МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность







Екатеринбург
2022

Пожарная безопасность электроустановок: Методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность / сост.: И.Г. Сафронова, Н.В. Шнайдер. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 80 с.

Составители:

Сафронова И.Г., начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат педагогических наук, доцент.

Шнайдер Н.В., доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, кандидат психологических наук, доцент.

В методических указаниях даны рекомендации и требования к выполнению курсового проекта по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок», целью выполнения, которого является формирование у обучающихся знаний и умений, необходимых для решения вопросов, связанных с надзором за обеспечением пожарной безопасности электроустановок при их проектировании, монтаже и эксплуатации.

Выполнение курсового проекта позволяет приобрести навыки пользования нормативными документами, справочной литературой и стандартами при проверке соответствия запроектированного электрооборудования требованиям пожарной безопасности, проверочного расчета электрических сетей и молниезащиты.

Методические указания по выполнению курсового проекта предназначены для обучающихся по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность.

Рассмотрены, одобрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств Уральского института ГПС МЧС России, протокол № 13 от 09.06.2022.

© Уральский институт ГПС МЧС России, 2022
© Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств, 2022

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Требования к содержанию и оформлению Курсового проекта……..4

Глава 1. Характеристика технологического процесса и среды, окружающей электроустановки……12

Глава 2. Расшифровка маркировки и проверка соответствия запроектированного электрооборудования классу зоны по ПУЭ…….....17

Глава 3. Проверочные расчёты электрических сетей……30

Глава 4. Молниезащита…….…48

Глава 5. Заключение о соответствии запроектированного электрооборудования требованиям пожарной безопасности и ПУЭ……...……57

Литература…….61

Приложение 1. Однолинейная расчётная схема силовой и осветительной сети.
Приложение 2. Схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (по результатам реального расчёта).
Приложение 3. Примерная схема зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (здания со взрывоопасными зонами В-Iа и В-Iг): $h_{зад} \leq h_{min}$;
Приложение 4. Примерная схема зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (здания со взрывоопасными зонами В-Iа и В-Iг): $h_{зад} > h_{min}$;
Приложение 5. Примерная схема зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (здания со взрывоопасной зоной В-I): $h_{зад} \leq h_{min}$;
Приложение 6. Примерная схема зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода (здания со взрывоопасной зоной В-I): $h_{зад} > h_{min}$;
Приложение 7. Примерная схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (здания со взрывоопасными зонами В-Iа и В-Iг): $h_{зад} \leq h_{min}$;
Приложение 8. Примерная схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (здания со взрывоопасными зонами В-Iа и В-Iг): $h_{зад} > h_{min}$;
Приложение 9. Примерная схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (здания со взрывоопасной зоной В-I): $h_{зад} \leq h_{min}$;
Приложение 10. Примерная схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода (здания со взрывоопасной зоной В-I): $h_{зад} > h_{min}$;
Приложение 11. Справочные материалы.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Общие требования

Выполнение курсового проекта является важной частью инженерной подготовки специалистов в области обеспечения пожарной безопасности и проводится с целью систематизации, закрепления и углубления полученных в процессе изучения дисциплины знаний. При этом курсанты, слушатели и студенты приобретают навыки самостоятельной творческой работы, анализа и умения грамотно и логически обоснованно излагать свои мысли, качественно оформлять результаты практической деятельности в служебной документации.

Прежде, чем приступить к выполнению курсового проекта необходимо: изучить теоретический материал отдельных тем, ознакомиться с методическими указаниями, примерами решения задач, подобрать рекомендуемую нормативную, справочную и учебную литературу.

Курсовой проект выполняется в соответствии с данными Методических указаний (2022 г). Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка состоит из следующих частей, которые подшиваются в папку-скоросшиватель (установленной на кафедре формы) в указанной ниже последовательности:

- Титульный лист;
- Задание на выполнение курсового проекта;
- Содержание;
- Введение;
- Глава 1. Характеристика технологического процесса и среды, окружающей электроустановки;
- Глава 2. Расшифровка маркировки и проверка соответствия запроектированного электрооборудования классу зоны по ПУЭ;
- Глава 3. Проверочные расчёты электрических сетей;
- Глава 4. Молниезащита;
- Глава 5. Заключение о соответствии запроектированного электрооборудования требованиям пожарной безопасности и ПУЭ;
- Литература;

Графическая часть.

Пояснительная записка выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата А4 (297×210мм). Текст пояснительной записки выполняется на персональном компьютере (размер шрифта Times New Roman-14) на одной стороне листа. Сокращения слов в пояснительной

записке не допускаются. Каждая страница должна иметь поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее – 10 мм, нижнее – 10 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым и составлять 1,25 см, выравнивание текста – по ширине страницы. Все листы пояснительной записки должны иметь рамку установленного образца и основную надпись в соответствии с ГОСТ Р 21.1101 (пример приведен в образце выполнения курсового проекта по главам). Без рамки оформляются: титульный лист и содержание пояснительной записки. Каждую ГЛАВУ следует начинать с нового листа (страницы) и проставлять рамку как для первого листа текстового документа, на остальных листах пояснительной записки – как для последующих листов текстового документа. В верхней части рамки указывается идентификационный номер, имеющий приведенную ниже структуру.

КП 20.05.01.XXXXXX–2023, что соответствует: специальность (направление подготовки), номер зачетной книжки, год выполнения курсового проекта.

Страницы курсового проекта должны быть пронумерованы арабскими цифрами. Титульный лист включается в общую нумерацию, но на нем номер не проставляется. На следующих страницах номер проставляется внизу страницы посередине.

Заголовки разделов и глав пишутся прописными буквами. Заголовки подразделов − строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы слов в заголовках не допускаются. Точка в конце заголовка не ставится. Заголовки выделяются жирным шрифтом.

Расстояние между заголовками и текстом должно быть равно 1-2 интервалам. Каждую главу следует начинать с нового листа (страницы).

Практические расчёты должны быть последовательными, с номерами и описанием каждого действия.

Графическая часть включает в себя два листа формата А3 (420×297 мм) и содержит:

Приложение 1. Однолинейная расчетная схема силовой и осветительной сети;

Приложение 2. Схема зоны защиты одиночного стержневого (тросового) молниеотвода.

Список используемой литературы необходимо привести в конце пояснительной записки на отдельной странице с соблюдением всех требований к библиографическому описанию.

Курсовой проект представляется ведущему преподавателю на проверку в полном объёме (в чистовом варианте). Курсовой проект, выполненная не по своему варианту, не в полном объёме и с другими грубейшими нарушениями, не проверяется и подлежит возврату. Срок сдачи курсового проекта определяется ведущим преподавателем или графиком учебного процесса. Курсовой проект проверяется в течение 7 дней.

Замечания проверяющего отмечаются на страницах пояснительной

записки. Листы с замечаниями проверившего курсовой проект не удаляются. Исправления в тексте пояснительной записки не допускаются. Исправление выполняется аккуратным разборчивым почерком «от руки» на чистой (обратной) странице предыдущего листа напротив допущенной ошибки.

Курсовой проект допускается «К защите», о чём должна быть соответствующая запись проверившего курсовой проект преподавателя. Защита курсового проекта проводится в соответствии с принятым на кафедре порядком

Титульный лист

Титульный лист оформляется и выполняется в соответствии с приведённым ниже примером. На титульном листе пояснительной записки должны быть указаны:

- наименование министерства, учебного заведения и кафедры, на которой выполняется курсовой проект;
- дисциплина, по которой выполняется курсовой проект;
- тема курсовой проекта и вариант задания;
- звание, должность, факультет, фамилия и инициалы курсанта (слушателя), выполнившего курсовой проект;
- звание, должность, фамилия и инициалы проверяющего курсовой проект;
- город и год выполнения курсового проекта.

Следует обратить внимание на точное и полное написание темы курсовой проект, взятой из Заданий на выполнение курсового проекта в соответствующих клетках номера варианта и технологического процесса, с указанием обращающегося вещества, наличия вентиляции и т.п. Наименование темы начинается словами «Проверка соблюдения требований пожарной безопасности при проектировании электрооборудования…», а далее идёт название помещения, установки.

При отсутствии сведений о проверяющем курсового проекта, можно указать данные, приведённые в примере.

Титульный лист полностью выполняется на персональном компьютере, дописывания «от руки» не допускаются.

См. Пример выполнения Титульного листа на стр.8.

Задание на выполнение курсового проекта

Форма Задания на выполнение курсового проекта приведена в Заданиях на выполнение курсового проекта и в нижеуказанном примере, а также в Приложении 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний.

Задание полностью заполняется на персональном компьютере (дописывания «от руки» не допускаются). Задание может полностью заполнятся аккуратным, разборчивым почерком «от руки».

Следует обратить внимание на следующее. Технологический процесс указывается полностью таким, каким он указан в варианте Задания на курсовой проект. В обозначениях маркировок взрывозащиты, марок проводов и кабелей указываются заглавные прописные, написанные чётко (при написании «от руки»), буквы. Способ прокладки проводов (кабелей) необходимо указать не цифрами из примечаний к таблицам, а словами из тех же примечаний. Напоминание: десятичные дроби пишутся с запятой, а не с точкой. Например: 2,5.

Срок сдачи, который необходимо указать, определяется ведущим преподавателем или графиком учебного процесса. Курсанту (слушателю, студенту) необходимо поставить свою подпись в указанном месте. Ведущий преподаватель также ставит свою подпись после проверки данных Задания.

См. Пример Задания на выполнение курсового проекта на стр.9.

Содержание

Содержание должно включать в себя наименование всех глав, разделов и подразделов (если они имеют наименования) с указанием номеров страниц, на которых размещается их начало. Указанные в содержании номера страниц должны соответствовать тексту пояснительной записки (проверить).

См. Пример выполнения Содержания на стр.10.

Введение

Введение к курсовому проекту должно быть кратким. Во введении можно показать общее состояние дел по развитию электротехнической отрасли страны, обстановку с пожарами от электрических причин, общее направление надзорной деятельности органов МЧС по предупреждению пожаров в электроустановках.

См. Пример выполнения Введения на стр.11.

МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок»

На тему: Проверка соблюдения требований пожарной безопасности при проектировании электрооборудования помещения лаконаливных машин деревообрабатывающего предприятия (лак на основе растворителя АКР). Имеется приточно-вытяжная вентиляция.

Вариант № 08

Выполнил:
Курсанта (студента) учебной группы ПБ (ПБв)-031 факультета пожарной и техносферной безопасности (управления и комплексной безопасности), специальность 20.05.01 Пожарная безопасность, зачетная книжка № 135008
Иванов А.А.

Проверил:
Начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, к.п.н., доцент, полковник вн. сл. Сафронова И.Г.

Екатеринбург
2023

З А Д А Н И Е
на выполнение курсового проекта
по дисциплине «Пожарная безопасность электроустановок»

Курсант (слушатель, студент) Иванов В.В.
Вариант № 08 Курс 3 Группа ПБ-031
Технологический процесс: Помещение лаконаливных машин деревообрабатывающего предприятия (лак на основе растворителя АКР). Имеется приточно-вытяжная вентиляция.

Маркировка запроектированного электрооборудования по взрывозащите:

Электрические машины (электродвигатели)						
маркировка	1ExdIIBT1	1ExpIIT6	П1Г	Н2Б	B4T2	Ⓑ
Электрические аппараты и приборы (магнитные пускатели)						
маркировка	0ExiaIICT5	НМА	МОД	С3А	В1Г	
Электрические светильники						
маркировка	Н0А	1ExedIIAT3				

Расчетные данные 1 участка

Трансформатор		Коэффициент мощности суммарной нагрузки	Кабель				$P_{уст.}^{ЩС}$, кВт
мощность $S_т$, кВ·А	коэффициент загрузки		марка	количество жил и сечение	способ прокладки	l, м	
1000	0,8	0,9	АСБ	3×95 + 1×35	в земле	175	130

Расчетные данные 2 участка

Предохранитель		Кабель (провод)				Электродвигатель			
тип	$\frac{I_{н.пр.}}{I_{н.вст.}}$, А	марка	количество жил и сечение	способ прокладки	l, м	$P_н$, кВт	cosφ	η, %	$K_п$
ПР-2	600/350	НРБ	3×6+1×4	на лотке	70	30	0,65	87	6,5

Расч. данные 3 участка				**Расчетные данные 4 участка**						
Кабель (провод)			$P_{уст.}^{ЩО}$, кВт	Автомат		Провод			Светильн.	
марка	кол-во жил и сечение	способ прокладки		тип	$I_{н.тепл.}$ $(I_{ср.эл.м.})$, А	марка	кол-во жил и сечение	способ прокладки	n, шт.	$P_{н.}$, Вт
ПРТО	4×25	в трубе	12	А3161	25	АПР	2(1×4)	На скобах	20	150

Расчетные данные запроектированной молниезащиты

Размеры здания (сооружения)			Молниеотвод		Надежность защиты
S, м	L, м	$h_х$, м	тип	высота, м	
4,5	18	4,0	Одиночный тросовый	6,0	0,99

Срок сдачи: «___» _____
(по графику учебного процесса)

Курсант (слушатель) _____ Преподаватель _____
(подпись) (подпись)

Примечание: Данные, приведённые в Задании, не соответствуют указанному номеру варианта.
Приведены наиболее характерные маркировки взрывозащищённого электрооборудования.

.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение…….3

Глава 1. Характеристика технологического процесса и среды, окружающей электроустановки……4
1.1. Краткое описание технологического процесса…… 4
1.2. Определение физико-химических свойств вещества, обращающегося в производстве……...7
1.3. Определение класса зоны по ПУЭ…… 10
1.4. Определение категории и группы взрывоопасной смеси……12
Глава 2. Расшифровка маркировки и проверка соответствия запроектированного электрооборудования классу зоны по ПУЭ……....14
2.1. Электрические машины (электродвигатели)…….14
2.2. Электрические аппараты и приборы (магнитные пускатели)….17
2.3. Электрические светильники……....20
2.4. Электропроводки и кабельные линии.....23
Глава 3. Проверочные расчёты электрических сетей…….…..25
3.1. Тепловой расчёт ответвления к двигателю с короткозамкнутым ротором (силовая сеть, 2 участок)……..27
3.2. Расчёт силовой сети по потере напряжения……..29
3.3. Расчёт силовой сети по условиям короткого замыкания…….31
3.4. Тепловой расчёт осветительной сети (4 участок)…….33
3.5. Проверка соответствия сечения кабеля (провода) магистральной линии осветительной сети рабочему току (3 участок)……34
3.6. Проверка соответствия сечения кабеля (провода) магистральной линии силовой сети рабочему току (1 участок)……35
Глава 4. Молниезащита…….37
Глава 5. Заключение о соответствии запроектированного электрооборудования требованиям пожарной безопасности и ПУЭ……..39

Литература…….42

Приложение 1. Однолинейная расчётная схема силовой и осветительной сети.
Приложение 2. Схема зоны защиты одиночного стержневого (тросового) молниеотвода.

ВВЕДЕНИЕ

Электрическая энергия, электроустановки самых различных видов находят широчайшее, массовое применение в промышленности, в сельском хозяйстве, в других отраслях народнохозяйственной деятельности государства, в бытовом обслуживании населения и в быту.

