наименование всех разделов, подразделов (если они имеют наименование), заключение, список используемой литературы и наименование приложений.

По содержанию КП может носить конструкторский или технологический характер.

По структуре он состоит из пояснительной записки (ПЗ) и графической части.

Пояснительная записка курсового проекта конструкторского характера включает:

Введение, в котором раскрывается:

- актуальность и значение темы, формулируется цель;
- расчетную часть с расчетами по профилю специальности;
- описательную часть, в которой излагается принцип действия, конструкция, технологические особенности и другие обоснования принятых решений;
- заключение, в котором содержатся выводы и рекомендации относительно возможностей использования материалов проекта;

- список литературы;
- приложения

Графическая часть КП конструкторского и технологического характера может быть представлена чертежами, схемами, графиками, диаграммами, картинками, сценариями или другими изделиями или продуктами творческой деятельности в соответствии с темой.

Объем ПЗ должен быть не менее 20 страниц печатного текста формата А4, а графической части — 1-2 листа формата А1.

КП оформляется и разрабатывается в соответствии с требованиями ЕСТД и ЕСКД.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывают в виде заголовка (симметрично тексту) прописными буквами (шрифт 5). Примеры оформления содержания приведены в Приложении В.

Полное наименование темы на титульном листе и в основной надписи на листе «СОДЕРЖАНИЕ» должно быть одинаковым с наименованием приказа по колледжу.

1.5 Введение

Введение (2 – 3 стр.) должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, исходные данные для разработки темы, а также четко сформулированные задачи, которые должны быть решены в процессе работы над курсовым (дипломным) проектом (работой).

2 Основная часть

В зависимости от характера курсовой (дипломной) работы (проекта), основная часть содержит теоретическую, расчетную, экспериментальную и другие части.

3 Заключение

Заключение (1–1,5 стр.) содержит краткие выводы по результатам работы, оценку технико-экономической эффективности внедрения.

Следует изложить главные выводы из выполненной работы и рекомендации по дальнейшему использованию.

1. Список литературы

Список должен содержать сведения об источниках, используемых при выполнении курсовых и дипломных проектов (работ). Пример оформления списка литературы в Приложении.

5 Оформление Приложений

В приложении рекомендуется включать материалы, связанные с выполнением курсовой или дипломной работы (проекта), которые по каким либо причинам не могут быть включены в основную часть (таблицы, иллюстрации, договора и др.). Кроме того, в приложение помещается копия презентации курсовой или дипломной работы (проекта).

При оформлении проекта студенты руководствуются «Стандартом колледжа»

6 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ (ПЗ)

6.1 Общие требования к документу

Пояснительная записка относится к текстовым документам и выполняется рукописным или печатным способом на листах писчей бумаги формата А 4 (297 x 210) и оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105- 95 «Общие требования к текстовым документам».

Каждый лист записки оформляется рамкой (черной тушью или пастой), которая проводится основной сплошной линией на расстоянии 20 мм от левой стороны листа, на 5 мм от трех остальных сторон.

На листе пояснительной записки, где выполнено «СОДЕРЖАНИЕ», располагается основная надпись по форме 2 (40 мм) ГОСТ 2.104-68 (Приложение), на всех последующих листах - основная надпись по форме 2а (15 мм).

Пояснительные записки курсовых проектов, для специальности 140448, следует выполнять одним из способов:

- рукописным способом (приложение);
- с применением персонального компьютера (ГОСТ 2.004 – 88, приложение).

При выполнении текста печатным способом с использованием компьютера применяют шрифт Times New Roman через полтора интервала.

Высота букв, цифр и других знаков при использовании компьютера должен быть не менее 1.8 мм (пиксель не менее 12).

Формулы, условные знаки и иллюстрации следует выполнять черными чернилами, пастой, тушью.

Описки, опечатки допускаются исправлять подчисткой или закраски ванием белой краской, (не более одного на страницу), помарки и следы неполного удаления текста не допускаются.

Расстояние от рамки до границ текста в начале не менее 5 мм, а в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Абзацы в тексте начинаются отступом 15-17 мм.

6.2 Построение документа

Текст документа при необходимости делят на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставят.

Каждый раздел следует начинать с нового листа.

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

Если раздел или подраздел состоит из одного пункта, он также нумеруется.

Внутри пунктов или подпунктов могут быть 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 дальнейшего детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа.

Каждый пункт, подпункт и перечисление записывают с абзацного отступа.

Заголовки разделов пишутся прописными буквами высотой 5мм, а подразделов записывают с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Расстояние между заголовком и текстом, а также подразделом и текстом при выполнении документа рукописным способом - 16 мм, машинописным способом должно быть равно 3-4 интервала, а расстояние между заголовками раздела и подраздела 8 мм (2 интервала).

В конце текстового документа располагается список литературы, которая была использована. Список литературы включается в содержание документа.

Выполнение списка литературы и ссылки на него выполняются по ГОСТ 7.1.-2003.

Ссылки на литературу в тексте указываются в скобках с указанием номер источника из списка используемой литературы и страницы, на которой размещен приводимая информация. Например: [5,с.72] или [5].

Список литературы составляется в следующем порядке – учебники, учебные пособия, справочная литература, периодические издания.

Для книг должно быть указано: фамилия и инициалы автора, название книг, мест издания, издательство, год издания, количество страниц.

Например: Драгилев А.И. Устройство и эксплуатация оборудования пищевой промышленности.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Агропромиздат, 2004.-320с.

Для журнала: фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год, издания и его номер.

6.3 Изложение текста документа

В тексте не допускается:

- применять сокращение слов, кроме установленных правилами русской орфографии, государственными стандартами (ГОСТ 7.12-93 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила);
- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением величин в таблицах.
- В тексте документа, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:
- применять знак минус «-» следует писать слово «минус»;

- применять знак « \emptyset », следует писать слово «диаметр»;
- применять без числовых значений математические знаки, например $>$ (больше), $<$ (меньше), % (процент).

В документе следует применять стандартизированные единицы физических величин, их наименование и обозначение в соответствии с ГОСТ 8.417-81.

Все формулы должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках, например, . . . (5).

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

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

Примечание приводят в документах, если необходимы пояснения или справочные данные к содержанию текста, таблиц. Примечание следует помещать непосредственно после текстового, графического материала.

Примечания записывают арабскими цифрами по порядку.

6.4 Построение таблиц

Цифровой материал оформляют в виде таблицы. Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей. Название таблицы должно отражать ее содержание, быть точным, кратким.

Название таблицы помещают над ней. При переносе части таблицы на ту же или другую страницу название помещают над первой частью таблицы. Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумерация в пределах раздела. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте документа.

Заголовки граф и строк таблицы следует писать с прописной буквы, а подзаголовка граф - со строчной буквы. В конце заголовков таблиц точки не ставят.

Разделять заголовки и подзаголовки боковика и граф диагональными линиями не допускается.

Заголовки граф располагают параллельно строкам таблицы (допускаете перпендикулярное расположение заголовков).

Таблицы сверху и снизу, как правило, ограничивают линиями, справа и слева чертят вплотную к рамке или на расстояние от рамки до границ таблицы в начале не менее 5 мм, а в конце – не менее 3 мм. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить, если их отсутствие не затрудняет пользование таблицей. Допускается таблицу помещать вдоль длинной стороны листа.

Таблицу можно делить на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом часть таблицы повторяют ее головку и боковик. Слово «Таб-

лица» указывается один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут слово «Продолжение таблицы» с указанием порядкового номера таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. Нумерация граф таблицы арабскими цифрами допускается в тех случаях, когда в тексте документа имеются ссылки на них. А также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа.

Для сокращения текстов заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321-84, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте, например D – диаметр, V – высота, L – длина.

Заменять кавычками повторяющиеся в таблице цифры, математические знаки процента и номер не допускается.

При отсутствии отдельных данных в таблице следует ставить прочерк (тире).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел были один под другим, если они относятся к одному показателю.

7 Требования к оформлению графических документов

7.1 Общие правила

Графические материалы должны быть оформлены в соответствии со стандартами ЕСКД.

Содержание чертежей курсовых и дипломных проектов (работ) должно соответствовать заданию на проектирование, подписанным и утвержденным зам. директора по учебной работе .

На сборочных чертежах, схемах, чертежах деталей выполняют основную надпись по форме 1 в соответствии с ГОСТ 2.104-68.

В соответствии с ГОСТ 2.201-80 устанавливается единая структура обозначения изделия и его основного конструкторского документа.

Каждый лист графической части проекта должен иметь основную надпись и обозначение документа.

7.2 Содержание графической части

В графической части для специальности 140448 могут быть представлены:

- построить и проанализировать механические характеристики электрооборудования

7.3 Виды конструкторских документов. Коды документов.

Виды конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности устанавливает ГОСТ 2.102-68.

К конструкторским документам относятся графические и текстовые документы. Ниже перечислены некоторые виды конструкторских документов.

Чертеж общего вида - документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Код документа «ОВ».

Сборочный чертеж- документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля. Код документа «СБ».

Детализировка- выполнение рабочих чертежей деталей входящих в состав сборочного чертежа или сборочной единицы.

Схема- документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связь между ними. Код различных видов схем по ГОСТ 2.701-84

Спецификация- документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Пояснительная записка – документ, содержащий описание устройства, принцип действия разрабатываемого изделия. Код документа «ПЗ».

Таблица- документ, содержащий в зависимости от назначения соответствующие данные, сведенные в таблицу.

изучается краткая характеристика ТЗ и вариант принципиальной электрической схемы управления ЭП, взятый за основу.

По форме [Таблица 1] составляется конкретное ТЗ, включающее же лаемое в разрабатываемую схему.

Схему по ТЗ можно разработать заново или модернизировать. Исходным вариантом может быть «пускатель», как реверсивный, так и нереверсивный.

Релейные схемы наиболее просты, наглядны и доступны пониманию, однако, они громоздки.

Все узлы релейных схем могут быть выполнены на полупроводниковых элементах. При разработке принципиальных электрических схем управления ЭП широкие возможности для творческого решения задач и применения новых достижений.

Разработанная схема приводится в соответствие с требованиями МЭК по буквенно-цифровым условным обозначениям Выполняется «Принципиальная электрическая схема...» (ЭЗ).

Любую принципиальную электрическую схему управления ЭП механизма следует рассмотреть в следующей последовательности.