Однако использование электрической энергии связано с повышенной пожарной опасностью, опасностью возникновения пожаров и взрывов от электрических причин при эксплуатации электроустановок в пожароопасных и взрывоопасных производствах, в жилых и общественных зданиях.

Количество пожаров от электроустановок всё возрастает. Анализ статистических данных показывает, что ежегодно в России происходит более 50 тысяч пожаров от электрических изделий, что составляет 20,5% от общего количества пожаров в стране. Чаще всего пожары от электроустановок возникают в жилом секторе (70-75%), что связано с неквалифицированной эксплуатацией, несоблюдением инструкций по эксплуатации электрических изделий. На промышленных объектах ежегодно возникает около 7% пожаров (электроустановки эксплуатируются квалифицированным персоналом), однако масштабы и ущерб от них значительны.

Наиболее действенный и перспективный путь снижения пожарной опасности электроустановок заключается в предотвращении (профилактике) пожаров. Проектирование и монтаж электрооборудования следует производить с учётом конкретных условий его эксплуатации. Порядок проектирования, монтажа и эксплуатации электрооборудования строго регламентирован нормативными документами по пожарной безопасности.

Для обеспечения пожарной безопасности, а также длительной и безопасной работы электрооборудования одним из важнейших факторов является его конструктивное соответствие окружающей среде. Кроме того, следует обезопасить электрооборудование от аварийных режимов работы: КЗ, перегрузки и большие переходные сопротивления в электрических сетях и электрооборудовании.

Имеют место также пожары от разрядов молнии и статического электричества.

Перед работниками пожарной охраны стоят задачи качественного исполнения надзорных функций в области пожаробезопасного и взрывобезопасного применения электроустановок, а именно, контроль за правильностью выбора электрооборудования по условиям окружающей его среды, монтажа и эксплуатации, применения аппаратов защиты, проведения инженерных расчётов, соблюдения режимных мероприятий.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И СРЕДЫ, ОКРУЖАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

1.1. Краткое описание технологического процесса

Необходимо кратко описать технологический процесс с учётом данных своего варианта и свойств веществ, обращающихся в производстве, описать пожарную опасность технологического процесса и меры пожарной профилактики. При описании технологического процесса необходимо писать про заданные в варианте вещества (материалы), а не про абстрактные ЛВЖ, ГЖ, горючие газы.

См. Пример описания технологического процесса на стр.13.

1.2. Определение физико-химических свойств вещества, обращающегося в производстве

Здесь необходимо описать физико-химические свойства вещества, обращающегося в помещении или у наружной установки, руководствуясь справочником «Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения» [6].

См. Пример описания физико-химических свойств вещества на стр.16.

1.3. Определение класса зоны по ПУЭ

Определить класс зоны в помещении (или у наружной установки) с заданным технологическим процессом и описанными физико-химическими свойствами вещества, обращающегося в производстве. Обратить внимание на информацию о наличии приточно-вытяжной вентиляции, и прочее, связанное с определением класса зоны по ПУЭ. Дать определение этому классу зоны по ПУЭ. Классификация взрывоопасных зон приведена в ПУЭ **7.3.40 – 7.3.46**.

См. Пример определения класса зоны по ПУЭ на стр.16.

1.4. Определение категории и группы взрывоопасной смеси

Определить категорию и группу взрывоопасной смеси горючего газа или паров ЛВЖ с воздухом, обращающихся в заданном в производстве, по **таблице 7.3.3.** «Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам» ПУЭ.

См. Пример определения категории и группы взрывоопасной смеси на стр.16.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И СРЕДЫ, ОКРУЖАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

1.1. Краткое описание технологического процесса

Помещение лаконаливных машин деревообрабатывающего предприятия (лак на основе растворителя АКР). Имеется приточно-вытяжная вентиляция.

Наиболее перспективным способом окраски и лакировки мебельных изделий является лаконалив. Принцип работы лаконаливной машины показан на рис. 1.

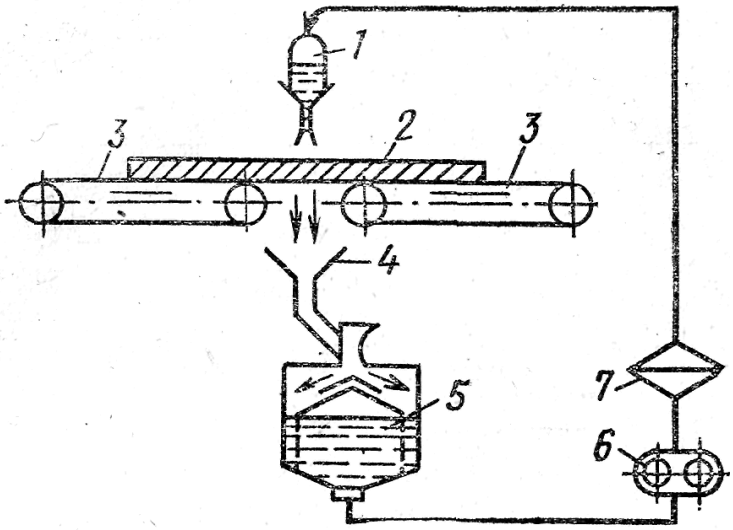


Рис. 1. Схема работы лаконаливной машины:
1 — наливочная головка; 2— лакируемое изделие; 3 — транспортирующие устройства;
4 — приемный лоток; 5 — отстойный бак; 6 — насос; 7 — фильтр

Лакокрасочные материалы (лак на основе растворителя АКР) подают на изделие из наливочной головки в виде плоской завесы, перекрывающей всю ширину изделия. Не попавший на изделие лакокрасочный материал (ЛКМ) стекает через приемный лоток в отстойный бак (вместимостью около 40 л), откуда вновь возвращается в цикл. Окрашиваемые изделия перемещаются автоматически со скоростью 10-170 м/мин с помощью транспортера. Окрашивают только верхнюю сторону изделия, а если необходимо окрасить обратную сторону или кромки, его переворачивают и процесс повторяют. Готовят рабочие составы перед их нанесением на изделия.

После лакирования (покраски) изделия направляют в конвективные или

терморадиационные сушильные камеры непрерывного или периодического действия. Конструктивно сушилки лакированных деревянных изделий выполняют открытыми, полузакрытыми и закрытыми. Сушат лакированные изделия или полуфабрикаты также естественным способом в помещениях цехов.

Из отделочного отделения (цеха) высушенные готовые изделия поступают на склад или на специально отведенные для этого площадки цехов.

Цехи деревообрабатывающих предприятий, имеющие по характеру технологических процессов одинаковое назначение, располагают обычно в одном здании, разделенном стенами или перегородками на отдельные помещения или в одном блоке, в непосредственной близости один от другого, что обеспечивает поточность производства и связь их транспортными средствами. Противопожарные разрывы между зданиями, сооружениями и открытыми складами на территории деревообрабатывающих предприятий принимают в соответствии с требованиями строительных норм и правил.

Пожарная опасность характеризуется пожароопасными свойствами горючих веществ и материалов, обращающихся в производстве (древесина, ее отходы, лакокрасочные материалы, клей, масла для смазки станков и оборудования и т.д.), их большими количествами, возможностью образования в отделочных цехах паровоздушных горючих концентраций, появления источников зажигания и быстрого распространения пожара.

Растворитель АКР имеет низкую температуру вспышки и воспламенения. В процессе нанесения ЛКМ, транспортировании до сушилок и сушке окрашенных деревянных изделий происходит интенсивное испарение растворителя АКР, поэтому в оборудовании (емкостях для ЛКМ, промежуточных емкостях, лаконаливных машинах и т.д.), окрасочных и сушильных камерах, а также в помещениях отделочных (окрасочных) цехов могут образовываться горючие концентрации паров растворителя АКР с воздухом.

Источниками зажигания в деревообрабатывающих цехах являются:

– теплота трения быстровращающихся частей машин и станков при недостаточной их смазке, искры удара в случае нарушения взаимного положения подвижных и неподвижных деталей механизмов;

– открытый огонь (сварочные и другие огневые работы);

– искры при ударах металла о металл или металла о бетон при работе стальными инструментами;

– самовозгорание лакокрасочных отложений (в сушильных, окрасочных камерах и воздуховодах) или древесных отходов, пропитанных маслом;

– тепловые проявления электрического тока при механическом повреждении изоляции кабелей электродвигателей станков;

– искровые разряды статического электричества и молнии;

– теплота нагрева транспортеров и приводных ремней при проскальзывании.

Загромождённость цехов сухими, а также нагретыми в процессе сушки

лесоматериалами, заготовками (полуфабрикатами), готовыми изделиями, стружками, опилками, пылью и другими отходами создает условия для быстрого распространения пожара.

Путями распространения пожара в деревообрабатывающих цехах могут являться: дверные, оконные и технологические проемы, конвейерные линии, трубопроводы вентиляционных систем, поверхности разлившихся

горючих лаков, красок, растворителей, клеев, а также отложения лакокрасочных материалов на стенках и на полу окрасочных камер;

Пожарная профилактика деревообрабатывающих цехов сводится к уменьшению возможности образования горючей среды, источников зажигания и путей распространения пожара.

Во избежание скопления в цехах древесных отходов местными отсосами и пневмотранспортом удаляют от станков пыль, опилки, стружки и прочие отходы. Технологическое оборудование, приборы отопления и электрооборудование очищают от древесной пыли, стружек, опилок, промасленных отходов и других горючих материалов не реже одного раза в смену, а строительные конструкции и электросветильники — не реже одного раза в две недели. Оборудование помещений и строительных конструкций очищают ручным или механизированным способами без взвихрения осевшей пыли. При механизированной очистке используют промышленные пылесосы и централизованные стационарные пылесосные системы.

При эксплуатации станков и в особенности маслонаполненного оборудования для сбора вытекающего масла и предотвращения попадания его на древесные отходы под подшипниками станков устраивают капельницы.

Вентиляторы пневмотранспорта выполняют из материалов, не высекающих искр.

Во избежание перегрева осуществляется контроль температур, своевременная смазка подшипников электродвигателей и станков и очистка их от пыли. Контроль за температурами подшипников может осуществляться приборами дистанционного действия с датчиками в виде термопар или термометров сопротивления или путем покрытия их поверхности термокрасками. Целесообразна автоматическая смазка подшипников. Каждый станок обеспечивают надежным выключающим приспособлением. Все металлическое оборудование цехов заземляют.

Помещения отделочных цехов или отделений, в которых применяют ЛКМ с легковоспламеняющимися растворителями, располагают, как правило, у наружных стен здания и в верхних этажах многоэтажных зданий. Их отделяют от других производственных цехов, служебных и бытовых помещений противопожарными преградами и оборудуют наружными легкосбрасываемыми ограждающими конструкциями.

1.2. Определение физико-химических свойств вещества, обращающегося в производстве

Растворитель АКР, легковоспламеняющаяся жидкость. Состав, % (масс): этилацетат 25, бутилацетат 5, растворитель АЭ 10, этанол 60. Плотность 855 кг/м^3; пределы кипения 70-125°С; температура вспышки 3°С; температур воспламенения 7°С; температура самовоспламенения 414°С; нижний концентрационный предел распространения пламени: 3,1% (об); температурные пределы распространения пламени: нижний 1°С; верхний 21°С;

1.3. Определение класса зоны по ПУЭ

Помещение лаконаливных машин деревообрабатывающего предприятия, в котором открыто, обращается лак на основе растворителя АКР (ЛВЖ), при наличии приточно-вытяжной вентиляции относится к классу зоны **B-Ia**.

ПУЭ. **7.3.41.** Зоны класса **B-Ia** – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов (независимо от нижнего концентрационного предела воспламенения) или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

1.4. Определение категории и группы взрывоопасной смеси

ПУЭ. **Таблица 7.3.3.** Взрывоопасная смесь растворителя **АКР** с воздухом относится к категории IIB и группе Т2 (**IIBT2**).

ГЛАВА 2. РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ И ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ЗАПРОЕКТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КЛАССУ ЗОНЫ ПО ПУЭ

Применение электрооборудования общего назначения во взрывоопасных зонах, как правило, недопустимо, так как это электрооборудование может искрить, или нагреваться до опасных температур и явиться причиной пожара или взрыва.

Поэтому во взрывоопасных зонах (за небольшим исключением) следует применять специальное взрывозащищённое электрооборудование. Надёжность и безопасность эксплуатации взрывозащищённого электрооборудования во взрывоопасных зонах может быть обеспечена, если оно будет соответствовать классу взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси (для взрывоопасных зон, в которых обращаются горючие газы или ЛВЖ), а также условиям, характеризующим температуру, влажность, химическую агрессивность и запылённость среды.

При этом количество взрывозащищённого электрооборудования, устанавливаемого во взрывоопасных зонах, должно быть по возможности минимальным, а электрооборудование с нормально искрящими частями рекомендуется выносить за пределы взрывоопасных зон.

В данной главе курсового проекта необходимо расшифровать маркировку запроектированного взрывозащищённого электрооборудования (электродвигатели, электрические аппараты и приборы, электрические светильники) и проверить соответствие их по исполнению определённому в курсовом проекте классу зоны по ПУЭ.

Маркировка взрывозащищённого электрооборудования приведена в Заданиях на выполнение курсового проекта по ГОСТ 12.2.020-76, ПИВРЭ и ПИВЭ.

ГОСТ 12.2.020-76. ССБТ. Электрооборудование взрывозащищённое. Термины и определения. Классификация. Маркировка. (Основные положения приведены в ПУЭ. **7.3.31-7.3.37**).

ПИВРЭ (Правила изготовления взрывозащищённого и рудничного электрооборудования). Основные положения Правил приведены в ПУЭ: Приложение 2 (справочное) к главе 7.3. «Маркировка взрывозащищённого электрооборудования по ПИВРЭ».

ПИВЭ (Правила изготовления взрывозащищённого электрооборудования). Основные положения Правил приведены в ПУЭ: Приложение 3 (справочное) к главе 7.3. «Маркировка взрывозащищённого электрооборудования по ПИВЭ».

Выбор (проверка соответствия) электрооборудования для взрывоопасных зон производится в соответствии с главой 7.3 «Электроустановки во взрывоопасных зонах» [3] на основе классификации взрывоопасных зон и взрывоопасных смесей. Выбор электрооборудования

для работы во взрывоопасных зонах должен производиться по таблицам ПУЭ, в которых указан допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасной зоны:

Таблица 7.3.10. - Электрические машины (электродвигатели).

Таблица 7.3.11. - Электрические аппараты и приборы (магнитные пускатели, контакторы, выключатели, кнопки управления).

Таблица 7.3.12. Электрические светильники.

Следует обратить внимание на нижеследующее.

Электрооборудование, изготовленное по ПИВЭ, на уровни взрывозащиты не подразделяется. То есть в маркировке взрывозащиты по ПИВЭ уровня взрывозащиты нет. Однако для выбора (проверки соответствия) электрооборудования для взрывоопасных зон возникает необходимость относить к определённому уровню взрывозащиты электрооборудование, изготовленное по ПИВЭ. В Приложении 3 к главе 7.3 (справочное). «Маркировка взрывозащищенного электрооборудования по ПИВЭ» ПУЭ указано:

- К уровню «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» относится электрооборудование, имеющее в маркировке по взрывозащите букву «Н», а также цифру 2 перед буквой «И», например :

2И 2И0

МНБ, Н0Г, Н2А, НПД, Н0А, бензол ’ водород˙

- Электрооборудование с остальными маркировками по взрывозащите, выполненными по ПИВЭ, следует относить к уровню «Взрывобезопасное электрооборудование».

При необходимости допускается обоснованная замена электрооборудования, указанного в таблицах, электрооборудованием с более высоким уровнем взрывозащиты или более высокой степенью защиты оболочки. Например, вместо электрооборудования уровня «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» может применяться электрооборудование уровня «взрывобезопасное электрооборудование» или «особовзрывобезопасное электрооборудование» (ПУЭ. **7.3.65**).

Вид взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь» по ГОСТ 12.2.020-76* в зависимости от уровня взрывозащиты обозначается:

ia – для уровня «особовзрывобезопасное электрооборудование (0);

ib – для уровня «взрывобезопасное электрооборудование» (1);

ic – для уровня «электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» (2).

Во взрывоопасных зонах В-I, В-Ia и В-Iг должно применяться взрывозащищённое электрооборудование, которое соответствует категории и группе той взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом, которая обращается в данной взрывоопасной зоне, или изготовлено для более опасных категорий и групп взрывоопасных смесей (ПУЭ **7.3.60**).

ПУЭ. Приложение 1 (справочное) к главе 7.3. «Категории и группы взрывоопасных смесей по ПИВРЭ и ПИВЭ»: При выборе электрооборудования с маркировкой по взрывозащите по ПИВРЭ и по ПИВЭ взрывозащищённость электрооборудования для взрывоопасных смесей определяется по таблице П1.4 и таблице П1.5.

Таблица П1.4 показывает соответствие между категорией взрывоопасной смеси по классификации ПИВРЭ и ПИВЭ и категорией взрывоопасной смеси по ГОСТ 12.1.011-78, для которой электрооборудование является взрывозащищённым.

Таблица П1.5 показывает соответствие между группой взрывоопасной смеси в маркировке по взрывозащите электрооборудования, изготовленного по ПИВРЭ и ПИВЭ и группой взрывоопасной смеси по ГОСТ 12.1.011-78, для которой электрооборудование является взрывозащищённым.

Необходимо расшифровать марки электрических проводов и кабелей. Конструктивные элементы кабелей и их обозначение, характеристика установочных проводов приведены в **Таблицах 5,6** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний (2013г.). Кроме того, можно воспользоваться: Алиев И.И. Кабельные изделия: Справочник. [7]. Проверить соответствие конструкции и способа прокладки электрических проводов и кабелей классу зоны по ПУЭ (на участке 2 силовой сети и на участке 4 осветительной сети, которые проложены во взрывоопасной зоне).

По конструкции электрические провода и кабели должны соответствовать требованиям ПУЭ, приведённым в параграфах: **7.3.93, 7.3.102, 7.3.108.**

По способу прокладки электрические провода и кабели должны соответствовать требованиям ПУЭ, приведённым в параграфе **7.3.118, таблице7.3.14.**

По результатам проверки соответствия провода (кабеля) классу зоны по ПУЭ, необходимо сделать вывод о соответствии или не соответствии (и по каким причинам). Кабель (провод), который не соответствует требованиям ПУЭ, должен быть заменён на тот, который соответствует, что должно быть подтверждено дополнительной проверкой соответствия вновь выбранного провода (кабеля).

См. Пример выполнения Главы 2 Курсового проекта на стр.20

Примечание: В примере указана проверка соответствия наиболее характерных маркировок взрывозащищённого электрооборудования классу зоны по ПУЭ.

ГЛАВА 2. РАСШИФРОВКА МАРКИРОВКИ И ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ЗАПРОЕКТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КЛАССУ ЗОНЫ ПО ПУЭ

2.1. Электрические машины (электродвигатели)

1ExdIIBT1

Маркировка по ГОСТ 12.2.020-76.

1 – Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное электрооборудование»;

Ex – знак стандарта;

d – вид взрывозащиты: «Взрывонепроницаемая оболочка»;

IIB – подгруппа электрооборудования. Электрооборудование является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей категорий IIA, IIB. (ПУЭ. Табл.7.3.6);

T1 – температурный класс электрооборудования. Электрооборудование является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей группы T1 (ПУЭ. Табл.7.3.7).

1ExpIIT6

Маркировка по ГОСТ 12.2.020-76.

1 – Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное электрооборудование»;

Ex – знак стандарта;

p – вид взрывозащиты: «Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом»;

II – группа электрооборудования. Электрооборудование является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей категорий IIA, IIB, IIC. (ПУЭ. Табл.7.3.6);

T6 – температурный класс электрооборудования. Электрооборудование является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей групп T1, T2, T3, T4, T5, T6 (ПУЭ. Табл.7.3.7).

П1Г

Маркировка по ПИВЭ.

П – вид взрывозащиты: «Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением».

1 – наивысшая категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрвозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей категории 1. Обозначение категории взрывозащиты показывает, что взрывозащита электрооборудования или отдельных его частей обеспечивается также видом взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка».

Г – наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопсных смесей групп А, Б, Г.

Относим к уровню взрывозащиты: «Взрывобезопасное электрооборудование». По ГОСТ 12.2.020-76 знак уровня «1».

Н2Б

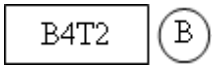
Маркировка по ПИВЭ.

Н – вид взрывозащиты: «Повышенная надёжность против взрыва».

2 – наивысшая категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрвозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей категорий 1, 2. Обозначение категории взрывозащиты говорит о том, что взрывозащита электрооборудования или отдельных его частей обеспечивается также видом взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка».

Б – наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей групп А, Б.

Относим к уровню взрывозащиты: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва». По ГОСТ 12.2.020-76 знак уровня «2».



Маркировка по ПИВРЭ

В прямоугольной рамке:

В – уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное электрооборудование». По ГОСТ 12.2.020-76 знак уровня «2»;

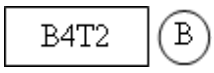
4 – наивысшая категория взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным. Электрооборудование является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей категорий 1, 2, 3, 4;
Т2 – наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищенным. Электрооборудование является взрывозащищенным для взрывоопасных смесей групп Т1, Т2.

В круглой рамке:

В – вид взрывозащиты: «Взрывонепроницаемая оболочка».

Заданное электрооборудование	Требования ПУЭ
1ExdIIBT1 – не соответствует (по группе взрывоопасной смеси). Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное (+) электрооборудование» - 1 (+) IIA, IIB (−) T1	ПУЭ. **Табл. 7.3.10.** Допустимый уровень взрывозащиты электрических машин (электродвигателей) во взрывоопасной зоне класса **B-Ia**: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» – 2. ПУЭ. **7.3.60.** Исполнение электрооборудования должно соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (**IIBT2**).

1ExpIIT6 – соответствует. Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное (+) электрооборудование» - 1 (+) IIA, IIB, IIC (+) T1, T2, T3, T4, T5, T6	ПУЭ. **Табл. 7.3.10.** Допустимый уровень взрывозащиты электрических машин (электродвигателей) во взрывоопасной зоне класса **B-Ia**: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» – 2. ПУЭ. **7.3.60.** Исполнение электрооборудования должно соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (**IIBT2**).
П1Г – не соответствует (по категории взрывоопасной смеси). Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное (+) электрооборудование» - 1 (−) 1 → IIA (ПУЭ. Табл. П1.4) (+) Г → T1, T2, T3, T4 (ПУЭ. Табл. П1.5)	
Н2Б – не соответствует (по категории взрывоопасной смеси). Уровень взрывозащиты: «Электрооборудование повышенной (+) надёжности против взрыва»- 2 (−) 2 → IIA (ПУЭ. Табл. П1.4) (+) Б → T1, T2 (ПУЭ. Табл. П1.5)	

 – соответствует. Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное электрооборудование» - 1 (+) 4 → IIA, IIB, IIC (ПУЭ. Табл. П1.4) (+) T2 → T1, T2 (ПУЭ. Табл. П1.5)	ПУЭ. **Табл. 7.3.10.** Допустимый уровень взрывозащиты электрических машин (электродвигателей) во взрывоопасной зоне класса **B-Ia**: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» – 2. ПУЭ. **7.3.60.** Исполнение электрооборудования должно соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (**IIBT2**).

2.2. Электрические аппараты и приборы (магнитные пускатели)

НМА

Маркировка по ПИВЭ.

Н – вид взрывозащиты: «Повышенная надёжность против взрыва».

М – вид взрывозащиты: «Масляное заполнение оболочки». Искрящие части электрооборудования заключены в оболочку, заполненную маслом.

При отсутствии вида взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка» (не указана категория взрывоопасной смеси), электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей всех категорий 1, 2, 3, 4.

А – наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей группы А.

Относим к уровню взрывозащиты: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва». По ГОСТ 12.2.020-76 знак уровня «2».

М0Д

Маркировка по ПИВЭ.

М – вид взрывозащиты: «Масляное заполнение оболочки».

0 – это «ноль», указывает на отсутствие вида взрывозащиты «Взрывонепроницаемая облочка»; электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей всех категорий 1, 2, 3, 4.

Д – наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей групп А, Б, Г, Д.

Относим к уровню взрывозащиты: «Взрывобезопасное электрооборудование». По ГОСТ 12.2.020-76 знак уровня «1».

<table>
<tr><td>Заданное электрооборудование</td><td>Требования ПУЭ</td></tr>
<tr><td>НМА – не соответствует (по группе взрывоопасной смеси).

Уровень взрывозащиты: «Электрооборудование повышенной (+) надёжности против взрыва»- 2
(+)
4 → IIA, IIB, IIC
(ПУЭ. Табл. П1.4)

(−)
А → Т1 (ПУЭ. Табл. П1.5)</td><td rowspan="2">ПУЭ. Табл. 7.3.11.
Допустимый уровень взрывозащиты стационарных электрических аппаратов и приборов (магнитных пускателей) во взрывоопасной зоне класса В-Iа: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» - 2.

ПУЭ. 7.3.60.
Исполнение электрооборудования должно соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (IIBT2).</td></tr>
<tr><td>М0Д – соответствует.

Уровень взрывозащиты: «Взрывобезопасное (+) электрооборудование» - 1
(+)
4 → IIA, IIB, IIC
(ПУЭ. Табл. П1.4)
(+)
Д → Т1, Т2, Т3, Т4, Т5
(ПУЭ. Табл. П1.5)</td></tr>
</table>

2.3. Электрические светильники

<u>H0A</u>
Маркировка по ПИВЭ.

М – вид взрывозащиты: «Повышенная надёжность против взрыва».

0 – это «ноль», указывает на отсутствие вида взрывозащиты «Взрывонепроницаемая оболочка»; электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей всех категорий 1, 2, 3, 4.

А – наивысшая группа взрывоопасной смеси, для которой электрооборудование является взрывозащищённым. Электрооборудование является взрывозащищённым для взрывоопасных смесей группы А.

Относим к уровню взрывозащиты: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва». По ГОСТ 12.2.020-76 знак уровня «2».

Заданное электрооборудование	Требования ПУЭ
H0A – не соответствует (по группе взрывоопасной смеси). Уровень взрывозащиты: «Электрооборудование повышенной (+) надёжности против взрыва»- 2 (+) 4 → IIA, IIB, IIC (ПУЭ. Табл. П1.4) (−) A → T1 (ПУЭ. Табл. П1.5)	ПУЭ. **Табл. 7.3.12.** Допустимый уровень взрывозащиты стационарных электрических светильников во взрывоопасной зоне класса **B-Ia**: «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва» - 2. ПУЭ. **7.3.60.** Исполнение электрооборудования должно соответствовать категории и группе взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (**IIBT2**).

2.4. Электропроводки и кабельные линии

2 участок (силовая сеть)

НРБ
кабель

жилы – медные;
изоляция – резиновая;
оболочка – найритовая (резиновая, маслостойкая, не распространяющая горение);
броня - бронированный кабель (две стальные оцинкованные ленты);
наружный покров – нормальный (битум, кабельная пряжа);
проложен на лотке.

Проверяем соответствие кабеля по конструкции:

ПУЭ **7.3.93.** Во взрывоопасной зоне класса В-Iа должны применяться кабели с медными жилами – соответствует;

ПУЭ **7.3.102.** Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться кабели с резиновой изоляцией и оболочкой – соответствует;

ПУЭ **7.3.108.** Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто, не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум) – не соответствует.

Проверяем соответствие кабеля по способу прокладки:

ПУЭ **7.3.118**, **табл. 7.3.14** (силовая сеть). Допускается открытая прокладка бронированных кабелей на лотках во взрывоопасных зонах любого класса – соответствует.

Вывод: Кабель **НРБ** не соответствует взрывоопасной зоне класса **В-Iа**, т.к. имеет наружный горючий покров и его необходимо заменить на кабель **НРБГ**.

НРБГ
кабель

жилы – медные;
изоляция – резиновая;
оболочка – найритовая (резиновая, маслостойкая, не распространяющая горение);
броня - бронированный кабель (две стальные оцинкованные ленты);
Без наружного покрова;
проложен на лотке.

Проверяем соответствие кабеля по конструкции:

ПУЭ **7.3.93.** Во взрывоопасной зоне класса В-Iа должны применяться кабели с медными жилами – соответствует;

ПУЭ **7.3.102.** Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться кабели с резиновой изоляцией и оболочкой – соответствует;

ПУЭ **7.3.108.** Кабели, прокладываемые во взрывоопасных зонах любого класса открыто, не должны иметь наружных покровов и покрытий из горючих материалов (джут, битум) – соответствует.

Проверяем соответствие кабеля по способу прокладки:

ПУЭ **7.3.118**, **табл. 7.3.14** (силовая сеть). Допускается открытая прокладка бронированных кабелей на лотках во взрывоопасных зонах любого класса – соответствует.

Вывод: Кабель **НРБГ** соответствует взрывоопасной зоне класса **В-Iа**.

4 участок (осветительная сеть)

АПР
провод

жилы – алюминиевые;
изоляция – резиновая;

в хлопчатобумажной оплетке;
проложен на скобах.

Проверяем соответствие провода по конструкции:

ПУЭ **7.3.93.** Во взрывоопасной зоне класса В-Iа должны применяться провода с медными жилами – не соответствует;

ПУЭ **7.3.102.** Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться провода с резиновой изоляцией – соответствует;

Проверяем соответствие провода по способу прокладки:

ПУЭ **7.3.118, табл. 7.3.14.** Во взрывоопасных зонах любого класса допускается прокладка открыто и скрыто проводов в стальных водогазопроводных трубах– не соответствует.

Вывод: Провод **АПР** не соответствует взрывоопасной зоне класса **В-Iа**, т.к. имеет алюминиевые жилы и проложен открыто на скобах, и его необходимо заменить на провод **ПР** с медными жилами, проложить в стальной водогазопроводной трубе.