1. Назначение электрической схемы ЭП.
2. Составные элементы схемы. Назначение, функции.
3. Органы управления. Назначение, положения рукояток.
4. Режимы работы ЭП.
5. Определить по положению переключателей.
6. Работа схемы на всех режимах. Пуск (простейший), АУ и другие.

7. Защита, блокировки, сигнализации. Виды и действие.
8. Питание цепей, род тока.
Силовых, управления, контроля и сигнализации.

Примечания:

1. Положение контактов на всех схемах изображено для обесточенного состояния катушек и освобожденных от защелок пружин.
2. Нормально-закрытые контакты схемы изображаются внизу или справа от линии цепи, нормально-открытые – сверху или слева.
3. Условные буквенные обозначения изображаются сверху или справа от элемента, допускается – внутри катушки.
4. По МЭК обозначения являются обязательными, допускаются – российские рядом в скобках.
5. Для удобства нахождения контактов горизонтальные цепи нумеруются сверху вниз, указывается функциональное назначение цепи.

В соответствии с руководящими документами изложить мероприятия, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала при эксплуатации осветительных установок на данном объекте.

На базе разработанной принципиальной электрической схемы управления ЭП механизма изложить порядок выполнения организационнотехнических мероприятий для ремонта электродвигателя без напряжения. Указать средства и точки контроля.

Г Л А В А I

Расчетно-техническая часть проекта

В качестве исходных данных для рассматриваемого курсового проекта служат: план цеха, производства, установленные мощности по отдельным видам электропотребителей и характеристика возможных источников питания.

В расчетно-пояснительной записке необходимо отразить все вопросы проектирования, согласно алгоритма см. рис. I.I.

I. Введение

Во введении к курсовому проекту должны быть кратко изложены:

а). Основные задачи, поставленные правительством по внедрению новой техники, комплексной механизации, автоматизации производственных процессов и др.

б). Тема курсового проекта в разделе технико-экономических задач, стоящих перед промышленностью и актуальность объекта проектирования.

I.I. Технология производства и характеристика цеха

В этом разделе необходимо отразить особенности технологического процесса и дать характеристику:

1. Строительной части цеха, а именно:

а) размеры цеха;

б) конструкционные материалы, применяемые при строительстве цеха (кирпич, сборный железобетон и т.д.);

в) отделка стеновых и потолковых поверхностей (побелка, окраска, цветность окраски и т.д.);

г) тип пола (метлахская плитка, деревянные, цементные).

2. Среды в цехе: произвести классификацию помещений цеха в зависимости от среды (В-I, В-II, П-I и т.д.). Результаты внести в таблицу 3.3.

3. Категории электроприемников по степени надежности электроснабжения.

Результаты классификации внести в табл 3.3.

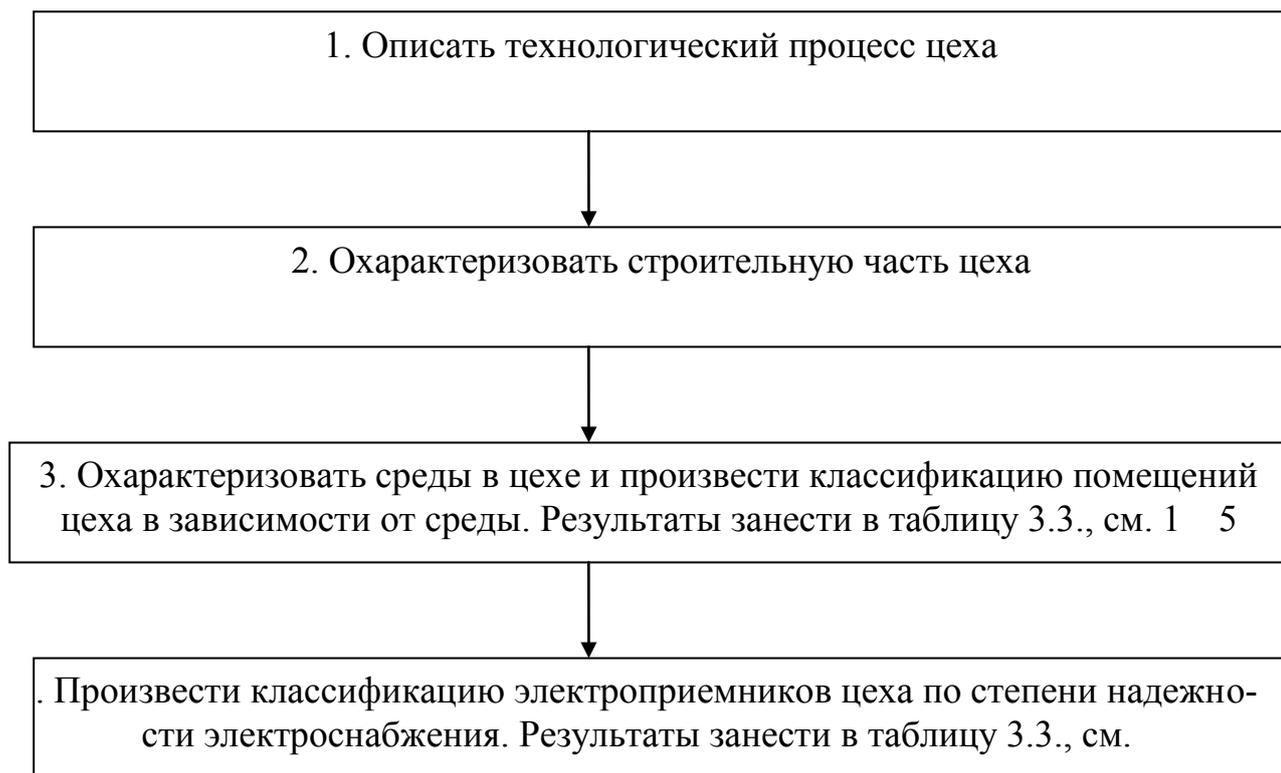


Рис. 1.1. Структурная схема выполнения раздела 1.2. проекта.

Г Л А В А 2

Электропривод технологического оборудования цеха

Основными требованиями, предъявляемыми технологическими механизмами к приводным двигателям, является обеспечение заданной производительности при надежности и экономичности работы. Эти требования могут быть удовлетворены лишь при условии правильного выбора рода тока, напряжения и мощности двигателя электропривода.

2.1. Выбор рода тока и величины напряжения

При выборе рода тока и величины напряжения для питания промышленных механизмов и установок необходимо помнить, что в настоящее время могут конкурировать два напряжения переменного тока – 380/220 и 660В. Другие, более низкие, напряжения могут дать сколько-нибудь выгодных решений в экономическом отношении, в том числе и по расходу цветных металлов. Постоянный же ток чаще всего применяется в специальных установках, где он необходим по условиям технологического процесса (установки гальванических покрытий металлов, электролизные установки и др.), а также в тех электроприводах, где необходима регулировка скорости в широких пределах. Источниками постоянного тока могут быть:

- управляемые тиристорные, тиратронные и ртутные преобразователи;
- двигатели-генераторы;
- нерегулируемые полупроводниковые выпрямители.

Низковольтные устройства производственных механизмов и установок на напряжение 12, 24, 36, 42, 127В переменного тока питаются через понижающие трансформаторы с подводимым напряжением к первичным обмоткам 220, 380 и 660В. Поэтому сначала решается вопрос об основном напряжении и роде тока.

Для силовых устройств постоянного тока напряжение может выбираться из двух значений: 220В и 440В; напряжение 110В – не экономично. Напряжения 6, 12, 24, 36, 48, 60В постоянного тока получают от преобразователей 3 (выпрямителей). При выборе величины напряжения для отдельных электроприемников следует учитывать, что электродвигатели переменного тока изготавливаются:

- при 127/220 – на 1,2 ÷ 550Вт;
- при 220/380 – на 0,01 ÷ 110 кВт;
- при 380/660 – на 0,6 ÷ 500 кВт;
- при 6 кВт – на 200 кВт и выше.

2.2. Определение мощности приводных электродвигателей для 4-5 единиц технологического оборудования

При выполнении этого раздела проекта необходимо рассчитывать нагрузки привода не только при установившемся режиме работы, но и в периоды переходных процессов. С этой целью рассчитываются и строящиеся нагрузочные диаграммы, на основании которых производится расчет двигателя на нагрев и дается заключение о его пригодности для данного привода.

Примеры:

Определить мощность электродвигателя центробежного насоса по следующим исходным данным:

Производительность насоса	$Q = 50 \text{ м}^3/\text{час}$
Плотность перекачиваемой жидкости	$\rho = 0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Высота всасывания	$h_B = 1,5 \text{ м}$
Высота награвания	$h_H = 40 \text{ м}$
Высота, соответствующая потерям напора	$h_n = 4 \text{ м}$
Ускорение	$q = 9,81 \text{ м/с}^2$
Коэффициент запаса (для двиг. до 50 кВт)	$k_3 = 1,2$
КПД центробежного насоса	$\eta_{\text{нас}} = 0,6$
КПД передачи	$\eta_n = 1$

$$P_{\text{д}} = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot k_3 \cdot g}{3600 \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_i}$$

где $H = h_B + h_H + h_n$ - дифференциальный напор
 $H = 1,5 + 40 + 4 = 45,5 \text{ м}$,

$$\text{тогда } P_{\text{д}} = \frac{50 \cdot 45,5 \cdot 0,8 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 9,81 \cdot 10}{3600 \cdot 0,6 \cdot 1} = 9,91 \text{ кВт}$$

Мощность двигателя до ближайшей стандартной мощности, т.е. до 10 кВт.

Пример 3.2.

Определить мощность электродвигателя вентилятора по следующим исходным данным:

Производительность вентилятора	$Q = 3 \text{ м}^3/\text{с}$
Давление	$H = 282 \text{ н/м}^2$
Коэффициент запаса	$k_3 = 1,3$
КПД вентилятора	$\eta_{\text{в}} = 0,5$
КПД передачи	$\eta_n = 1$

$$P_{\text{д}} = \frac{Q \cdot H \cdot k_3}{1000 \cdot \eta_{\text{д}} \cdot \eta_i} = \frac{3 \cdot 282 \cdot 1,3}{1000 \cdot 0,5 \cdot 1} = 2,2 \text{ кВт}$$

Выбираем мощность электродвигателя вентилятора равной стандартной мощности – 2,2 кВт.