ГЛАВА 3. ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Внутрицеховые сети (силовые и осветительные) напряжением до 1кВ рассчитывают главным образом на допустимый ток по условиям нагревания проводников и на допустимую потерю напряжения. Такие расчёты необходимы для предупреждения опасного перегрева проводников, т.е. для создания условий пожарной безопасности и обеспечения электроприёмников электроэнергией надлежащего качества.

Из двух сечений, определённых указанными расчётами, принимается большее. Принятое сечение должно быть не меньше сечения, регламентированного условиями механической прочности для данных условий прокладки. Без этого не может быть гарантирована не только пожарная безопасность, но и электробезопасность электрических сетей, осветительной или силовой установки в целом.

При проектировании электрических сетей одновременно с выбором минимально допустимого сечения проводников выбирают номинальные параметры аппаратов защиты.

Примечание: При проведении проверочных расчётов мощность трансформатора остаётся **неизменной**!

3.1. Тепловой расчёт ответвления к двигателю с короткозамкнутым ротором (силовая сеть, 2 участок)

Необходимо проверить соответствие сечения жил кабеля (провода) и номинальных параметров аппаратов защиты (предохранителей) силовой сети по условиям нагрева.

1) Определяем номинальный ток электродвигателя:

$$I_н = \frac{P_н \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_л \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \text{ где:}$$

$P_н$ – номинальная мощность двигателя, кВт;
$U_л$ – линейное напряжение, В (380В).
$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;
η – КПД двигателя в относительных единицах, т.е. необходимо заданную величину КПД в процентах разделить на 100.

2) Определяем пусковой ток двигателя:

$$I_{пуск} = I_н \cdot K_п, \text{ где:}$$

$K_п$ – кратность пускового тока.

3) Определяем расчётный номинальный ток плавкой вставки:

$$I_{н.вст.}^{расч.} = \frac{I_{пуск.}}{\alpha}$$, где:

α – коэффициент инерционности предохранителя, зависящий от режима перегрузки предохранителя, его типа и условий пуска электродвигателей. В курсовом проекте коэффициент α условно принят равным 2,5 для всех вариантов.

4) Проверяем выполнение условия: $I_{н.вст.}^{ст.} \geq I_{н.вст.}^{расч.}$, где:

$I_{н.вст.}^{ст.}$ – номинальный ток стандартной плавкой вставки заданного предохранителя.

Примечание: Для надежного отключения сети при коротком замыкании номинальный ток стандартной плавкой вставки должен быть равен расчётному значению тока плавкой вставки или иметь большую стандартную величину, но ближайшую к расчётному значению.

При невыполнении условия необходимо заменить заданную плавкую вставку предохранителя на плавкую вставку с другим значением номинального тока. В отдельных случаях может возникнуть необходимость заменить заданный тип предохранителя на другой, для которого возможно выбрать плавкую вставку с таким номинальным током, чтобы выполнялось условие. Технические данные плавких предохранителей приведены в **Таблице 7** Приложения 3 Справочные материалы» данных Методических указаний.

5) Определяем расчётный допустимый длительный ток провода или кабеля:

$I_{доп.} = 1{,}25 \cdot I_{н.}$ – для взрывоопасных зон классов В-I, В-Ia, В-II и В-IIa;

$I_{доп.} = I_{н.}$ – в остальных случаях.

6) Расшифровываем марку провода или кабеля (конструктивные элементы и способ прокладки). Определяем табличный допустимый длительный ток $I_{доп.}^{табл.}$ для провода или кабеля (по соответствующей таблице ПУЭ):

- провода и шнуры с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами – **таблица 1.3.4**;
- провода и шнуры с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами – **таблица 1.3.5**;
- провода с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабели с медными жилами с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией – **таблица 1.3.6**;
- провода с алюминиевыми жилами с резиновой изоляцией в

металлических защитных оболочках и кабели с алюминиевыми жилами с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией – **таблица 1.3.7**;

- кабели с медными жилами с бумажной изоляцией, прокладываемые в земле – **таблица 1.3.13**;

- кабели с медными жилами с бумажной изоляцией, прокладываемые в воде – **таблица 1.3.14**;

- кабели с медными жилами с бумажной изоляцией, прокладываемые в воздухе – **таблица 1.3.15**;

- кабели с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, прокладываемые в земле – **таблица 1.3.16**;

- кабели с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, прокладываемые в земле – **таблица 1.3.17**;

- кабели с алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, прокладываемые в воздухе – **таблица 1.3.18**.

7) Проверяем выполнение условия $I_{доп.}^{табл.} \geq I_{доп.}^{расч.}$, делаем вывод о соответствии сечения провода или кабеля тепловому расчету.

При невыполнении условия:

а) заменяем заданный провод (кабель) на провод (кабель) с большим сечением жил;

б) доказываем выполнение условия с новыми параметрами провода (кабеля).

Примечание: Номинальная площадь сечения нулевой жилы для 4-жильных кабелей с нулевой жилой уменьшенного сечения определяется по **Таблице 1** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний.

3.2. Расчёт силовой сети по потере напряжения

Проверяем соответствие сечения жил проводов (кабелей) на 1 и 2 участках электрической сети (силовая сеть) по условию допустимой потери напряжения. Суммарная фактическая потеря напряжения (в процентах), которая определяется, как сумма потерь на отдельных участках электрической сети должна быть не больше (меньше или равна) допустимой потери напряжения, определённой по соответствующей таблице.

1) Определяем допустимую потерю напряжения $\Delta U_{доп}$ по **Таблице 2** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний.

Допустимая потеря напряжения $\Delta U_{доп}$ зависит от мощности трансформатора, коэффициента его загрузки и коэффициента мощности суммарной нагрузки.

2) Определяем коэффициент «с» для проводов (кабелей) 1 и 2 участков электрической сети. Коэффициент «с», который необходим для определения сечения проводников и потери напряжения в электропроводках, учитывает напряжение, систему питания и материал жил проводов (кабелей). Для трёхфазной системы с нулевым проводом (380/220В) коэффициент «с» имеет значения:

77 – провода и кабели с медными жилами;

46 – провода и кабели с алюминиевыми жилами.

При определении коэффициента «с» необходимо указать марки проводов (кабелей).

3) Определяем фактическую потерю напряжения (в процентах) на 1 и 2 участках электрической сети:

$$\Delta U_{ф1} = \frac{P_{уст.}^{ШС} \cdot l_1}{c_1 \cdot S_{ф.1}},\ \Delta U_{ф2} = \frac{P_н \cdot l_2}{c_2 \cdot S_{ф.2}};\ \sum \Delta U_ф = \Delta U_{ф1} + \Delta U_{ф2},$$ где:

P – мощность на конце рассчитываемого участка, кВт;

l – длина участка, м;

S – сечение фазной жилы провода или кабеля, мм^2.

Необходимо указать марки проводов (кабелей), количество жил и их сечение (на 1 и 2 участках силовой сети).

4) Проверяем выполнение условия $\sum \Delta U_ф \le \Delta U_{доп}$ и делаем вывод о соответствии сечения проводов (кабелей) 1 и 2 участков электрической сети по допустимой потере напряжения.

При невыполнении условия:

а) предлагаем заменить провод (кабель) 1-го, 2-го или обоих участков на провод (кабель) с другим материалом жил или с большим сечением жил;

б) повторяем действия, указанные в пунктах 3, 4 и доказываем выполнение условия с новыми параметрами.

3.3. Расчёт силовой сети по условиям короткого замыкания

Проверяем соответствие сечения жил кабелей или проводов (1 и 2 участки) и номинальных параметров аппаратов защиты силовой сети по условиям короткого замыкания.

1) Определяем суммарное активное сопротивление фазной жилы кабелей (проводов) 1 и 2 участков:

$$R_ф = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{ф1}} + \frac{\rho_2 \cdot l_2}{S_{ф2}},$$ где:

l_1, l_2 – длина провода (кабеля) на рассчитываемом участке, м;

$S_{ф1}$, $S_{ф2}$ – сечение фазной жилы провода (кабеля) на рассчитываемом участке, мм^2;

ρ_1, ρ_2 – удельное активное сопротивление материала жил провода (кабеля) на рассчитываемом участке.

Удельное сопротивление материала жил:

- 0,019 Ом·мм^2/м для меди;
- 0,032 Ом·мм^2/м для алюминия.

Необходимо указать марки проводов (кабелей), количество их жил и сечение на 1 и 2 участках.

2) Определяем суммарное активное сопротивление нулевой жилы проводов (кабелей) 1 и 2 участков:

$$R_0 = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{01}} + \frac{\rho_2 \cdot l_2}{S_{02}}, \text{ где:}$$

S_{01}, S_{02} – сечение фазной жилы провода (кабеля) на рассчитываемом участке, мм^2.

3) Определяем суммарное реактивное сопротивление фазной и нулевой жилы:

$$X_ф = X_0 = a_1 l_1 + a_2 l_2, \text{ где:}$$

a – удельное реактивное сопротивление провода (кабеля):

- 0,00007 Ом/м – для кабелей;
- 0,00009 Ом/м – для проводов, проложенных в газовых трубах;
- 0,00025 Ом/м – для проводов, проложенных открыто.

4) Определяем полное сопротивление замкнутой части линии (фаза-ноль):

$$Z_{ф-о} = \sqrt{\left(R_ф + R_о + R_д\right)^2 + \left(X_ф + X_о\right)^2} + Z_т, \text{ где:}$$

$R_д$ – добавочное сопротивление переходных контактов (болтовые контакты на шинах, зажимы на вводах и выводах аппаратов, разъемные контакты аппаратов, контакт в точке КЗ и т.д.) − при КЗ в конце линии принимается равным 0,06 Ом;

$Z_т$ – полное сопротивление трансформатора току КЗ, которое определяется по **Таблице 3** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний. Первичное напряжение трансформатора принять равным 6кВ для всех вариантов курсового проекта.

5) Определяем ток однофазного короткого замыкания в конце линии:

$$I^1_{КЗ(К)} = \frac{U_ф}{Z_{ф-о}},$$

где: $U_ф$ – фазное напряжение, В.

6) Проверяем выполнение условия:

$\frac{I^1_{КЗ(К)}}{I_{н.вст.}} \geq 4$ − для взрывоопасных зон классов В-I, В-Iа, В-II, В-IIа;

$\frac{I^1_{КЗ(К)}}{I_{н.вст.}} \geq 3$ − в остальных случаях

Необходимо сделать вывод о надежности отключения 2 участка при коротком замыкании в конце линии.

При невыполнении условия:

а) необходимо заменить кабель (провод) 1-го, 2-го или обоих участков на кабель (провод) с большим сечением жилы (для снижения полного сопротивления линии);

б) повторить пункты 1-6 и доказать выполнение условия с новыми параметрами.

7) Определяем активное сопротивление фазной жилы 1 участка:

$$R_ф = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{ф1}}.$$

Указать марку провода (кабеля) на 1 участке электрической сети.

8) Определяем реактивное сопротивление фазной жилы 1 участка:

$$X_ф = a_1 l_1.$$

9) Определяем полное сопротивление фазной жилы 1 участка:

$$Z_ф = \sqrt{\left(R_ф + R_д + R_т\right)^2 + \left(X_ф + X_т\right)^2}$$, где:

$R_д$ – добавочное сопротивление переходных контактов без учета контактов аппаратуры, установленной непосредственно у электроприемников − принимается равным 0,05 Ом;

$R_т$, $X_т$ – соответственно активное и реактивное сопротивление трансформатора, определяемые в зависимости от мощности трансформатора по **Таблице 4** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний.

10) Определяем ток трёхфазного КЗ в начале линии:

$$I^{3}_{КЗ(Н)} = \frac{U_{л}}{\sqrt{3} \cdot Z_{ф}},$$

где: $U_{л}$ – линейное напряжение, В.

11) Определяем предельный ток отключения предохранителя $I_{пр.пр}$ по **Таблице 7** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний.

12) Проверяем выполнение условия $I^{3}_{КЗ(Н)} \leq I_{пр.пр}$. Делаем вывод о надежности отключения 2 участка при коротком замыкании в начале линии.

При невыполнении условия:

а) необходимо заменить данный предохранитель на другой предохранитель с большим предельным током отключения;

б) повторить пункт 12 и доказать выполнение условия с новыми параметрами;

в) если в результате замены предохранителя пришлось изменить номинальный ток плавкой вставки предохранителя, повторить пункт 6.

3.4. Тепловой расчёт осветительной сети (4 участок)

Необходимо проверить соответствие сечения жил провода (кабеля) и номинальных параметров аппаратов защиты осветительной сети тепловому расчёту.

1) Определяем необходимый вид защиты осветительной сети:

ПУЭ. **3.1.8.** Электрические сети (все) должны иметь защиту от токов короткого замыкания.

ПУЭ. **3.1.10.** Осветительные сети внутри помещений должны быть защищены также от перегрузок:

- в жилых и общественных зданиях;
- в торговых помещениях;
- в служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий;
- в пожароопасных зонах;
- во взрывоопасных зонах В-I, В-Iа, В-II, В-IIа (см. ПУЭ. **7.3.94**).

2) Проверяем правильность выбора типа автоматического воздушного выключателя (автомата) для защиты осветительной сети от токов короткого замыкания и (или) перегрузки.

Сети, подлежащие защите от токов КЗ и перегрузки, должны

защищаться автоматами с тепловым или комбинированным расцепителем, а сети, защищаемые только от токов КЗ − автоматами с электромагнитным или комбинированным расцепителем.

Технические данные автоматических воздушных выключателей (автоматов) приведены в **Таблице 8** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний.

При необходимости заменить заданный автомат другим, который бы соответствовал вышеуказанным требованиям.

3) Определяем рабочий ток осветительной сети:

$$I_р = \frac{\sum P}{U_ф} = \frac{n \cdot P_{н.}}{U_ф}, \text{ где:}$$

n – количество светильников, шт;

$P_{н.}$ – номинальная мощность светильника, Вт;

$U_ф$ – фазное напряжение, В (220В).

4) Проверяем выполнение условия: или $I_{н.тепл.} \geq I_{р.}$, или $I_{н.эл.м.} \geq I_{р.}$, или $I_{н.комб.} \geq I_{р.}$ и делаем вывод о соответствии номинального тока расцепителя автомата тепловому расчету.

Для надежного отключения осветительной сети при аварийных режимах номинальный ток расцепителя автомата должен быть равен рабочему току или иметь большую стандартную величину, но ближайшую к расчётному значению рабочего тока.

При невыполнении условия необходимо заменить заданный автомат на другой с подходящим номинальным током расцепителя. При необходимости возможна замена одного типа автомата на другой тип автомата.

5) Расшифровываем марку провода или кабеля (конструктивные элементы и способ прокладки). Определяем табличный допустимый длительный ток $I_{доп.}$ для провода или кабеля (по соответствующей таблице ПУЭ.

6) Проверяем выполнение условия $I_{доп} \geq I_р$ и делаем вывод о соответствии сечения провода или кабеля тепловому расчету.

При невыполнении условия:

а) заменить заданный провод или кабель на другой с большим сечением жил;

б) проверить выполнение условия с новыми параметрами.