2.3. Выбор стандартных двигателей для технологического оборудования

Выбор заключается в сравнении расчетных мощностей с паспортными данными стандартных двигателей и составлении сводной таблицы для всех электродвигателей цеха.

См. таблицу 3.3.

1. Выбрать род тока и величину напряжения для электроснабжения электрооборудования цеха [10] [12]
2. Рассчитать мощность приводных двигателей для основного технологического оборудования [2] [6] [10] [12] [13] [14]
3. Выбрать типы двигателей для привода основного технологического оборудования [2] [7]
4. Составить сводную таблицу технических характеристик электродвигателей цеха. По форме таблицы 2.1.

Рис. 2.1. Структурная схема выполнения главы 2 проекта.

Технические характеристики электродвигателей цеха

Таблица 2.1.

№ п/п	Наименование технологического оборудования	КОЛ-ВО		Каталожные данные электрического двигателя										Характеристика среды цеха	Категория электроприемников по ПУЭ	Примечание
		шт.	кВт	Тип двигателя	Искажение двигателя	P _н	n	I _н	Cosφ	η _н	$\frac{I_n}{I_n}$	$\frac{M_n}{M_n}$	K ₃			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.																
2.																
3.																
4.																
5.																

Примечание: Таблицу 2.1. целесообразно выполнять на миллиметровой бумаге (развернутый лист) и вклеивать в оформленный проект.

Г Д А В А 3

Расчет и планировка силовых сетей

В этом разделе необходимо:

1. Произвести расчет электрических силовых нагрузок цеха.
2. Рассчитать и выбрать по справочникам пусковую и защитную аппаратуру.
3. По найденным расчетным значениям токов выбрать сечения и марки силовых питающих линий.
4. Выбрать и разместить на плане цеха распределительные устройства.

3.1. Расчет электрических силовых нагрузок цеха

Величина максимальной (расчетной тридцатиминутной) активной мощности для группы из «n» электроприемников определяется произведением коэффициента спроса на величину суммарной установочной мощности электроприемников.

$$P_m = \sum_1^m P_{н.гр.} K_c; \quad Q_m = P_m \operatorname{tg} \varphi_{ср.в.}$$

при $m \leq 3$; $K_c = 1$,

где m – число групп электроприемников с однородным режимом работы.

При большом количестве электроприемников с различными режимами работы, присоединенными к одному силовому распределительному пункту, следует все электроприемники разбить на отдельные группы с одинаковым режимом и для каждой группы отдельно определить максимальную мощность. Суммарная максимальная активная нагрузка всех групп электроприемников определяется как сумма расчетных активных нагрузок отдельных групп:

$$P_m = \sum_1^m P_{н.гр.} = \sum_1^m K_c P_{н.гр.}$$

где m – число групп электроприемников с однородным режимом работы.

Суммарная максимальная реактивная нагрузка определяется аналогично:

$$Q_m = \sum_1^m Q_{м.гр.} = \sum_1^m K_c \cdot Q_{н.гр.}$$

Средневзвешенный коэффициент мощности определяется из выражения:

$$\operatorname{Cos} \varphi_{ср.в.} = \frac{P_i}{S} = \frac{\sum_1^i P_i \cdot \cos \varphi}{\sum_1^i P_i}$$

Средневзвешенный $\text{tg } \varphi$ определяется из выражения:

$$\text{tg} \varphi_{\text{ср.в.}} = \frac{Q_i}{D_i}$$

Расчетный ток магистрали I_m определяется по формуле:

$$I_m = \frac{D_i}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi_i} = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_i}$$

Результаты расчетов свести в таблицу, аналогичную таблице 4.1.

Пример 3.1.

Определить максимальную (30-ти минутную) нагрузку на шинах РП, питающего цех со следующими силовыми электроприемниками:

6 электродвигателей центробежных насосов

7 электродвигателей центробежных вентиляторов

1 электродвигатель мешалки

15 электродвигателей задвижек с электродвигателем

Решение:

Расчетные данные сведены в таблицу 3.1.

Разбить электроприемники на группы с одинаковым режимом работы	
Составить сводную ведомость электроприемников цеха, с разбивкой по группам, аналогично табл. 3.3	
Определить средневзвешенный $\cos \varphi$ электроприемников цеха	
По найденному $\cos \varphi_{\text{ср.в.}}$ найти $\text{tg}_{\text{ср.в.}}$	
Найти по справочнику коэффициент спроса K_c см. [4] [11]	
Определить расчетную активную нагрузку:	
$P_m = \sum_1^i \hat{E}_{\bar{n}} \cdot D_{i.\bar{a}\bar{a}}$	
Определить расчетную реактивную нагрузку:	
$Q_m = \sum_1^i \hat{E}_{\bar{n}} \cdot Q_{i.\bar{a}\bar{a}} = D_i \text{tg } \varphi_{\text{ср.в.}}$	
Определить полную мощность цеха:	
$S_{m\Sigma} = \sqrt{P_{m\Sigma}^2 + Q_{m\Sigma}^2}$	
Определить максимальный расчетный ток:	
$I_m = \frac{P_m}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi_{\bar{n}\bar{a}\bar{a}}} = \frac{S_{m\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_i}$	

3.1. Алгоритм определения расчетных нагрузок цеха методом коэффициента спроса

Таблица расчетных силовых электрических нагрузок в сети 380/220В

Таблица 3.1.

№ п/п	№ группы	Наименование технологического оборудования	Кол-во приемников	Установленная мощность (кВт)		K _c	$\frac{\cos \varphi_c}{\text{tg } \varphi}$	Расчетная нагрузка			I _п /А/
				одного	общая			активная P _м /кВт/	реактивная Q _м /кВАр/	полная S _м /кВА/	
1.	1	Центробежные электронасосы	8	2-10 кВт 2-22 кВт 1-13 кВт 2-1,5 кВт 1-4,0 кВт 1-3,0 кВт	65	0,75	$\frac{0,85}{0,62}$	48,75	30,3	57,3	86,81
2.	2	Центробежные вентиляторы	7	6-2,2 кВт 1-0,12	13,3	0,6	$\frac{0,825}{0,685}$	7,98	5,47	9,67	14,65
3.	3	Мешалка	1	7,5	7,5	1,0	$\frac{0,82}{0,695}$	7,5	5,2	9,13	13,83
4.	4	Задвижки с электроприводом	15	0,4	6	0,9	$\frac{0,826}{0,68}$	5,4	3,7	3,7	1,51
Итого по цеху:			31	91,8	91,8	-	0,83	69,63	44,67	82,65	125,23

3.2. Расчет и выбор пусковой и защитной аппаратуры

По данным расчетов см.таблицы 3.3. и 4.1. выбираются пусковая и защитная аппаратура. Выбор пусковой аппаратуры для силовых электроприемников цеха производить по следующим параметрам и условиям:

1. По параметрам рабочего режима (по току, напряжению, роду тока и частоты сети, по частоте включений).
2. По характеру окружающей среды.
3. Требуемой защитности от попадания внутрь аппарата посторонних предметов, пыли и воды (по требуемой стандартной степени защиты).
4. Требуемой пожаро- и взрывозащищенности.
5. С учетом применяемых систем защит.
6. Требуемому быстродействию.
7. Требуемому способу управления (местного, дистанционного).

При расчете и выборе защитной аппаратуры необходимо учитывать, что, согласно ПУЭ, сети разделяются на 2 группы:

- а) защищаемые от перегрузки и токов короткого замыкания;
- б) защищаемые только от токов короткого замыкания.

Во всех случаях защитная аппаратура должна обеспечить надежное отключение короткого замыкания. Это условие выполняется, если:

- ток однофазного короткого замыкания в сетях с глухозаземленной нейтралью:

- а) в 3 раза и более превышает номинальный ток плавкой вставки предохранителя и номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику;

б) в 1,1 раза и более превышает ток срабатывания автоматического выключателя, имеющего только электромагнитный расцепитель.

Для сетей, прокладываемых вл взрывоопасных помещениях допустимые кратности тока короткого замыкания увеличиваются до:

а) 4-х по отношению к номинальному току плавкой вставки предохранителя;

б) 6-ти по отношению к номинальному току расцепителя автоматического выключателя с обратно зависимой от тока характеристикой.

Для сетей, защищаемых только от токов короткого замыкания ток короткого замыкания:

а) в 5 раза и более превышает номинальный ток плавкой вставки предохранителя;

б) в 1,5 раза и более – ток срабатывания электромагнитного расцепителя автомата.

Для расчета пусковой и защитной аппаратуры расчетный ток для электроприемников: $I_{\text{расч.}} = K_3 \cdot I_{\text{ном.}}$

где K_3 - коэффициент загрузки см.таблицу 3.1.

(при отсутствии данных $K_3 = 1$).

$I_{\text{ном.}}$ – номинальный ток, А, см. табл.3.1.

Формулы для определения $I_{\text{ном.}}$ для различных типов электроприемников:

1. Для 3-х фазных электродвигателей длительного режима:

$$I_{\text{н.}} = \frac{P_i}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \eta_i}$$

2. Для однофазных электродвигателей длительного режима, включенных на линейные напряжения:

$$I_{\text{н.}} = \frac{P_i}{U_i \cdot \cos \varphi_i \cdot \eta_i}$$

3. Для однофазных электродвигателей длительного режима, включенных на фазное напряжение:

$$I_{\text{н.}} = \frac{P_i}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi_i \cdot \eta_i}$$

4. Для двигателей повторно-кратковременного режима все формулы аналогичны, необходимо лишь учесть ПВ:

$$P_{\text{н.}} = P_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}}$$

где $P_{\text{пасп}}$ - паспортная мощность

ПВ - относительная продолжительность включения.

5. Для сварочных трансформаторов, трехфазных, включенных на линейное напряжение и однофазных, включенных на линейное или фазное напряжение.

$$I_{н.} = \frac{S_{i\hat{a}\hat{n}\hat{i}} \cdot \hat{I}\hat{A}}{\sqrt{3} \cdot U_i}; \quad I_{н.} = \frac{S_{i\hat{a}\hat{n}\hat{i}} \cdot \sqrt{\hat{I}\hat{A}}}{U_i}; \quad I_{н.} = \frac{S_{i\hat{a}\hat{n}\hat{i}} \cdot \sqrt{\hat{I}\hat{A}}}{U_{\hat{o}}}$$

6. Для печных и других трансформаторов длительного режима формулы аналогичны, лишь отсутствует множитель $\sqrt{\hat{I}\hat{A}}$.