7) Проверяем выполнение условия:

- при защите осветительной сети от токов КЗ и перегрузки автоматом с тепловым расцепителем: $I_{доп} \geq I_{н.тепл.}$;

-при защите осветительной сети от токов КЗ и перегрузки автоматом с комбинированным расцепителем (т.е. когда в автомате имеется тепловой и электромагнитный расцепители): $I_{доп} \geq I_{н.комб.}$;

При защите осветительной сети только от токов КЗ: $I_{доп} \geq \frac{I_{ср.эл.м}}{4{,}5}$

где:

$I_{ср.эл.м}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя (автомата с электромагнитным расцепителем или автомата с комбинированным расцепителем).

Сделать вывод о соответствии сечения провода или кабеля тепловому расчету.

При невыполнении условия:

а) заменить заданный провод или кабель на другой с большим сечением жил;

б) проверяем выполнение условия с новыми параметрами.

3.5. Проверка соответствия сечения жил провода (кабеля) магистральной линии осветительной сети рабочему току (3 участок)

Расчётом необходимо проверить соответствие сечения жил провода (кабеля) магистральной линии осветительной сети (3 участок) рабочему току, проходящему по данному участку.

1) Определяем рабочий ток 3 участка:

$$I_{р.} = \frac{P_{уст.}^{ЩО} \times 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}}$$, где:

$P_{уст.}^{ЩО}$ – установленная мощность осветительного щитка, кВт.

2) Расшифровываем марку провода или кабеля (конструктивные элементы и способ прокладки) и по соответствующей таблице ПУЭ определяем табличный допустимый длительный ток $I_{доп.}$.

3) Проверяем выполнение условия $I_{доп.} \geq I_{р.}$ и делаем вывод о соответствии сечения жил провода (кабеля) магистральной линии осветительной сети (3 участок) рабочему току.

При невыполнении условия:

а) заменить провод (кабель) в магистральной линии осветительной сети на другой провод (кабель) с большим сечением жил;

б) проверить выполнение условия $I_{доп.} \geq I_{р.}$ и сделать вывод о соответствии сечения жил провода (кабеля) магистральной линии осветительной сети (участок 3) с новыми параметрами рабочему току.

3.6. Проверка соответствия сечения провода (кабеля) магистральной линии силовой сети рабочему току (1 участок)

Расчётом необходимо проверить соответствие сечения жил провода (кабеля) магистральной линии силовой сети (1 участок) рабочему току, проходящему по данному участку.

1) Определяем рабочий ток 1 участка:

$$I_{р.} = \frac{P_{уст.}^{ШС} \times 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}}$$ где:

$P_{уст.}^{ШС}$ – установленная мощность силового шкафа, кВт

2) Расшифровываем марку провода или кабеля (конструктивные элементы и способ прокладки) и по соответствующей таблице ПУЭ определяем табличный допустимый длительный ток $I_{доп.}$.

2) Проверяем выполнение условия $I_{доп.} \geq I_{р.}$ и делаем вывод о соответствии сечения жил провода (кабеля) рабочему току.

При невыполнении условия:

а) заменить заданный провод (кабель) магистральной линии силовой сети на другой провод (кабель) с большим сечением жил;

б) проверить выполнение условия $I_{доп.} \geq I_{р.}$ и сделать вывод о соответствии сечения жил провода (кабеля) магистральной линии силовой сети (1 участок) с новыми параметрами рабочему току.

См. Пример выполнения Главы 3 Курсового проекта на стр. 40

ГЛАВА 3. ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЁТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

3.1. Тепловой расчёт ответвления к двигателю с короткозамкнутым ротором (силовая сеть, 2 участок)

1) Определяем номинальный ток электродвигателя:

$$I_н = \frac{P_н \times 1000}{\sqrt{3} \cdot U_л \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{30 \times 1000}{1{,}73 \cdot 380 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}87} = 80{,}7 \text{ А, где:}$$

$P_н$ – номинальная мощность двигателя, кВт;
$U_л$ – линейное напряжение, В;
$\cos\varphi$ – коэффициент мощности;
η – КПД двигателя в относительных единицах.

2) Определяем пусковой ток электродвигателя:

$$I_{пуск} = I_н \cdot K_п = 80{,}7 \cdot 6{,}5 = 524{,}55 \text{ А, где:}$$

$K_п$ – кратность пускового тока.

3) Определяем расчетный номинальный ток плавкой вставки:

$$I_{н.вст.}^{расч.} = \frac{I_{пуск.}}{\alpha} = \frac{524{,}55}{2{,}5} = 209{,}82 \text{ А, где:}$$

α – коэффициент инерционности предохранителя.

4) Задано: предохранитель ПР - 2 - $\frac{600}{350}$.

Проверяем условие $I_{н.вст.}^{ст.} \geq I_{н.вст.}^{расч.}$:

$I_{н.вст.}^{ст.} = 350$ А > $I_{н.вст.}^{расч.} = 209{,}82$ А – условие выполняется, но надежность отключения не обеспечивается. Для надежного отключения сети при коротком замыкании необходимо заменить плавкую вставку с номинальным током 350А на плавкую вставку с номинальным током 225А (большее, но ближайшее значение к расчётному – 209,82А).

Вывод: Заменить заданный предохранитель ПР - 2 - $\frac{600}{350}$

на предохранитель ПР - 2 - $\frac{350}{225}$.

					КП 20.05.01.135008-2023		
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата			
Разработал		Иванов А.А.		12.23	Проверка соблюдения требований пожарной безопасности при проектировании электрооборудования помещения лаконаливных машин деревообрабатывающего предприятия (лак на основе растворителя АКР). Имеется приточно-вытяжная вентиляция.	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Сафронова И.Г.		12.23		У	40	35
Т.контр.						ФГБОУ ВО УрИ ГПС МЧС России уч. гр. ПБ-031		
Н. контр.		Шнайдер Н.В.						
Утв.								

Взам. инв. №
Подпись и дата
Инв. № подл.

5) Определяем расчетный допустимый длительный ток кабеля:
$I_{доп.}^{расч.} = 1{,}25 \cdot I_{н.}$ (т.к. класс зоны В-Iа).

$I_{доп.}^{расч.} = 1{,}25 \cdot 80{,}7 = 100{,}88$ А.

6) Определяем табличный допустимый длительный ток кабеля:

Задано:

НРБГ 3×6 + 1×4
кабель
жилы – медные;
изоляция – резиновая;
оболочка – найритовая;
бронированный;
без наружного покрова;
проложен на лотке (в воздухе).

$\Rightarrow$ ПУЭ **табл. 1.3.6**
$I_{доп.}^{табл.} = 42$ А.

7) Проверяем условие $I_{доп.}^{табл.} \geq I_{доп.}^{расч.}$.
$I_{доп.}^{табл.} = 42$ А $< I_{доп.}^{расч.} = 100{,}88$ А.
Условие не выполняется.

Вывод: Заменить заданный кабель НРБГ 3×6+1×4
на кабель НРБГ 3×35+1×16 с $I_{доп.}^{табл.} = 120$ А.
Проверка:
$I_{доп.}^{табл.} = 120$ А $> I_{доп.}^{расч.} = 100{,}88$ А – условие выполняется.

3.2. Расчёт силовой сети по потере напряжения

1) Определяем допустимую потерю напряжения $\Delta U_{доп}$ по Таблице 2 Приложения 4 «Справочные материалы» Методических указаний.
Допустимая потеря напряжения $\Delta U_{доп}$ зависит от мощности трансформатора, коэффициента его загрузки и коэффициента мощности суммарной нагрузки.
- мощность трансформатора 1000 кВА;
- коэффициент загрузки трансформатора 0,8;
- коэффициент мощности суммарной нагрузки0,9;

Допустимая потеря напряжения в силовой сети $\Delta U_{доп} = 7{,}1\%$.

2) Определяем коэффициент «с» для 1 и 2 участков электрической сети:
c_1 = 46, т.к. кабель 1 участка АСБ − с алюминиевыми жилами;
c_2 = 77, т.к. кабель 2 участка НРБГ − с медными жилами.

3) Определяем фактическую потерю напряжения (в процентах) на 1 и 2 участках электрической сети:

$$\Delta U_{ф1} = \frac{P_{уст.}^{ШС} \cdot l_1}{c_1 \cdot S_{ф.1}} = \frac{130 \cdot 175}{46 \cdot 95} = 5{,}2\ \%;$$

$$\Delta U_{ф2} = \frac{P_{н} \cdot l_2}{c_2 \cdot S_{ф.2}} = \frac{30 \cdot 70}{77 \cdot 35} = 0{,}8\ \%,$$ где

$P_{уст.}^{ШС}$ – установленная мощность силового шкафа, кВт;

$P_{н}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

l_1, l_2 – соответственно длина 1 и 2 участка, м;

$S_{ф.1}$, $S_{ф.2}$ – соответственно сечение фазной жилы кабеля 1 участка АСБ 3×95 + 1×35 и кабеля 2 участка НРБГ 3×35+1×16, мм^2.

Суммарная потеря напряжения составит:

$$\sum \Delta U_{ф} = \Delta U_{ф1} + \Delta U_{ф2} = 5{,}2 + 0{,}8 = 6{,}0\ \%.$$

4) Проверяем условие $\sum \Delta U_{ф} \le \Delta U_{доп}$:

$\sum \Delta U_{ф} = 6\% < \Delta U_{доп} = 7{,}1\%$ – условие выполняется.

Вывод: Сечение жил кабелей 1 и 2 участков электрической сети (силовой сети) соответствуют по допустимой потере напряжения.

3.3. Расчет силовой сети по условиям короткого замыкания

1) Определяем суммарное активное сопротивление фазной жилы кабелей 1 и 2 участков:

$$R_{ф} = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{ф1}} + \frac{\rho_2 \cdot l_2}{S_{ф2}} = \frac{0{,}032 \cdot 175}{95} + \frac{0{,}019 \cdot 70}{35} = 0{,}0969\ \text{Ом},$$

где: ρ_1 = 0,032 Ом·мм^2/м – удельное активное сопротивление материала фазной жилы кабеля 1 участка (АСБ 3×95 + 1×35);

ρ_2 = 0,019 Ом·мм^2/м – удельное активное сопротивление материала фазной жилы кабеля 2 участка (НРБГ 3×35+1×16).

2) Определяем суммарное активное сопротивление нулевой жилы кабелей 1 и 2 участков:

$$R_0 = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{01}} + \frac{\rho_2 \cdot l_2}{S_{02}} = \frac{0{,}032 \cdot 175}{35} + \frac{0{,}019 \cdot 70}{16} = 0{,}2431\ \text{Ом},$$

где: $S_{0.1}$, $S_{0.2}$ – соответственно сечение нулевой жилы кабелей 1 и 2 участка, мм^2.

3) Определяем суммарное реактивное сопротивление фазной и нулевой жилы:

$X_ф = X_0 = a_1 l_1 + a_2 l_2 = 0{,}00007 \cdot 175 + 0{,}00007 \cdot 70 = 0{,}01715$ Ом,

где: a_1 = 0,00007 Ом/м и a_2 = 0,00007 Ом/м – удельное реактивное сопротивление кабелей 1 и 2 участков.

4) Определяем полное сопротивление замкнутой части линии:

$$Z_{ф-о} = \sqrt{\left(R_ф + R_о + R_д\right)^2 + \left(X_ф + X_о\right)^2} + Z_т =$$

$$= \sqrt{\left(0{,}0969 + 0{,}2431 + 0{,}06\right)^2 + \left(0{,}01715 + 0{,}01715\right)^2} + 0 = 0{,}402 \text{ Ом, где:}$$

$R_д$ = 0,06 Ом – добавочное сопротивление переходных контактов (болтовые контакты на шинах, зажимы на вводах и выводах аппаратов, разъемные контакты аппаратов, контакт в точке КЗ и т.д.);

$Z_т$ = 0 Ом – полное сопротивление трансформатора току КЗ. Мощность трансформатора 1000 кВА.

5) Определяем ток однофазного короткого замыкания в конце линии:

$$I^1_{КЗ(К)} = \frac{U_ф}{Z_{ф-о}} = \frac{220}{0{,}402} = 547{,}9 \text{ А.}$$

6) Проверяем условие $\frac{I^1_{КЗ(К)}}{I_{н.вст.}} \geq 4$:

$\frac{I^1_{КЗ(К)}}{I_{н.вст.}} = \frac{547{,}9}{225} = 2{,}44 < 4$ – условие не выполняется, следовательно, надежность отключения силовой сети при коротком замыкании в конце линии не обеспечивается.

Необходимо заменить кабель 1 участка АСБ 3×95+1×35 на кабель СБ 3×150+1×50 и кабель 2 участка НРБГ 3×35+1×16 на кабель НРБГ 3×50+1×25.

Проверка:

$$R_ф = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{ф1}} + \frac{\rho_2 \cdot l_2}{S_{ф2}} = \frac{0{,}019 \cdot 175}{150} + \frac{0{,}019 \cdot 70}{50} = 0{,}049 \text{ Ом;}$$

$$R_0 = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{01}} + \frac{\rho_2 \cdot l_2}{S_{02}} = \frac{0{,}019 \cdot 175}{50} + \frac{0{,}019 \cdot 70}{25} = 0{,}12 \text{ Ом;}$$

$$X_ф = X_0 = a_1 l_1 + a_2 l_2 = 0{,}00007 \cdot 175 + 0{,}00007 \cdot 70 = 0{,}01715 \text{ Ом;}$$

$$Z_{ф-о} = \sqrt{\left(R_ф + R_о + R_д\right)^2 + \left(X_ф + X_о\right)^2} + Z_т =$$

$$= \sqrt{\left(0{,}049 + 0{,}12 + 0{,}06\right)^2 + \left(0{,}01715 + 0{,}01715\right)^2} + 0 = 0{,}231 \text{ Ом;}$$

$$I^1_{КЗ(К)} = \frac{U_ф}{Z_{ф-о}} = \frac{220}{0{,}231} = 952{,}3 \text{ А;}$$

$$\frac{I^1_{КЗ(К)}}{I_{н.вст.}} = \frac{952,3}{225} = 4,23 \ > \ 4$$ – условие выполняется.

7) Определяем активное сопротивление фазной жилы кабеля 1 участка (СБ 3×150+1×50):

$$R_ф = \frac{\rho_1 \cdot l_1}{S_{ф1}} = \frac{0,019 \cdot 175}{150} = 0,0222 \text{ Ом};$$

8) Определяем реактивное сопротивление фазной жилы кабеля 1 участка:

$$X_ф = a_1 l_1 = 0,00007 \cdot 175 = 0,01225 \text{ Ом};$$

9) Определяем полное сопротивление фазной жилы $Z_ф$ 1 участка:

$$Z_ф = \sqrt{\left(R_ф + R_д + R_m\right)^2 + \left(X_ф + X_m\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(0,0222 + 0,05 + 0,0022\right)^2 + \left(0,01225 + 0,0088\right)^2} = 0,077 \text{ Ом},$$

где R_m и X_m – соответственно активное и реактивное сопротивления трансформатора мощностью 1000 кВА;

$R_д$ = 0,05 Ом – добавочное сопротивление переходных контактов без учета контактов аппаратуры, установленной непосредственно у электроприемников.