а). Выбор предохранителей

Для электроприемников и проводников, не испытывающих больших пусковых токов (лампы накаливания, электронагревательные приборы) плавкая вставка выбирается по расчетному току:

$$I_{ПВ} \geq I_{\hat{o}\hat{a}\hat{n}\hat{i}}$$

При защите ответвления, идущего к одиночному электродвигателю при легких и тяжелых пусках (электродвигатели вентиляторов, насосов, станков и т.п.) ток вставки

$$I_{ПВ} \geq \frac{I_{i\hat{e}\hat{e}}}{L},$$

где $I_{пик}$ - пиковый ток, А.

Для одного асинхронного двигателя пиковый ток

$$I_{пик} = I_{пуск} = I_{н.} \cdot K_{п.},$$

где $I_{пуск}$ и $I_{н.}$ - соответственно пусковой и номинальный токи, А

$K_{п.}$ - кратность пускового тока по отношению к номинальному (см. справочник),

L - коэффициент, учитывающий характер и частоту пуска для двигателей с частыми или длительными пусками $L = (1,6-2)$.

Для двигателей с легкими условиями пуска $L = 2,5$.

При защите магистрали, питающей силовую или смешанную нагрузку:

$$I_{н.в.} \geq \frac{I_{\hat{e}\hat{o}}}{2,5},$$

где $I_{кр}$ - максимальный кратковременный ток линии:

$$I_{кр} = I_{пуск} + I_{дл}, \quad \text{см. (11 стр.132).}$$

Для защиты ответвления, идущего к сварочному аппарату, номинальный ток плавкой вставки выбирают из соотношения:

$$I_{п.в.} \geq 1,2 \cdot I_{\hat{n}\hat{a}} \cdot \sqrt{\hat{I}\hat{A}}$$

где $I_{св}$ - номинальный ток сварочного аппарата при номинальной продолжительности включения, А.

$ПВ$ - относительная продолжительность включения.

Селективность (избирательность) защиты плавкими предохранителями магистральной линии с ответвлениями достигается последовательным возрастанием номинального тока плавких вставок на отдельных участках линии по мере приближения к пункту питания.



Алгоритм выбора плавких предохранителей и сечения провода.

Пример 3.2.

Выбрать предохранитель для защиты электродвигателя АО2-32-2 вентилятора $P_{\text{ном}}=4\text{кВт}$, $I_{\text{ном}}=8\text{А}$, $I_{\text{п}}=5,6\text{А}$, с напряжением сети 220/380 В.

Расчетный ток $I_{\text{расч.}} = K_3 \cdot I_{\text{ном}}$, т.к. K_3 неизвестен, то принимаем $K_3=1$, тогда $I_{\text{расч.}} = 8\text{А}$.

$$I_{\text{пв}} \geq \frac{I_h}{2,5} = \frac{5,6}{2,5} = 22,4\text{А},$$

принимаем $I_{\text{пв}} = 25\text{А}$

По справочнику выбираем НПН – 60 $\frac{60}{25}$

По расчетному току выбираем провод марки АПВ 3 (1х2,5)

с $I_{\text{доп.пр}}=19\text{А} \geq I_{\text{расч.}}$, то есть $19\text{А} > 8\text{А}$.

Проверяем, защищает ли предохранитель провод от КЗ $I_{\text{пв}} \leq 3 \cdot I_{\text{доп.пр}}$, т.е. $25 < 3 \cdot 19 = 57\text{А}$.

Выбранная плавкая вставка удовлетворяет всем условиям.

б). Выбор тепловых элементов реле магнитных пускателей для электродвигателей с длительным режимом работы производится по номинальному току электродвигателя

$$I_{\text{н.э.}} \geq I_{\text{н.д.}}$$

где $I_{\text{н.э.}}$ - номинальный ток нагревательного элемента

$I_{\text{н.д.}}$ номинальный ток двигателя.

в) Выбор тепловых и комбинированных расцепителей автоматов с нерегулируемой обратной зависимо от тока характеристикой как для ответвлений к одиночным двигателям, так и для линий, питающих группу, производится по расчетному току цепи:

$$I_{\text{н.а.}} \geq I_{\text{м}}$$



Рис. 3.3. Алгоритм выбора пусковой аппаратуры

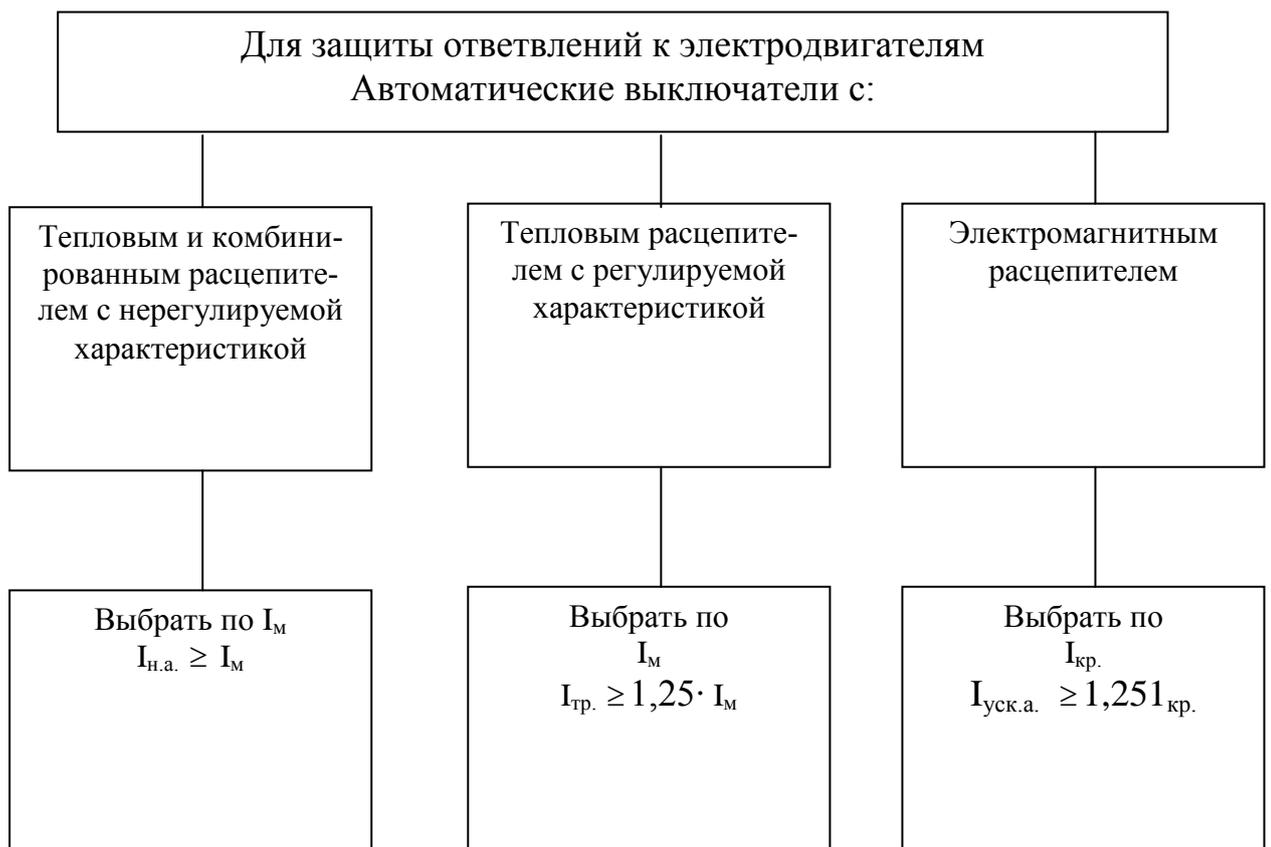


Рис. 3.4. Алгоритм выбора автоматических выключателей для ответвлений к электродвигателям.

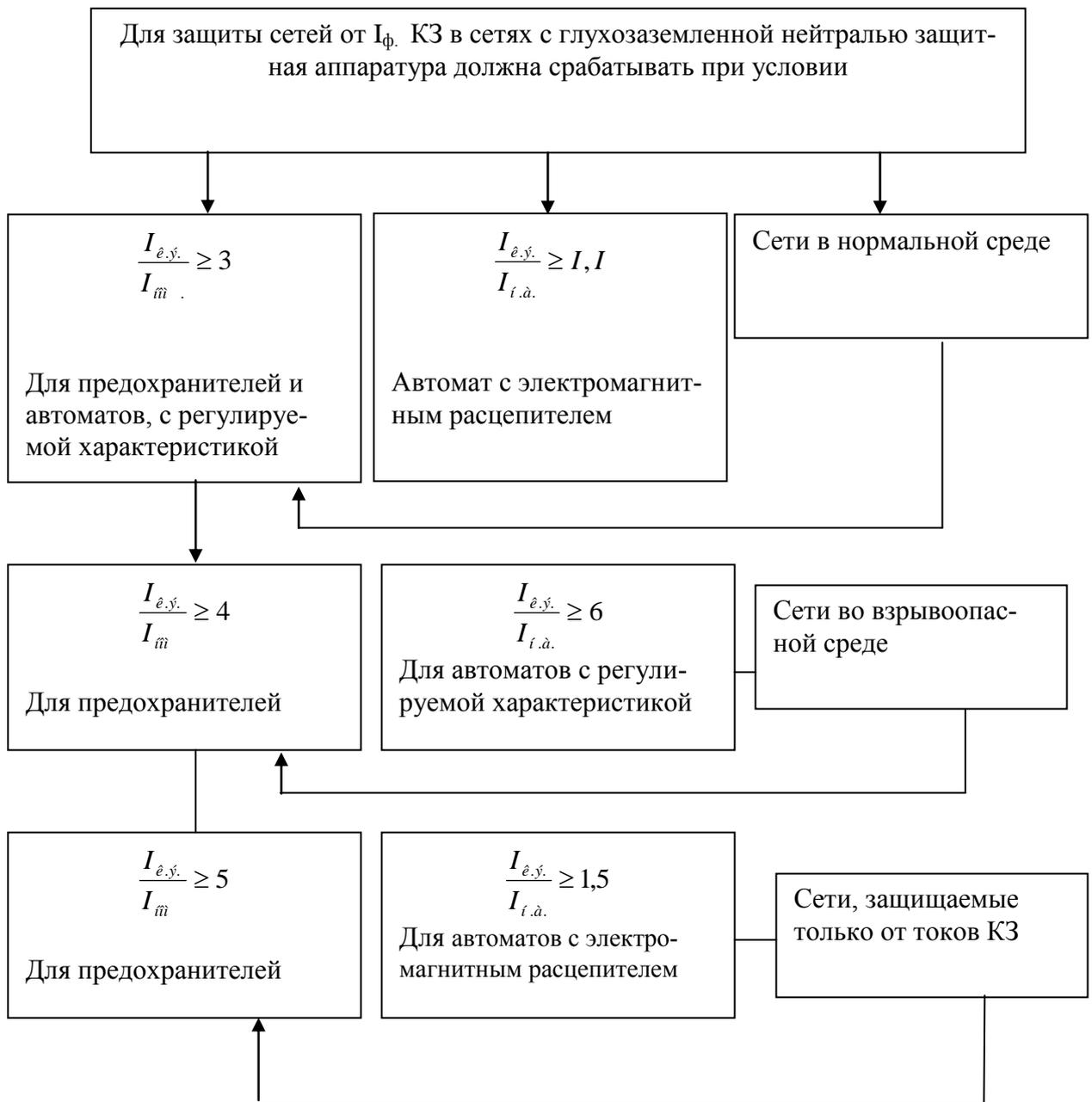


Рис. 3.5. Алгоритм выбора автоматов и предохранителей для защиты сетей от токов К.З.

3.3. Расчет и выбор сечений силовых распределительных линий

Сечения жил проводов и кабелей напряжением до 1000В по условию нагрева определяют из таблиц 5.10-5.12 11 в зависимости от величины расчетного тока. См. табл. 3.2.

При этом должно выполняться 2 условия:

1. Условие нагрева длительным расчетным током

$$I_{\text{норм. доп.}} \geq \frac{I_{\text{аэ.}}}{\hat{E}_{\text{мд}}} \quad /4.1./$$

2. Условие соответствия сечения привода выбранному аппарату защиты:

$$I_{\text{норм.доп.}} \geq \frac{\hat{E}_{\text{сдв.}} \cdot I_{\text{сдв.}}}{\hat{E}_{\text{тд}}}, \quad /4.2./$$

где $K_{\text{попр.}}$ - поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей

$K_{\text{заш.}}$ - кратность защиты, т.е. отношение длительно допустимого тока для проводов или кабелей к току срабатывания защитного аппарата, см. (11 табл. 5.13).

$I_{\text{заш.}}$ - ток срабатывания защитного аппарата, А.

При нормальных условиях прокладки $K_{\text{попр.}} = 1$, соотношения /4.1/ и /4.2/ упрощаются:

$$I_{\text{норм.доп.}} \geq I_{\text{дл.}}$$

$$I_{\text{норм.доп.}} \geq K_{\text{заш.}} \cdot I_{\text{заш.}}$$

Для взрывоопасных помещений:

$$I_{\text{норм.доп.}} \geq 1,25 I_{\text{дл.}}$$

Выбранные сечения жил проводов и кабелей по току нагрузки, то есть рассчитанные на нагрев, проверяются на потерю напряжения, за исключением силовых сетей, питающихся от встроенных и пристроенных комплектных подстанций КТП и КТПН.

Согласно ПУЭ и ГОСТ 13109-67 для силовых сетей, отклонение напряжения от номинального должно составлять не более $\pm 5\%$. Эти требования обусловлены тем, что величина вращающего момента асинхронных электродвигателей зависит от квадрата подведенного напряжения $/U^2/$ и его уменьшение ниже допустимого не обеспечит пуск механизмов.

Для 3-х фазной линии с несколькими нагрузками

$$\Delta U = \sum_1^n \frac{P \cdot r_o + Q \cdot x_o}{U_i^2} \cdot L, / \% /$$

где n – количество участков линии

r_o и $x_{ш}$ - активное и реактивное сопротивление проводов /Ом/км/

P и Q – активная и реактивная мощность в линии.

L – длина линии /км/.

U - номинальное напряжение в линии /кВ/.

Составить сводную таблицу силовых распределительных сетей.

1. Выбрать сечения жил проводов и кабелей по условиям нагрева $I_{\text{норм.доп.}} \geq I_{\text{доп.}}$ /11 табл. 5.12/	
2. Проверить соответствие сечения провода или кабеля условиям максимальной токовой защиты $I_{\text{норм.доп.}} \geq I_{\text{защ.}} \cdot K_{\text{защ.}}/K_{\text{попр.}}$ /11 табл. 5.13/	
3. Проверить соответствие сечения провода или кабеля условиям защиты от коротких замыканий /алгоритм 4.5/	
4. Определить длину ℓ провода или кабеля от РП до наиболее удаленного электроприемника	
5. Найти по справочнику удельное активное сопротивление провода или кабеля r_0 Ом/км	
6. Найти удельное реактивное сопротивление провода или кабеля X_0 Ом/км	
7. Проверить сечение провода или кабеля на потерю напряжения $U_{\Delta} = \sum_I^n \frac{P \cdot r_0 + Q \cdot x_0}{U_n^2} \cdot L, \% /$	
8. Результаты выбора сечений жил проводов и кабелей свести в таблицу 4.3.	

Рис. 3.6. Алгоритм определения сечения силовых распределительных линий.

3.4. Выбор и размещение на плане цеха распределительных устройств

При выборе распределительных устройств напряжением до 1000В и размещении их на плане цеха необходимо учитывать:

1. Характер среды в цехе и соответственно исполнение РП или место их размещения.
2. Количество групп электроприемников V до 1000В.
3. Величину напряжения электроприемников.
4. Величину расчетного тока в распределительной цепи от РП до электроприемников.
5. Тип защитной и пусковой аппаратуры, их токи срабатывания и кратность защиты.



Рис. 3.7. Структурная схема выбора распределительных устройств в цехе

1. Рассчитать электрические силовые нагрузки цеха. См. алгоритм 4.1.	
2. Рассчитать и выбрать пусковую и защитную аппаратуру. См. алгоритм 4.2-4.5.	
3. Рассчитать и выбрать сечения распределительных сетей. См. алгоритм 4.6.	
4. Выбрать и разместить на плане цеха распределительные устройства. См. алгоритм 4.7.	

Рис. 3.8. Алгоритм выполнения главы 3.

Г Л А В А 4

Расчет освещения и осветительных сетей

Вопросы, решаемые в этом разделе проекта можно разделить на 2 самостоятельных расчета:

А. Светотехнический расчет.

Б. Электрический расчет осветительной сети.

Задача светотехнического расчета состоит в:

- а) определении мощности отдельной линии;
- б) определении необходимого количества ламп и светильников в помещении.

Светотехнический расчет включает:

1. Характеристику помещения с указанием оценки зрительных работ.
2. Выбор норм ответственности, вида и систем освещения типов светильников.
3. Размещение светильников.
4. Расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока, методом удельной мощности и точечным методом.

Электрический расчет включает:

1. Выбор принципиальной схемы сетей освещения.
2. Определение расчетных осветительных нагрузок.
3. Расчет электрических сетей освещения.
4. Выбор щитков освещения и осветительной аппаратуры.
5. Выбор марки проводов освещения и способы их прокладки.

А. Светотехнический расчет

4.1. Характеристика помещений; оценка зрительных работ

Необходимый уровень видимости на рабочих поверхностях определяется как уровень освещенности на этой поверхности, так в равной степени и контрастном объекта с фоном и распределением яркости в поле зрения. Выбор вида и системы освещения тесно связан с выбором уровня освещенности на рабочих поверхностях. Уровень освещенности рабочей поверхности определяется согласно СНиП 11-4-79 в зависимости от размера объекта различия, его контраста в фоном и коэффициента освещаемой поверхности.

В этом разделе расчета необходимо составить краткую описательную характеристику помещений, а данные внести в таблицу 4.1.

4.2. Выбор норм освещенности, вида и систем освещения, типов светильников

По СНиП 11-4-79 установлена следующая шкала освещенности:
0,2-0,3-0,5-1-2-3-5-10-20-30-50-100-150-200-300-400-500-600-750-1000-1250-1500-2000-3000-4000-5000-6000-7500 лк.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей, а также рекомендуемые источники света для производственных помещений, см. /21 табл. 25,26/.

В производственных помещениях применяются следующие системы освещения:

- а) общее равномерное освещение;
- б) местное;
- в) комбинированное.

а). Общее равномерное освещение рекомендуется выполнять в помещениях, где требуется большая точность работ (для промышленных предприятий, начиная с V разряда работ и выше, для общественных зданий, начиная с III разряда работ и выше).

б). Местное освещение предназначено для освещения лишь рабочего места. Устройство одного только местного освещения запрещено нормами.

в). Комбинированное освещение рекомендуется выполнять в производственных помещениях с разрядами работ I и II (например, ремонт радиоаппаратуры, КИП и др.).

Для освещения помещений предусматриваются следующие виды освещения: рабочее (в том числе и дежурное); аварийное (для продолжения работы или эвакуации).

Рабочее освещение выполняют во всех помещениях.

Аварийное освещение для продолжения работы устанавливают в помещениях диспетчерских, оперативных, электрощитовых, насосных и т.п.

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей при этом должна составлять 5% от освещенности, нормируемой при этом рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк.

Аварийное освещение для эвакуации должно обеспечивать на полу основных проходов и на ступенях лестниц наименьшую освещенность 0,5 лк.

Выбор типов светильников общего комбинированного освещения подробно изложены в [9,17]. Эти вопросы должны решаться с учетом характеристики условий окружающей среды.

Результаты разделов 4.1 и 4.2 внести в таблицу 4.1.

4.3. Размещение светильников на плане цеха

Для размещения светильников общего назначения необходимо определить высоту их подвеса и установить расстояние между светильниками. Высота подвеса должна удовлетворять условиям ограничения ослепленности и быть не ниже величин, указанных в табл. 1.6.

Величина h_c – расстояние между потолком и светильником, называемое высотой свеса, колеблется в пределах 0,3-1,5 м; при этом низший предел относится к низким помещениям. Расчетной высотой – H_p считается расстояние от светильника до рабочей поверхности.

$$H_p = H - h_p + h_c / \quad /4.1./$$

где H_p - расчетная высота подвеса светильника, м.

H – высота помещения, м.

h_p - высота рабочей поверхности над полом, м.

h_c - высота свеса светильника, м.

По таблице 4.2. находится наиболее выгодное отношение.