10) Определяем ток трёхфазного короткого замыкания в начале линии:

$$I^3_{КЗ(Н)} = \frac{U_л}{\sqrt{3} \cdot Z_ф} = \frac{380}{1,73 \cdot 0,077} = 2838,6 \text{ А}.$$

11) Определяем предельный ток отключения предохранителя:

$I_{пр.пр}$ = 13000 А.

12) Проверяем условие $I^3_{КЗ(Н)} \le I_{пр.пр}$:

$I^3_{КЗ(Н)}$ = 2838,6 А < $I_{пр.пр}$ = 13000 А – условие выполняется.

3.4. Тепловой расчёт осветительной сети (4 участок)

1) Определяем необходимый вид защиты осветительной сети:

− согласно ПУЭ **3.1.8** осветительная сеть должна быть защищена от токов короткого замыкания;

− согласно ПУЭ **3.1.10, 7.3.94** осветительная сеть во взрывоопасной зоне класса В-Iа подлежит защите от перегрузки.

2) Сети, подлежащие защите от токов короткого замыкания и перегрузки, должны защищаться автоматами с тепловым или комбинированным расцепителем, следовательно, тип автомата (А3161 с тепловым расцепителем) выбран правильно.

3) Определяем рабочий ток осветительной сети:

$$I_р = \frac{\sum P}{U_ф} = \frac{n \cdot P_{н.}}{U_ф} = \frac{20 \cdot 150}{220} = 13{,}6 \text{ А, где:}$$

n – количество светильников, шт.;
$P_{н.}$ – номинальная мощность светильника, Вт;
$U_ф$ – фазное напряжение, В (220В).

4) Проверяем выполнение условия: $I_{н.тепл.} \geq I_{р.}$:

$I_{н.тепл.} = 25\text{А} > I_{р.} = 13{,}6\text{А}$ − условие выполняется, однако для надежного отключения осветительной сети при аварийных режимах номинальный ток расцепителя автомата должен быть ближайшим к рабочему току. Необходимо заменить заданный автомат А3161 с номинальным током теплового расцепителя 25А на автомат А3161 с номинальным током теплового расцепителя 15 А.

5) Определяем табличный допустимый длительный ток провода:

Задано:

ПР 2(1×4)
два одножильных провода;
жилы – медные;
изоляция – резиновая;
в оплётке из х/б ткани, пропитанной противогнилостным составом;
проложены в стальной водогазопроводной трубе.

$\Rightarrow$ ПУЭ **табл. 1.3.4** $I_{доп.} = 38$ А.

6) Проверяем выполнение условия: $I_{доп} \geq I_р$

$I_{доп} = 38\text{А} > I_р = 13{,}6\text{А}$ − условие выполняется, следовательно,

сечение жил провода соответствует тепловому расчету.

7) Проверяем выполнение условия: $I_{доп} \geq I_{н.тепл.}$

$I_{доп} = 38\text{А} > I_{н.тепл.} = 15\text{А}$ – условие выполняется.

3.5. Проверка соответствия сечения жил провода (кабеля) магистральной линии осветительной сети рабочему току (3 участок)

1) Определяем рабочий ток 3 участка:

$$I_{р.} = \frac{P^{ЩО}_{уст.}}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}} = \frac{12 \times 1000}{1{,}73 \cdot 380} = 18{,}23\text{А},$$

где: $P^{ЩО}_{уст.}$ – установленная мощность осветительного щитка, кВт.

2) Определяем табличный допустимый длительный ток провода:

Задано:

ПРТО 4×25
четырехжильный провод
жилы – медные;
изоляция – резиновая;
в оплётке из х/б пряжи, пропитанной противогнилостным составом;
проложен в стальной водогазопроводной трубе.

$\Rightarrow$ ПУЭ **табл. 1.3.4**
$I_{доп.} = 85$ А.

3) Проверяем выполнение условия: $I_{доп} \geq I_{р}$:

$I_{доп} = 85\text{А} > I_{р} = 18{,}23\text{А}$ – условие выполняется, следовательно, сечение жил провода соответствует тепловому расчету.

3.6. Проверка соответствия сечения кабеля магистральной линии силовой сети рабочему току (1 участок)

1) Определяем рабочий ток 1 участка:

$$I_{р.} = \frac{P_{уст.}^{ШС}}{\sqrt{3} \cdot U_{Л}} = \frac{130 \times 1000}{1{,}73 \cdot 380} = 197{,}5 \text{ А};$$

где $P_{уст.}^{ШС}$ – установленная мощность силового шкафа, кВт.

3) Определяем табличный допустимый длительный ток кабеля:

Задано:

СБ 3×150+1×75
четырехжильный кабель
жилы – алюминиевые;
изоляция – бумажная;
оболочка – свинцовая;
бронированный;
наружный покров – нормальный (кабельная бумага, кабельная пряжа);
проложен в земле.

$\Rightarrow$ ПУЭ **табл. 1.3.13**
$I_{доп.} = 435$ А.

3) Проверяем условие $I_{доп} \geq I_{р}$:

$I_{доп} = 435\text{А} > I_{р} = 197{,}5\text{А}$ – условие выполняется, следовательно, сечение кабеля соответствует тепловому расчету.

ГЛАВА 4. МОЛНИЕЗАЩИТА

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом; к этому комплексу относятся также средства защиты, предохраняющие объект от вторичных воздействий молнии и заноса высокого потенциала.

Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод – устройство, воспринимающее удар молнии, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее её ток в землю.

Защитное действие молниеотвода основано на свойстве молнии с большей вероятностью поражать более высокие и хорошо заземлённые предметы по сравнению с расположенными рядом объектами меньшей высоты. Поэтому на молниеотвод, возвышающийся над защищаемым объектом, возлагается функция перехвата молний, которые в отсутствие молниетвода поразили бы объект.

Зона защиты молниеотвода – пространство, внутри которого здание (сооружение) защищено от прямых ударов молнии с надёжностью не ниже определённого значения. Наименьшей и постоянной надёжностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надёжность выше, чем на её поверхности.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представляет собой круговой конус. При этом в расчётах молниезащиты в данных Методических указаниях приняты следующие обозначения:

h – высота молниеотвода;

h_{min} – минимальная высота молниеотвода, определяемая проверочным расчётом, которая обеспечивает защиту объекта от прямых ударов молнии с заданной надёжностью;

$h_{зад}$ – заданная высота молниеотвода по варианту Курсового проекта;

h_0 – высота зоны защиты (высота кругового конуса);

r_0 – радиус зоны защиты на уровне земли (круг радиусом r_0 – основание кругового конуса);

h_x – высота здания (сооружения);

r_x – радиус зоны защиты на уровне высоты здания (расстояние от молниеотвода до наиболее удалённой от него точки здания (сооружения), которая, как минимум, должна быть на образующей конуса – зоны защиты;

$r_{x\ min}$ – расстояние от стержневого молниеотвода до наиболее удалённой точки здания (сооружения) на уровне высоты здания (радиус зоны защиты на уровне высоты здания), которое соответствует минимальной высоте молниеотвода.

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода представляет собой следующее. В торцевых частях здания (сооружения) – это половинки кругового конуса; в середине между опорами – это двухскатная поверхность, которая в сечении имеет вид равнобедренного треугольника

высотой равной высоте зоны защиты.

При этом в расчётах молниезащиты в данных Методических указаниях приняты следующие обозначения::

h – высота молниеотвода – высота троса в середине пролёта;

h_{min} – минимальная высота молниеотвода, определяемая расчётом, которая обеспечивает защиту объекта от прямых ударов молнии с заданной надёжностью;

$h_{зад}$ – заданная высота молниеотвода по варианту Курсового проекта;

h_0 – высота зоны защиты; на торцах здания (сооружения) – это высота круговых конусов; в середине между опорами – это высота двухскатной поверхности;

r_0 – радиус зоны защиты на уровне земли в торцевой части здания (сооружения); половина ширины зоны защиты на уровне земли в середине здания (сооружения);

h_x – высота здания, сооружения;

r_x – радиус зоны защиты на уровне высоты здания (сооружения) в торцевой его части; половина ширины зоны защиты на уровне высоты здания (сооружения) в середине здания (сооружения);

$r_{x\ min}$ – половина ширины здания (сооружения), по которому расчётом определяется минимальная высота молниеотвода.

$h_{оп}$ – высота опор, расположенных по торцам здания (сооружения);

В данной главе необходимо расчётом проверить соответствие высоты заданного молниеотвода обеспечению защиты здания (сооружения) от прямых ударов молнии; рассчитать параметры зоны защиты, по которым построить чертёж молниезащиты здания (сооружения).

Здания с взрывоопасными зонами В-Iа и В-Iг

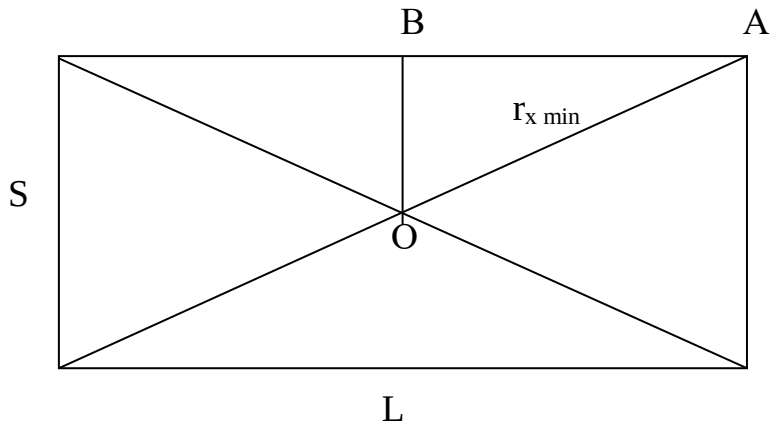
1) В зависимости от заданного типа молниеотвода, при заданной надёжности молниезащиты в **Таблице 9** или **10** Приложения 3 «Справочные материалы» данных Методических указаний находим расчётные математические выражения для определения параметров зоны защиты (h_0, r_0), а также общую формулу для определения r_x.

2) Выбираем место расположения молниеотвода. В курсовом проекте стержневой молниеотвод устанавливается на защищаемом здании в центре, на пересечении диагоналей (на плане здания прямоугольной формы). Опоры одиночного тросового молниеотвода устанавливаются по торцам здания прямоугольной формы, вплотную к зданию.

Примечание. Для наружной технологической установки молниезащита выполняется условно как для здания прямоугольной формы с размерами, указанными в Задании на выполнение курсового проекта.

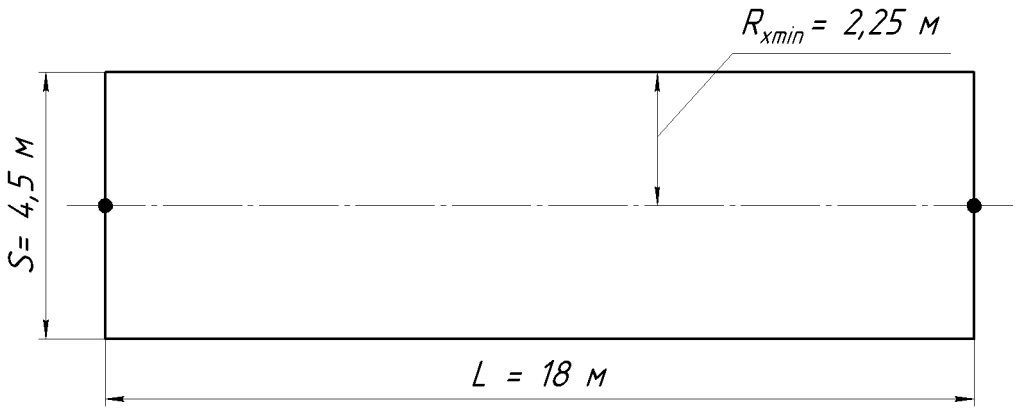
Определяем величину $r_{x\ min.}$

$r_{x\ min}$ (величина ОА) для одиночного стержневого молниеотвода, установленного в центре здания (на пересечении диагоналей прямоугольника), определяется из прямоугольного треугольника ОАВ по теореме Пифагора:



OB = S/2 AB = L/2 $r_{x\ min}$ = OA = $\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2+\left(\frac{S}{2}\right)^2}$

$r_{x\ min}$ для одиночного тросового молниеотвода принимается равным половине ширины здания. $r_{x\ min}$ = S/2 (Пример из варианта Задания).



3) Определяем минимальную высоту молниеотвода h_{min}. Для этого в формуле для определения r_x выражаем h_0 и r_0 через h. Преобразовывая выражение получим формулу для определения минимальной высоты молниеотвода.

Пример:

Стержневой молниеотвод. Надёжность молниезащиты 0,9.

h_0 = 0,85 h r_0 = 1,2 h $r_x = r_0(h_0 - h_x) / h_0$

r_x = 1,2 h(0,85 h - h_x) / 0,85 h

0,85 r_x = 1,2·0,85 h – 1,2 h_x

$1{,}2 \cdot 0{,}85\ h = 0{,}85\ r_x + 1{,}2\ h_x$

$h = \frac{r_x}{1{,}2} + \frac{h_x}{0{,}85}$ или $h_{min} = \frac{r_{x\,min}}{1{,}2} + \frac{h_x}{0{,}85}$

4) Проверяем выполнение условия: $h_{зад.} \geq h_{min}$.

Здесь возможны три варианта:

1-й вариант. $h_{зад} = h_{min}$. Условие выполняется. Определяем параметры зоны защиты h_0 и r_0 . Высота молниеотвода равняется $h_{зад}$.

2-й вариант. $h_{зад} > h_{min}$. Условие выполняется. Определяем параметры зоны защиты h_0 и r_0 . Высота молниеотвода равняется $h_{зад}$. При этом необходимо пересчитать величину r_x по формуле $r_x = r_0(h_0 - h_x) / h_0$.

3-й вариант. $h_{зад} < h_{min}$. Условие не выполняется. Необходимо заменить заданную высоту молниеотвода на расчётную минимальную высоту. Определяем параметры зоны защиты h_0 и r_0 . Высота молниеотвода равняется h_{min}.

5) Схема зоны защиты молниеотвода строится в 3-х проекциях с соблюдением масштаба (См. указания по выполнению графической части)

См. Пример выполнения Главы 4 Курсового проекта на стр.55.

Здания с взрывоопасной зоной В-I

Здания, в которых имеется взрывоопасная зона **В-I**, согласно Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 (таблица 1) относятся по устройству молниезащиты к I категории. Защита зданий, относимых по устройству молниезащиты к I категории, должна выполняться отдельно стоящими стержневыми или тросовыми молниеотводами (п.2.1.[5]).

Примечание: В курсовом проекте для всех вариантов принять величину эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта 100 Ом·м.

Наименьшее допустимое расстояние $S_в$ по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода (см. рис.1 и 2) определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта (ρ).

Для зданий высотой не более 30м наименьшее допустимое расстояние $S_в$ = 3м (при $\rho \leq 100$ Ом·м для заземлителей любой конструкции). Для зданий большей высоты определённое выше значение $S_в$ должно быть увеличено на 1м в расчёте на каждые 10м высоты объекта сверх 30м (п.2.3.[5]).

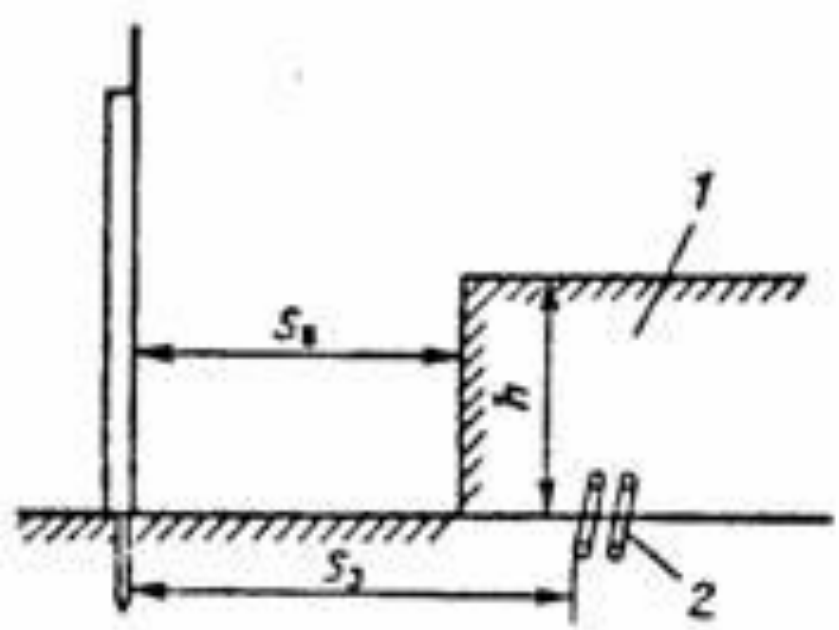


Рис.1 Отдельно стоящий стержневой молниеотвод: 1 - защищаемый объект; 2 - металлические коммуникации

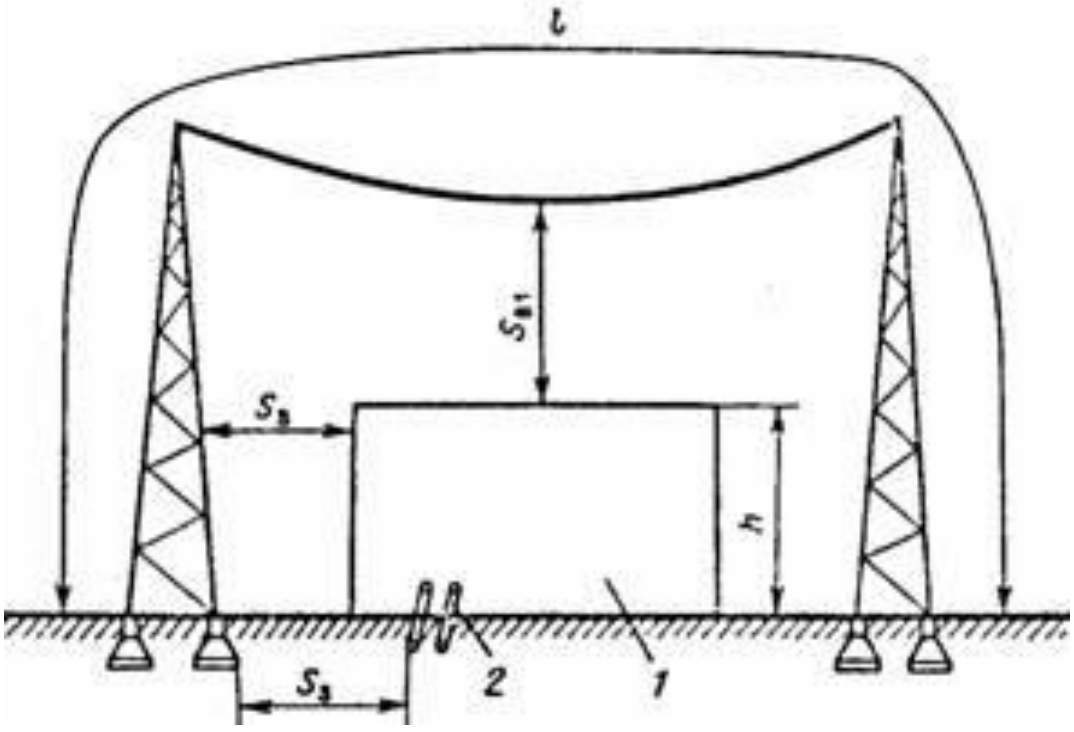


Рис.2 Отдельно стоящий тросовый молниеотвод. Обозначения те же, что и

на рис. 1

Наименьшее допустимое расстояние $S_{в1}$ от защищаемого объекта до троса в середине пролёта (рис.2) определяется в зависимости от конструкции заземлителя, эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта (ρ) и суммарной длины L молниеприёмника и токоотводов.

При длине L < 200м наименьшее допустимое расстояние $S_{в1}$ равно 3,5м (при ρ ≤ 100 Ом·м для заземлителей любой конструкции).

При суммарной длине молниеприёмника и токоотводов L = 200…300м наименьшее допустимое расстояние $S_{в1}$ должно быть увеличено на 2м по сравнению с определёнными выше значениями (п.2.4.[5]).

Зона защиты типа А (Таблица1.[5]).

Зона защиты типа А одиночного стержневого молниеотвода высотой h ≤ 150м имеет следующие габаритные размеры:

$h_0 = 0{,}85h;$
$r_0 = (1{,}1 – 0{,}002h)h;$
$r_x = (1{,}1 – 0{,}002h)(h – h_x/0{,}85).$

При известных значениях h_x и r_x высота молниеотвода будет равна:

$$h = (275 + 0{,}59h_x) - \sqrt{(275 + 0{,}59h_x)^2 - (647h_x + 500r_x)}$$

Зона защиты типа А одиночного тросового молниеотвода высотой h ≤ 150м имеет следующие габаритные размеры:

$h_0 = 0{,}85h;$
$r_0 = (1{,}35 – 0{,}0025h)h;$
$r_x = (1{,}35 – 0{,}0025h)(h – h_x/0{,}85).$

При известных значениях h_x и r_x высота молниеотвода будет равна:

$$h = (270 + 0{,}6h_x) - \sqrt{(270 + 0{,}6h_x)^2 - (635h_x + 400r_x)}$$

Определение расстояния r_x от отдельно стоящего стержневого молниеотвода (при определении его минимальной высоты h_{min}) до наиболее удалённой точки здания (на уровне высоты здания h_x):

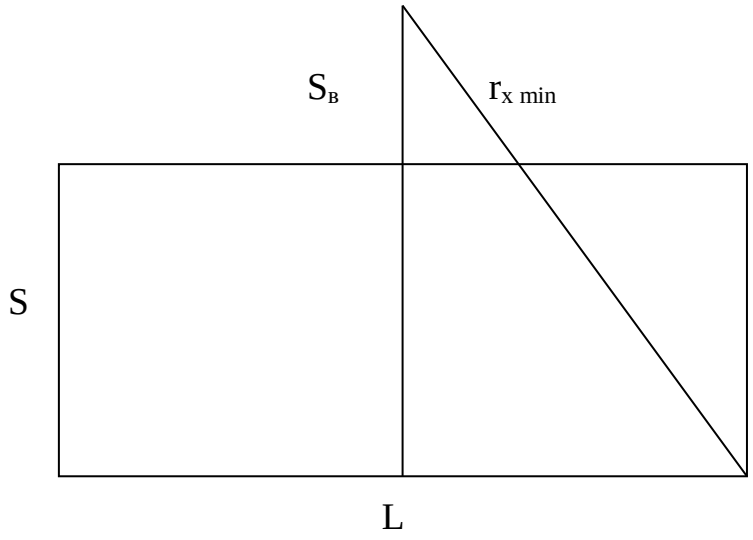


Рис.3

$r_x = \sqrt{(S_B + S)^2 + (\frac{L}{2})^2}$.

Где:
$S_в$ – расстояние по воздуху от молниеотвода до защищаемого здания, м;
S – ширина здания, м;
L – длина здания, м.

Величина r_x для одиночного тросового молниеотвода (при определении его минимальной высоты h_{min}) равна половине ширины здания.

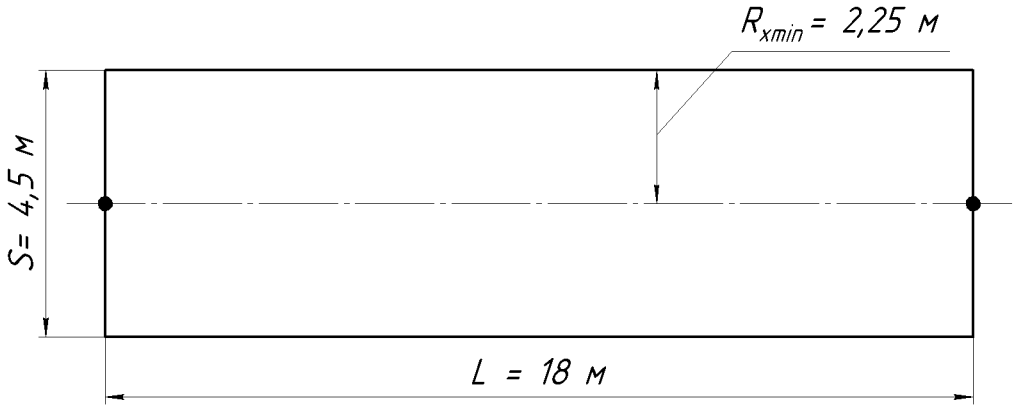
ГЛАВА 4. МОЛНИЕЗАЩИТА

1) Задан одиночный тросовый молниеотвод. По **Таблице 10** Приложения 3 «Справочные материалы» Методических указаний определяем формулы для расчёта параметров зоны защиты h_0 и r_0 (при высоте молниеотвода до 30 метров и надежности зоны защиты 0,99):

$h_0 = 0{,}8h$; $r_0 = 0{,}95h$; $r_x = r_0(h_0 - h_x)/h_0$.

2) Опоры тросового молниеотвода устанавливаем вплотную к торцевым стенам здания. Определяем величину $r_{x\,min}$.

$r_{x\ min}$ для одиночного тросового молниеотвода принимается равным половине ширины здания. $r_{x\,min} = S/2 = 4{,}5 / 2 = 2{,}25$м.



План расположения опор одиночного тросового молниеотвода

3) Определяем минимальную высоту молниеотвода $h_{\min}$. Для этого в формуле для определения r_x выражаем h_0 и r_0 через h. Преобразовывая выражение получим формулу для определения минимальной высоты молниеотвода.

$$r_x = r_0(h_0 - h_x) / h_0$$

$$r_x = \frac{0{,}95h(0{,}8h - h_x)}{0{,}8h} = \frac{0{,}95(0{,}8h - h_x)}{0{,}8};$$

$$0{,}8r_x = 0{,}95 \cdot 0{,}8h - 0{,}95 \cdot h_x;$$

$$0{,}95 \cdot 0{,}8 \cdot h = 0{,}8r_x + 0{,}95h_x;$$

$$h = \frac{r_x}{0{,}95} + \frac{h_x}{0{,}8}.$$

Таким образом, минимальная высота молниеотвода составит:

$$h_{\min} = \frac{r_{x\min}}{0,95} + \frac{h_x}{0,8} = \frac{2,25}{0,95} + \frac{4}{0,8} = 7,4 \text{ м}.$$

4) Проверяем выполнение условия: $h_{зад.} \geq h_{\min}$.

6 м = $h_{зад.}$ < $h_{\min}$ = 7,4 м. Условие не выполняется. Для обеспечения требуемой надежности молниезащиты необходимо заменить заданную высоту молниеотвода 6м на расчётную минимальную высоту молниеотвода 7,4 м.

При высоте молниеотвода 7,4 м высота зоны защиты составит $h_0 = 0,8h = 0,8 \cdot 7,4 = 5,92$ м, а радиус зоны защиты на уровне земли в торцевых частях здания $r_0 = 0,95h = 0,95 \cdot 7,4 = 7,03$ м.

Учитывая некоторое провисание троса, высоту опор необходимо принять больше высоты молниеотвода на 3% расстояния между опорами: $h_{on} = h + 0,03L = 7,4 + 0,03 \cdot 18 = 7,94$ м.

5) Схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода приведена в графической части курсового проекта (Приложение 2).

ГЛАВА 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ЗАПРОЕКТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПУЭ

В Заключении необходимо предложить мероприятия по устранению выявленных в результате рассмотрения электротехнической части проекта нарушений требований норм и правил пожарной безопасности.

Предлагаемые мероприятия должны быть технически выполнимыми, экономически целесообразными и должны сопровождаться ссылкой на соответствующий документ.

При составлении заключения необходимо учитывать следующее:

– предлагаемые мероприятия следует излагать четко, кратко, с обоснованием требований норм проектирования, а их изложение должно исключать неоднозначное толкование при выполнении;

– необходимо указывать непосредственно требования по выполнению норм проектирования, а не способ их выполнения;

– мероприятия излагаются с использованием таких слов, как «заменить», «необходимо», «следует»;

– противопожарные мероприятия, не предусмотренные нормами проектирования, излагаются с использованием слов «рекомендуется», «целесообразно».

См. Пример выполнения Главы 5 Курсового проекта на стр.58.

ГЛАВА 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ЗАПРОЕКТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПУЭ

1. Заменить электродвигатель с маркировкой по взрывозащите 1ExdIIBT1 в силовой сети на электродвигатель с уровнем взрывозащиты «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва», для взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (IIBT2). ПУЭ **7.3.60, 7.3.66, табл.7.3.3, табл.7.3.10.**

2. Заменить электродвигатель с маркировкой по взрывозащите П1Г в силовой сети на электродвигатель с уровнем взрывозащиты «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва», для взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (IIBT2). ПУЭ **7.3.60, 7.3.66, табл.7.3.3, табл.7.3.10.**

3. Заменить электродвигатель с маркировкой по взрывозащите Н2Б в силовой сети на электродвигатель с уровнем взрывозащиты «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва», для взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (IIBT2). ПУЭ **7.3.60, 7.3.66, табл.7.3.3, табл.7.3.10.**

4. Заменить магнитный пускатель с маркировкой по взрывозащите НМА в силовой сети на магнитный пускатель с уровнем взрывозащиты «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва», для взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (IIBT2). ПУЭ **7.3.60, 7.3.68, табл.7.3.3, табл.7.3.11.**

5. Заменить электрический светильник с маркировкой по взрывозащите Н0А в осветительной сети на электрический светильник с уровнем взрывозащиты «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва», для взрывоопасной смеси растворителя АКР с воздухом (IIBT2). ПУЭ **7.3.60, 7.3.76, табл.7.3.3, табл.7.3.12.**

6. Заменить кабель АСБ 3×95+1×35 магистральной линии электрической сети (1 участок), проложенный в земле, на кабель СБ 3×150+1×50 и проложить его также в земле. По результатам проверочного теплового расчёта.