$\frac{L}{H_p} = \lambda$ и найденному значению λ находится расстояние между рядами

светильников: $L = \lambda \cdot H_p$, м.

Расстояние светильников или рядов от стен при освещении проходов и вспомогательных помещений принимается равным $\ell = \frac{L}{2}$, м, в производственных и конторских помещениях

Значения H , H_p , h_p , h_c , L по каждому помещению внести в таблицу 4.1.

На отдельном листе вычертить в масштабе план наибольшего по площади помещения с размещением светильников и указанием всех размеров.

Сводная таблица к светотехническому расчету

Таблица 4.1.

№ п/п	Наименование помещения	Размеры помещения				Характеристика работ	Разряд работ	Фон	Контраст объектом фоном	Освещенность норм	Тип светильника	Коэффициент отражения			Высота подвеса светильника		Расстояние между светильниками	
		A, м	B, м	H, м	S, м ²							S ₀ %	S _{ст} %	S _р %	H _р м	H _с м	H _с м	h м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Пример заполнения:																		
1.	Машинное оборудование	36	12	6,4	432	Маслой точности	IV	Светлый	средний	75	ЛДОР2х80	50	30		4,6	0,8		I

4.4. Расчет освещенности помещений цеха

Расчет освещенности сводится к определению светового потока и мощности ламп, устанавливаемых в выбранных светильниках.

Расчет освещенности помещений может производиться тремя методами:

1. Методом коэффициента использования светового потока;
2. Методом удельной мощности;
3. Точечным методом.

I. Метод коэффициента использования светового потока.

Целесообразно применять в тех случаях, когда требуется спроектировать общее равномерное освещение производственных, административных конторских, вспомогательно-бытовых помещений.

При расчете освещения лампами накаливания или ДЛР расчетный световой поток лампы светильника:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad /4.2./$$

где F - световой поток лампы, лм.

E – нормированное значение освещенности, лк [2].

S - площадь помещения, м .

K_3 - коэффициент запаса, см. 2 табл. 4.21.

Z - коэффициент минимальной освещенности, при размещении светильников по квадратам или по прямоугольникам, $Z = 1,15$; при освещении рядами люминесцентных светильников $Z = 1,1$.

η - коэффициент использования светового потока, см. 2, табл. 4.23.

N - количество светильников.

2. Метод удельной мощности

В основу расчета по удельной мощности положен метод коэффициента использования светового потока. Метод применяют:

а) при проектировании небольших по площади помещений, не требующих точных расчетов;

б) для предварительного определения общей установленной мощности осветительной установки при общем равномерном освещении;

в) для приблизительной оценки правильности светотехнических расчетов, выполняемых другими методами.

$$\text{Расчетная мощность ламп /Вт/} - P_{\text{л}} = \frac{P_y \cdot S}{N}$$

где P_y – удельная мощность, Вт/м², см. [2, табл. 4.24].

S - площадь помещения, м .

N - число светильников.

При расчете люминесцентного освещения вместо N надо подставлять « n » - число ламп.

Особенностью данного метода является то, что для помещений площадью S /м² / предварительно выбирают тип светильника, расчетную высоту подвеса, а число светильников N определяют из наиболее выгодного отношения

$$\frac{L}{H_p},$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

H_p - расчетная высота подвеса светильников

$$H_p = H - h_p + h_c,$$

где H – высота помещения, м.

h_p – высота рабочей поверхности, м.

h_c – высота свеса светильника, м.

3. Точечный метод

Применяется для расчета всех систем освещения внутренних помещений, а также открытых пространств и может использоваться для проверки освещенностей в заданных контрольных точках X.

При установке светильников с лампами накаливания и ДРЛ расчетный световой поток лампы /лм/

$$F = \frac{1000 \cdot E \cdot K_3}{\mu \cdot \sum a} \quad /4.4/$$

где $\sum e$ - сумма условных освещенностей при световом потоке лампы 1000 лм для обеспечения освещенности E /лк/;

K_3 – коэффициент запаса;

μ - коэффициент, учитывающий дополнительную освещенность от наиболее удаленных светильников $\mu = 1,1-1,2$.

Сводные данные по отдельным помещениям вносятся в таблицу 4.2. При этом рекомендуется:

1. Для помещений, рассчитанных по методу коэффициента использования светового потока, проверить освещенность в контрольных точках точечным методом.

2. Для местного освещения – проверить освещенность точечным методом от лампы местного освещения, установленной на станке, механизма и т.д.

3. Общую установленную мощность ламп общего освещения $P_{осв}$ /без местного освещения/ внести в общую нагрузку на трансформатор цеховой подстанции.

Сводная таблица светотехнического расчета

Таблица 4.2.

№ п/п	Наименование помещений	Площадь помещений	Нормированная освещенность	Тип светильника	Количество светильников	Расчетная высота подвеса	Индекс помещения	Коэффициент использования светового потока	Расчетный световой поток	Световой поток одной лампы	Мощность одной лампы	Общая мощность освет.уст.
		S_m^2	$E_{нор.лк}$		шт.	H_p м	i	η	P_p лм	P_l лм	P Вт	$P_{осв}$ кВт

Пример заполнения

1. Инструментальная 432 150 НСПО- 44 3,6 1,6 0,59 2432 2800 100 0,88
2x100

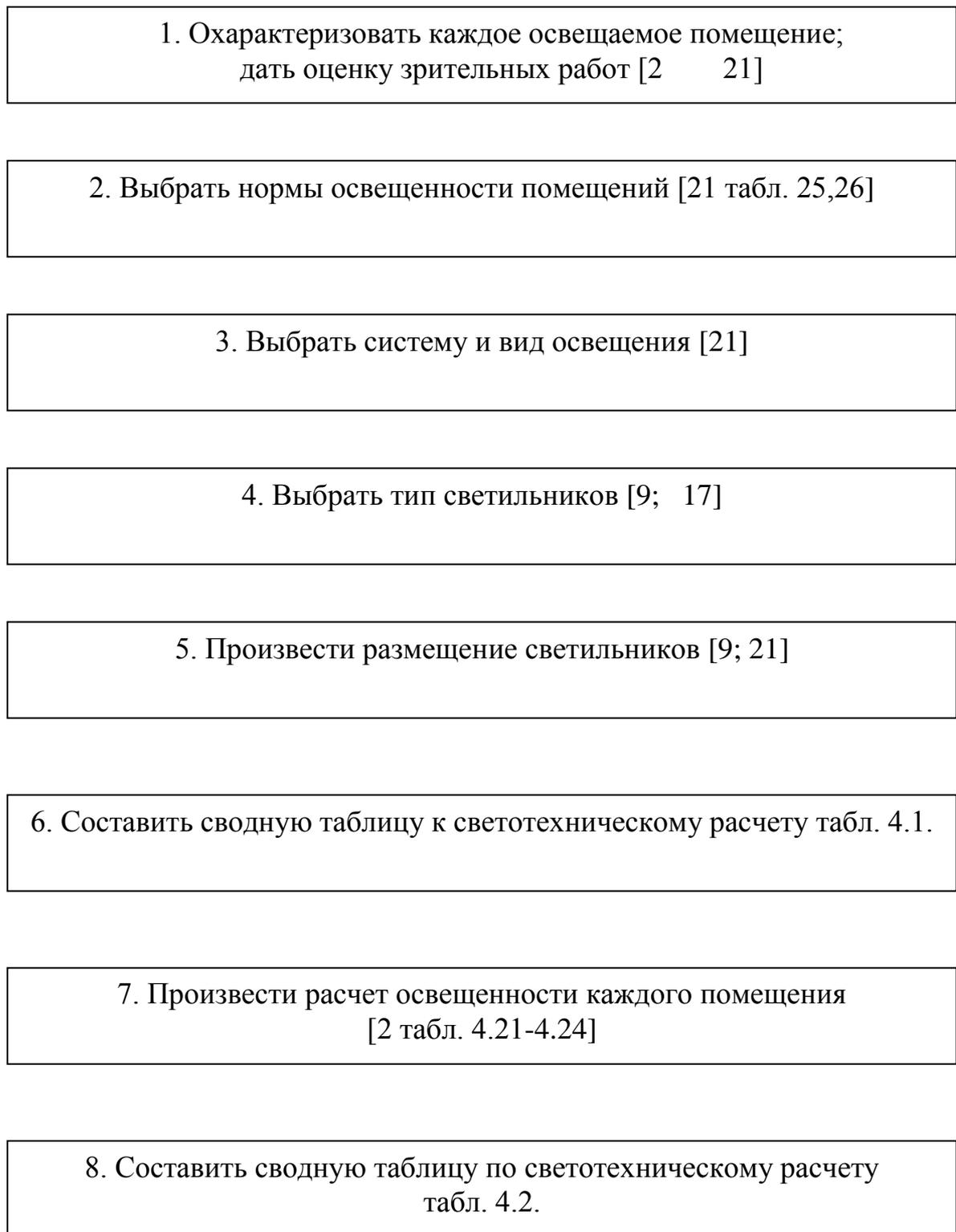


Рис. 4.1. Алгоритм выполнения светотехнического расчета /разделы 4.1-4.3/

Б. Электрический расчет

4.5. Выбор принципиальной схемы сетей освещения

После выполнения светотехнического расчета необходимо приступить к составлению схемы питания светильников и групповых щитков. При этом необходимо из числа светильников общего освещения выделить светильники аварийного освещения для продолжения работы или эвакуации людей. Если освещение предполагается выполнять светильниками типа ДЛР, то для аварийного освещения необходимо применять светильники с лампами накаливания.

Светильники распределяются по группам. Нагрузка каждой группы должна быть такой, чтобы ток аппаратов защиты не превышал 25А, а при лампах накаливания мощностью выше 125Вт – был не более 63А. Кроме того, ограничивается число ламп, подключенных к одной группе. Так, при светильниках с люминесцентными лампами с количеством ламп в светильнике более двух в линиях, питающих световые панели, ламп должно быть не более 50 шт. на фазу, а в светильниках с лампами накаливания – не более 20 шт. на фазу /включая штепсельные розетки/.

Для местного и переносного освещения напряжения 12, 24, 36В применяется для светильников с лампами накаливания и 110В – для люминесцентных ламп. Выбор величины напряжения для местного и переносного освещения зависит от классификации помещений по степени опасности поражения людей электрическим током.

Групповые линии светильников с люминесцентными лампами и лампами накаливания защищают однофазными автоматами, а светильников с лампами типа ДЛР – 3-х фазными при необходимости снижения стробоскопического эффекта.

В этом разделе на отдельных листах, помещенных в расчетно-пояснительную записку, вычеркиваются:

1. Схема питания освещения от шин низкого напряжения подстанции.
2. План размещения электрических сетей освещения в цехе.

Данные раздела 4.5. внести в таблицу 4.2.

Таблица разбивки светильников на группы питания.

Таблица 4.2.

№ п/п	Номер группы	Наименование помещений	Кол-во светильников в группе (шт.)	Расстояние до наиболее удаленного светильника (м)	Установленная мощность светильников группы (кВт)
1	2	3	4	5	6

4.6. Расчет и выбор марок и сечений проводников осветительных сетей по току нагрузки

Для выбора сечений проводников осветительной сети по току нагрузки (нагреву) необходимо знать передаваемую по ним мощность и, соответственно, определенное значение тока нагрузки. Расчетная мощность определяется как произведение установленной мощности на коэффициент спроса:

$$P_p = K_c \cdot P_n \quad /4.5/$$

где P_p – расчетная мощность, кВт.

P_n - установленная мощность, кВт.

K_c - коэффициент спроса, $K_c = 0,8-1,0$

С учетом потерь в пускорегулирующей аппаратуре для люминесцентных ламп $P_p = 1,25 \cdot K_c \sum P_i$ /кВт/ /4.6/

для ламп ДЛР $P_p = 1,12 K_c \sum P_i$ /кВт/ /4.7/

Ток в фазовых проводах определяется по следующим формулам:

для однофазных линий: $I_p = \frac{1000 \cdot P}{V_\phi \cdot \cos \varphi} \approx 4,5 \frac{P_p}{\cos \varphi}$ /4.8/

для двухфазных линий с нулевым проводом:

$$I_p = \frac{1000 \cdot P}{2V_\phi \cdot \cos \varphi} \approx 2,3 \frac{P_p}{\cos \varphi} \quad /4.9/$$

для 3-х фазных линий:

$$I_p = \frac{1000 \cdot P}{3V_\phi \cdot \cos \varphi} \approx 1,5 \frac{P_p}{\cos \varphi} \quad /4.10/$$

где P_3 - расчетная мощность группы и линий, кВт.

$\cos \varphi$ - 1 для ламп накаливания.

$\cos \varphi$ - 0,95 для люминесцентных ламп низкого давления.

$\cos \varphi$ - 0,57 для ламп типа ДРЛ.

Во второй формуле коэффициенты даны для системы 380/220В.

По найденным значениям токов нагрузки выбираются сечение, марка провода и аппаратуры защиты, как это выполнялось в разделе 3.2.

При выборе сечений проводников необходимо учитывать, что для газоразрядных ламп сечение нулевого провода следует выбирать равным фазному, потому что пускорегулирующие устройства создают токи высших гармоник (в основном третьих) и в нулевом проводе ток может достигнуть 75% от тока фазы. Если при прокладке в трубе для ламп накаливания нулевой проводник не учитывается, при определении числа проводов, то для газоразрядных ламп он должен учитываться.

Данные раздела 4.6 внести в таблицу 4.3.

4.7. Расчет сетей освещения по потере напряжения

при передаче электроэнергии от источников питания к потребителям неизбежны потери напряжения. Длительное снижение напряжения от номинального у

наиболее удаленных ламп рабочего (внутреннего освещения, а также прожекторных установок наружного освещения должно быть не более 2,5% рабочего и аварийного освещения для жилых помещений – не более 5%).

Сети освещения общественных зданий при аварийном режиме не более 12%.

В сетях напряжением 12-42В снижение напряжения от номинального не должно превышать 10%.

Наибольшее напряжение на лампах не должно превышать 105% номинального напряжения ламп.

Потеря напряжения на отдельных участках сети при равномерной нагрузке:

$$\Delta V = \frac{M}{C \cdot S}, \% \quad /4.11/$$

где $M = P \cdot \ell$ - момент нагрузки (т.е. произведение нагрузки на расстояние до точки ее приложения) кВт · м

C – постоянная, зависящая от рода тока, напряжения проводимого материала и схемы подключения светильников. Для алюминиевых проводников значение C составляет:

44 - для 3-х фазных линий 380/220В.

19,5 – для линий из 2-х фазовых и нулевого провода системы 380/220В.

7,4 – для однофазных линий $V = 220В$.

0,98 – для однофазных линий $V = 36В$.

0,088 – для однофазных линий $V = 24В$.

0,022 – для однофазных линий $V = 2В$.

S – сечение проводника, выбранное по току нагрузки, мм².

Моменты нагрузки для алюминиевых проводников приведены в таблице 6.2. /9/, 6.11 и 6.12 [22]

При определении моментов нагрузки могут встречаться следующие случаи:

1. Линия с одной нагрузкой $M = P \cdot \ell$, рис. 4.1./а/.

2. Линия с несколькими произвольно-распределительными нагрузками, рис. 4.1.б.

$$M = /P_1 + P_2 + P_3 / \cdot \ell_1 + /P_2 + P_3 / \cdot \ell_2 + P_3 \cdot \ell_3 \quad /4.12/$$

3. Линия с равномерно распределенными нагрузками

рис. 4.1.в. $M = \lambda \cdot \Sigma P_1$ /4.13/

где λ - расстояние до центра нагрузки, м.

4. Линия с ответвлениями /рис. 4.1.г./. В этом случае определяют момент нагрузки по пути тока и P_2 :

$$M_1 = /P_1 + P_2 + P_3 + P_4 / \cdot \ell_0 + /P_1 + P_2 / \cdot \ell_1 + P_2 \cdot \ell_2$$

и момент нагрузки по пути тока к P_4 :

$$M_2 = /P_1 + P_2 + P_3 + P_4 / \cdot \ell_0 + /P_3 + P_4 / \cdot \ell_3 + P_4 \cdot \ell_4$$

В данном случае при одинаковых сечениях и схеме сети потерю напряжения определяют только для большего момента нагрузки. Найденная суммар-

ная потеря по участкам сети от ТП или КТП по наиболее удаленного светильника сравнивается с допустимой:

$$\Delta V_{\text{доп}} \geq \sum_I^n \Delta V$$

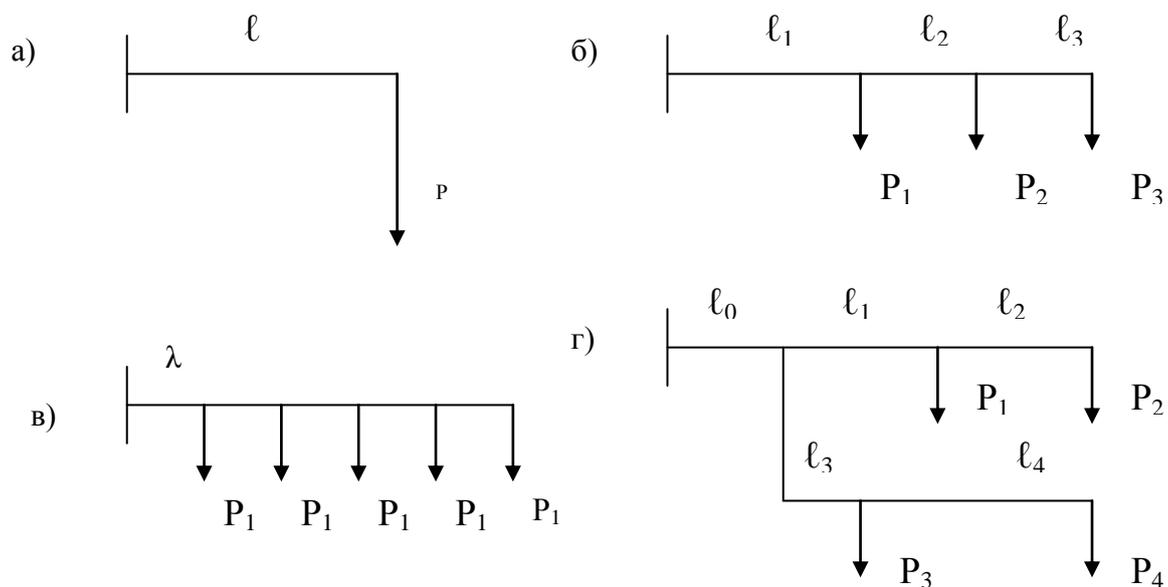


Рис. 4.1. Определение моментов нагрузки

Данные раздела 4.7. внести в таблицу 4.3.
Сводная таблица расчета осветительных сетей.

Таблица 4.3.

№ п/п	Номер группы	Расчетная нагрузка кВт	Расчетный ток А	Момент нагрузки кВт/м	Сечение провода мм ²	Марка провода	Потеря напряжения $\Delta V\%$	Защитная аппаратура		
								Тип автомата	Тип расцепителя	I _{уст.} расцепителя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

1. Распределить светильники по группам в соответствии с рекомендациями раздела 4.5. /9/ /22/	
2. Составить таблицу 4.2., распределения светильников на группы	
3. Определить расчетные мощности каждой группы светильников, формула 4.5. /22/	
4. Определить расчетные токи каждой группы светильников формулы 4.8-4.0 /9/	
5. Выбрать марки и сечения осветительных приборов по токам нагрузки /9/	
6. Выбрать защитную аппаратуру по токам нагрузки /9/ /22/	
7. Определить потерю напряжения на участках осветительной сети /9/ /22/	
8. Составить сводную таблицу расчета осветительных сетей таблица 4.3.	

Рис. 4.2. Алгоритм выполнения разделов 4.5-4.7.

4.8. Выбор и размещение на плане цеха групповых и магистральных щитов освещения

выбор щитов освещения производится аналогично выбору распределительных устройств напряжением до 1000В /см. рис.3.7. раздел 3.4./.

4.9. Расчет питающей осветительной сети

Данный расчет включает в себя:

1. Определение расчетного тока в линии от шин низкого напряжения подстанции до распределительного щита освещения цеха.
2. Выбор марки и сечения кабеля осветительной питающей сети.
3. Проверку выбранного кабеля по потере напряжения.

Зная установленную осветительную мощность цеха, коэффициент спроса и коэффициент мощности подсчитывается расчетный ток в линии:

$$I_{\text{расч.}} = \frac{P_y \cdot K_c}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}, A \quad /4.14/$$

где P_y - установленная мощность осветительных установок цеха, кВт.

K_c – коэффициент спроса.

V_n - номинальное напряжение, кВт.

По найденному току определяется ток теплового расцепителя автоматического выключателя, и по таблице 8.9 [22] находится тип автомата. Затем по расчетному току выбирается марка и сечение кабеля, проверяется – защищает ли автомат кабель при коротком замыкании, по условию $I_{\text{ном.}} A \leq I_{\text{доп.}}$ кабеля. Выбранное сечение кабеля проверяется по потере напряжения.

$$\Delta V = \frac{P_{po} \cdot K_o \cdot \ell}{V_n \cdot 100} \cdot \frac{100}{V_n} \% \quad /4.15/$$

где P_{po} – расчетная мощность освещения, кВт

K_o – удельное сопротивление кабеля, м/км.

ℓ - длина осветительного кабеля, км.

V - номинальное напряжение, кВ.

Если выполняется условие, $\Delta V \leq_{\Delta} V_{доп}$, то сечение кабеля выбрано правильно. В противном случае, необходимо увеличить сечение кабеля и повторить расчет.

1. Выбрать и разместить на плане цеха групповые и магистральные осветительные щиты.	
2. Определить расчетный ток в питающей линии осветительной сети, формула /4.14/. [22]	
3. Определить ток теплового расцепителя, выбрать тип автоматического выключателя [9; 22]	
4. Выбрать марку и сечение питающего кабеля освещения [9; 22]	
5. Проверить сечение кабеля по потере напряжения, формула /4.15/ [9] [22]	
6. Проверить выполнение условия $\Delta V \leq_{\Delta} V_{доп}$ [9; 22]	

Рис. 4.3. Алгоритм выполнения разделов 4.8 и 4.9.

Г Л А В А 5

Электроснабжение цехового электрооборудования

В этом разделе необходимо:

1. Определить расчетный ток силового кабеля от шин низкого напряжения подстанции до распределительного силового пункта цеха.

ВНИМАНИЕ! В случае, если освещение питается не отдельным кабелем от подстанции, а совместно с силовой нагрузкой, то установленную силовую мощность цеха необходимо увеличить на величину установленной осветительной мощности цеха, то есть:

$$P_{расч.} = P_{у.с.} \cdot K_{с_c} / + P_{у.с.} \cdot K_{с_o} / \quad /5.1/$$

где $P_{расч.}$ - расчетная мощность цеха, кВт.

$P_{уст.}$ - установленная силовая мощность, кВт, /см. табл. 3.3./

$P_{у.о.}$ - установленная осветительная мощность, кВт. /см. табл. 43/

$K_{с_c}$ – коэффициент спроса силовой нагрузки.

$K_{с_o}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки.

$$I_{расч.} = \frac{S_{расч.}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}, A \quad /5.2/$$

2. По расчетному току определить тип защитного аппарата силового кабеля.

3. Выбрать по расчетному току марку и сечение силового кабеля.

4. Проверить, защищает ли защитный аппарат кабель при коротком замыкании.

5. Проверить сечение кабеля по потере напряжения

$$\frac{P_{расч.} \cdot r_0 \cdot \ell}{V_n \cdot 1000} \cdot \frac{100}{V_n} \% \quad /5.3/$$

6. Проверить выполнение условия:

$$\Delta V \leq_{\Delta} V_{доп.}$$

7. Составить расчетную однолинейную электрическую схему силовой сети /см. пример рис.5/.

1. Определить расчетный ток силового кабеля /см. формулу 5.1./ [11; 22]	
2. Определить тип защитного аппарата по расчетному току [11; 22]	
3. Выбрать марку и сечение силового кабеля [22]	
4. Проверить защиту кабеля от короткого замыкания [11; 22]	
5. Проверить сечение кабеля по потере напряжения /см. формулу 5.3./ [22]	
6. Проверить выполнение условия $\Delta V \leq V_{дон}$ [22]	
7. Составить однолинейную схему электроснабжения цеха	

Рис. 5.1. Алгоритм выполнения раздела 5.

5. Однолинейная схема электроснабжения цеха

Шины НН на п/ст	
Тип автомата	А3114
Ном. ток расцепителя	100
Марка кабеля	ААБ
Сечение кабеля	/3x16/
Расчетный ток, А	96,5
Длина линии, м	30
Способ прокладки	в земле
Номер и тип распределительного пункта	№ 1 ЯБПВ-1
Тип предохранителя	НН2-100
Ток плавкой вставки, А	100
Марка провода	АПРТО
Способ прокладки	в трубе
Сечение провода	3 /1x25/
Расчетный ток, А	71,4
Диаметр трубы	$1\frac{1}{4}$
Длина линии, м	18
Номер и тип шинопровода	№1 ШРС-64-У1456 /КПШ/
Сечение шинопровода	/3x20/
Расчетный ток, А	71,4
Длина шинопровода, м	12
Тип предохранителя	НПН-60
Ток плавкой вставки	15
Марка провода	АПРТО
Способ прокладки	в трубе
Сечение провода	3 /1x25/
Расчетный ток, А	4,4
Диаметр трубы	$\frac{1}{2}$
Длина линии, м	8
Тип магнитопускателя	
Тепловое реле	
Ном. ток теплового элемента, А	
Кнопка управления	
Номер по плану, мощность	
Наименование производственного механизма	

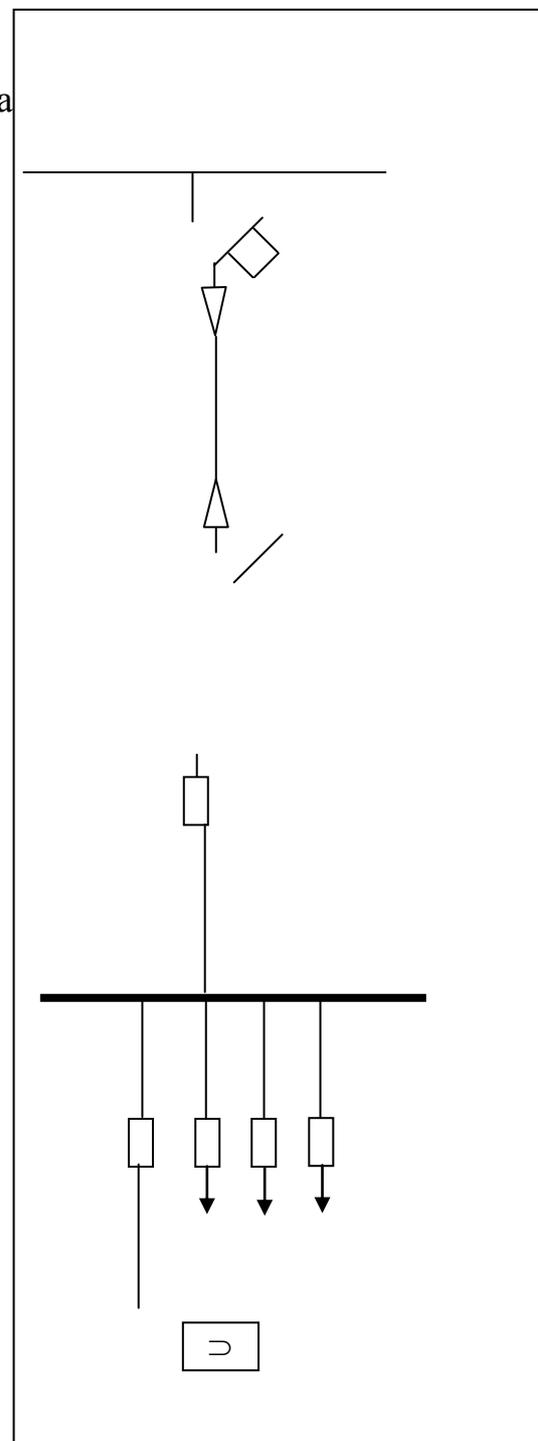


Рис. 5. Универсальный плоскошлифовальный станок 3Г71

Г Л А В А 6

Вопросы охраны труда, охраны окружающей среды, техники безопасности и противопожарной защиты

При изложении вопросов охраны труда необходимо отразить мероприятия по промышленной санитарии, увязав их с охраной окружающей среды. При изложении раздела техники безопасности следует привести квалификационные группы персонала, обслуживающего электроустановки, указать требования к персоналу в части проверки его знаний и умений, уточнить какой инструктаж (общий и перед началом работы) следует пройти этому персоналу.

Особенно подробно необходимо описать:

1. Заземление силового электрооборудования в цехе.
2. Заземление осветительных установок в цехе.
3. Эксплуатацию переносных электроинструментов.
4. Защитные средства, применяемые при эксплуатации:
 - а) силового электрооборудования;
 - б) осветительных установок.
5. Требования, предъявляемые к защитным средствам пользования ими, порядок их хранения и периодичность проверок.
6. Условия безопасности при производстве работ без снятия напряжения в действующей установке напряжением до 1000В.

кроме вопросов техники безопасности рассмотреть необходимые противопожарные мероприятия при производстве работ с повышенной пожароопасностью (сварочные, хранение горючих и взрывчатых веществ и др.).

Составить ведомость специального противопожарного оснащения по форме:

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Кол-во
1.	Ящик с песком	шт.	2
2.	Огнетушитель углекислотный ОУ-2	шт.	2
3.	Плакаты по пожарной безопасности и т.д.	комплект	1

Г Л А В А 7

Специальная часть проекта

Специальная часть проекта выполняется по заданию преподавателя

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. ПУЭ-14. –М., Атомиздат, 2014.
2. Справочник по проектированию электропривода силовых и осветительных установок / Под ред. Я.М. Большама, В.И. Кругловича, М.Л. Самовера. М. Энергия – 2013.
3. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей. Под редакцией Я.М. Большама. М.: Энергия, 2016
4. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. Под общей редакцией А.А. Федорова, Г.В. Сербиновского. М.: Энергия, 1980.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. «Проминь», 1977.
6. Указания по проектированию силового электрооборудования промышленных предприятий. /СН-357-66/. Стройиздат, 1967.
7. Г.М. Кнорринг. Осветительные установки. Ленинград: Энергоиздат, 1981.
8. Б.Ю. Липкин. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М.В. школа, 1981.
9. ГОСТ ССБТ 12.2.008 – 75 – 12.2.034-78. Москва, 2016.
10. П.А. Долин. Справочник по технике безопасности. М.: Энергия, 2014.