7. Заменить кабель НРБ 3×6+1×4 в силовой сети (2 участок), проложенный на лотке, на кабель НРБГ 3×50+1×25 и проложить его также на лотке. ПУЭ

7.3.108. По результатам проверочного теплового расчёта.
8. Заменить провод АПР 2(1×4) в осветительной сети (4 участок), проложенный на скобах, на провод ПР 2(1×4) и проложить его в стальной водогазопроводной трубе. ПУЭ **7.3.93, 7.3.118, табл. 7.3.14.**

9. Заменить плавкий предохранитель ПР-2-600/350 в силовой сети (2 участок) на плавкий предохранитель ПР-2-350/225. ПУЭ **3.1.4.** По результатам проверочного теплового расчёта.

10. Заменить автоматический воздушный выключатель (автомат) А3161 с номинальным током теплового расцепителя 25А в осветительной сети (4 участок) на автоматический воздушный выключатель (автомат) А3161 с номинальным током теплового расцепителя 15А. ПУЭ **3.1.4.** По результатам проверочного теплового расчёта.

11. Увеличить высоту одиночного тросового молниеотвода с 6 м до 7,4м. СО 153-34.21.12-2003. **п.3.3.2.2, таблица 3.5.**

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Графическая часть курсового проекта выполняется на листах формата А3 и состоит из двух чертежей:

1) однолинейная расчётная схема силовой и осветительной сети;

2) схема зоны защиты одиночного стержневого (тросового) молниеотвода.

При выполнении графической части проекта необходимо соблюдать требования ЕСКД, в том числе шрифт, толщину и типы линий, обозначения размеров и т.д.

На однолинейной расчётной схеме силовой и осветительной сети над условными обозначениями участков сети указываются заданные характеристики кабелей (проводов) и аппаратов защиты, под ними (при необходимости) − предлагаемые.

В зависимости от уровня взрывозащиты, светильники имеют условное обозначение:



уровень взрывозащиты «Взрывобезопасное электрооборудование»-1



уровень взрывозащиты «Электрооборудование повышенной надёжности против взрыва»-2

Схема зоны защиты молниеотвода выполняется в 3 проекциях с обязательным соблюдением масштаба. Масштаб принимается для всех вариантов Курсового проекта единый: 1:200. В исключительных случаях (чертёж получается или слишком маленький, или слишком большой) допускается масштаб: 1:100 или 1:400.

Размеры на чертеже схемы зоны защиты молниеотвода указываются в миллиметрах.

В верхнем поле основной надписи чертежей указывается:

КП *пробел* **40.05.03** *номер_варианта_задания*;

например: **КП 40.05.03.045**

Графическую часть курсового проекта допускается выполнять с помощью систем автоматизированного проектирования (КОМПАС, AutoCAD и т.п.) **при соблюдении всех вышеперечисленных требований**.

Чертежи складываются «гармошкой» (каждый по отдельности) и подшиваются таким образом (за поле подшивки), чтобы угловой штамп полностью оказался наверху.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями №247-ФЗ от 09.11.2009г, №117-ФЗ от 10.07.2012г).

2. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Утверждены Постановлением Правительства РФ №390 от 25.04.2012г.

3. Правила устройства электроустановок: все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Вып. 7, с изм. и доп. − Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2008. − 853 с.: ил.

4. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.

5. РД 34.21.122 – 87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений /Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 56с.

6. Баратов А.Н. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2-х книгах. – М.: Химия, 1990.

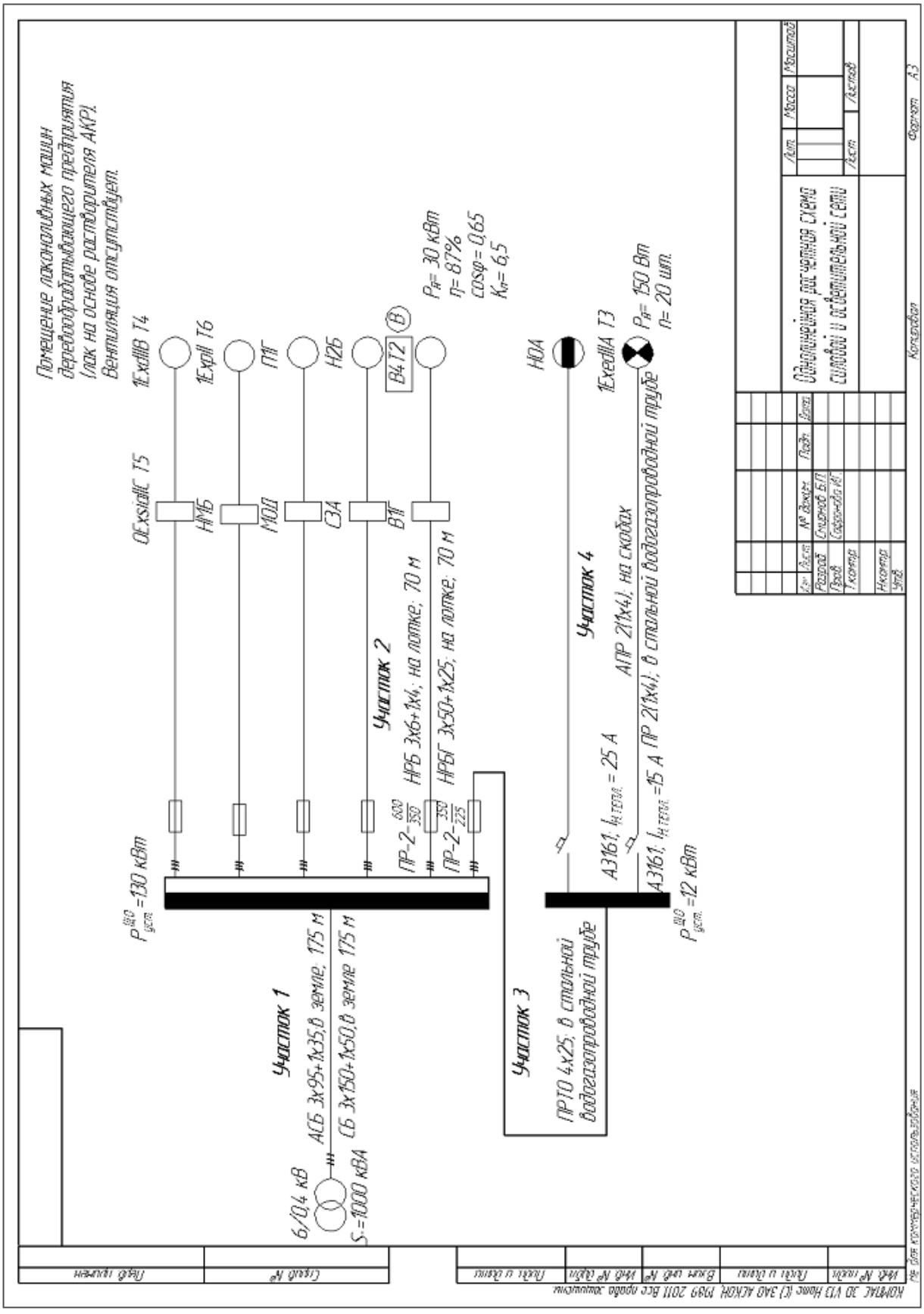
7. Алиев И.И. Кабельные изделия: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. − М.: Высшая школа, 2004. − 230 с.: ил.

8. Черкасов В.Н., Зыков В.И. Обеспечение пожарной безопасности электроустановок: Учебное пособие. − М.: ООО «Издательство «Пожнаука» , 2010. − 377 с.

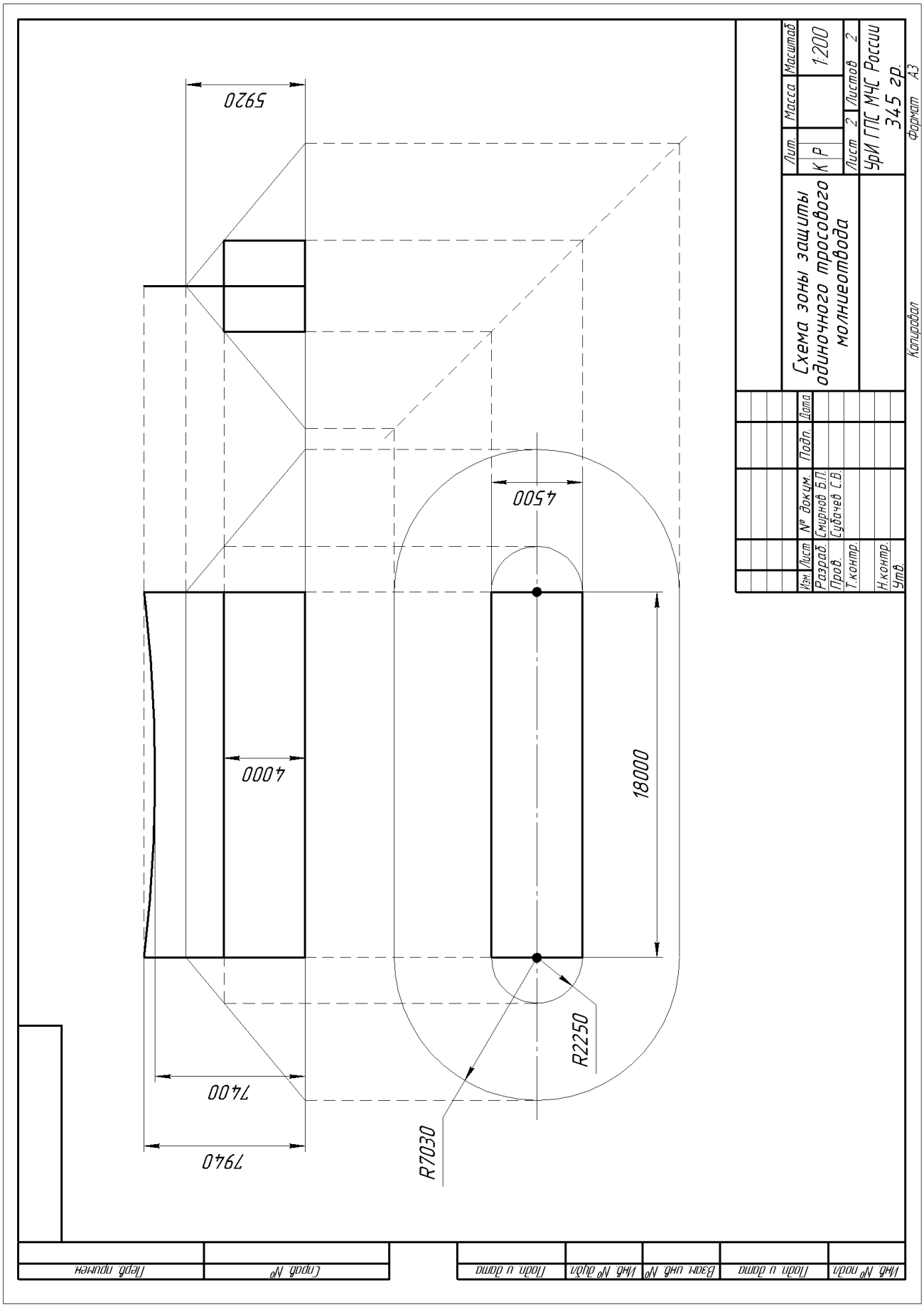
9. Клубань В.С. и др. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса: Учебник. – М.: Стройиздат, 1987. – 477 с.

10. Алексеев М.В., Смирнов В.М. Пожарная профилактика в технологических процессах, связанных с обращением горючих и легковоспламеняющихся жидкостей: Учебное пособие. – М.: Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1955. – 292 с.

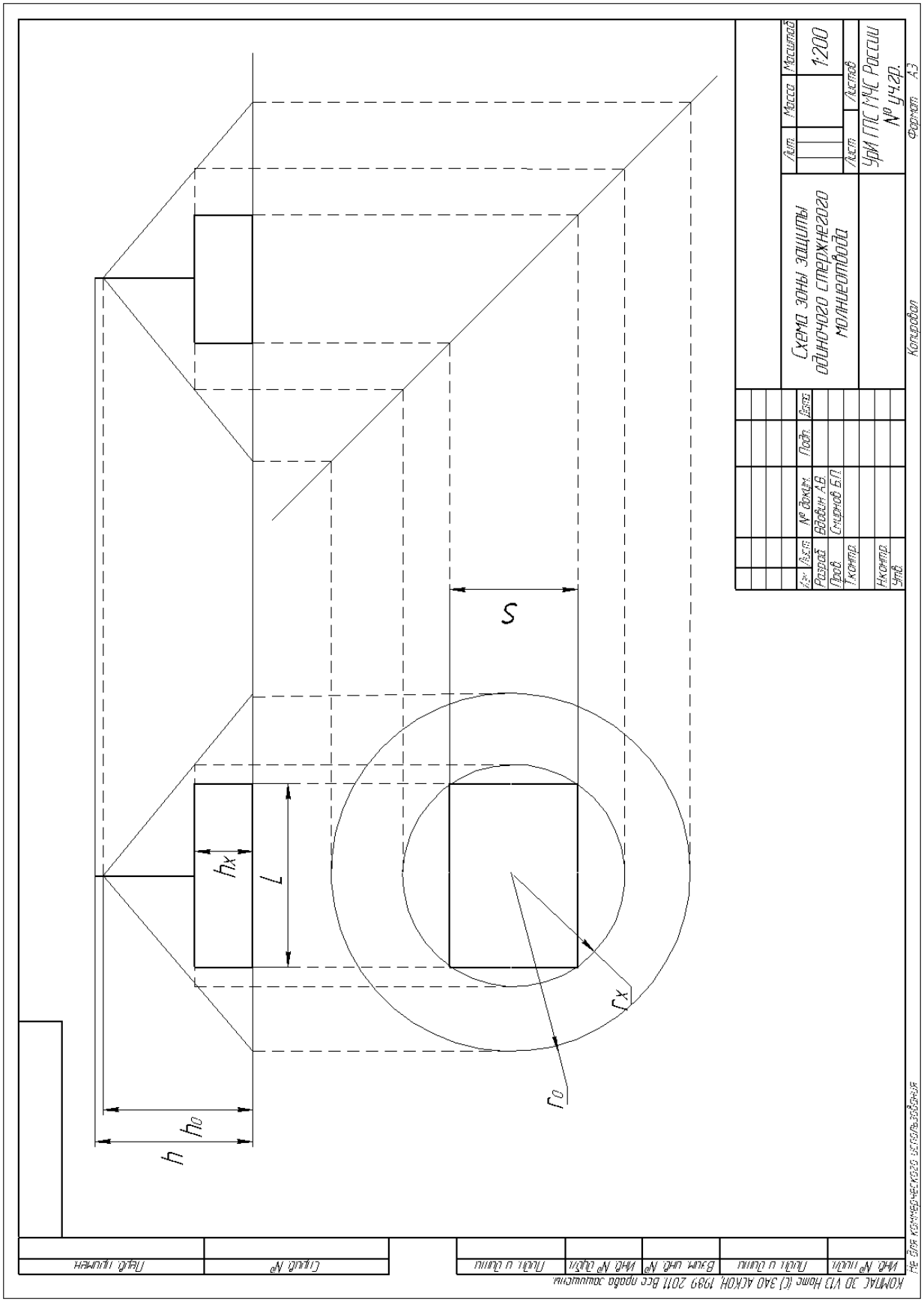
Приложение 1



Приложение 2

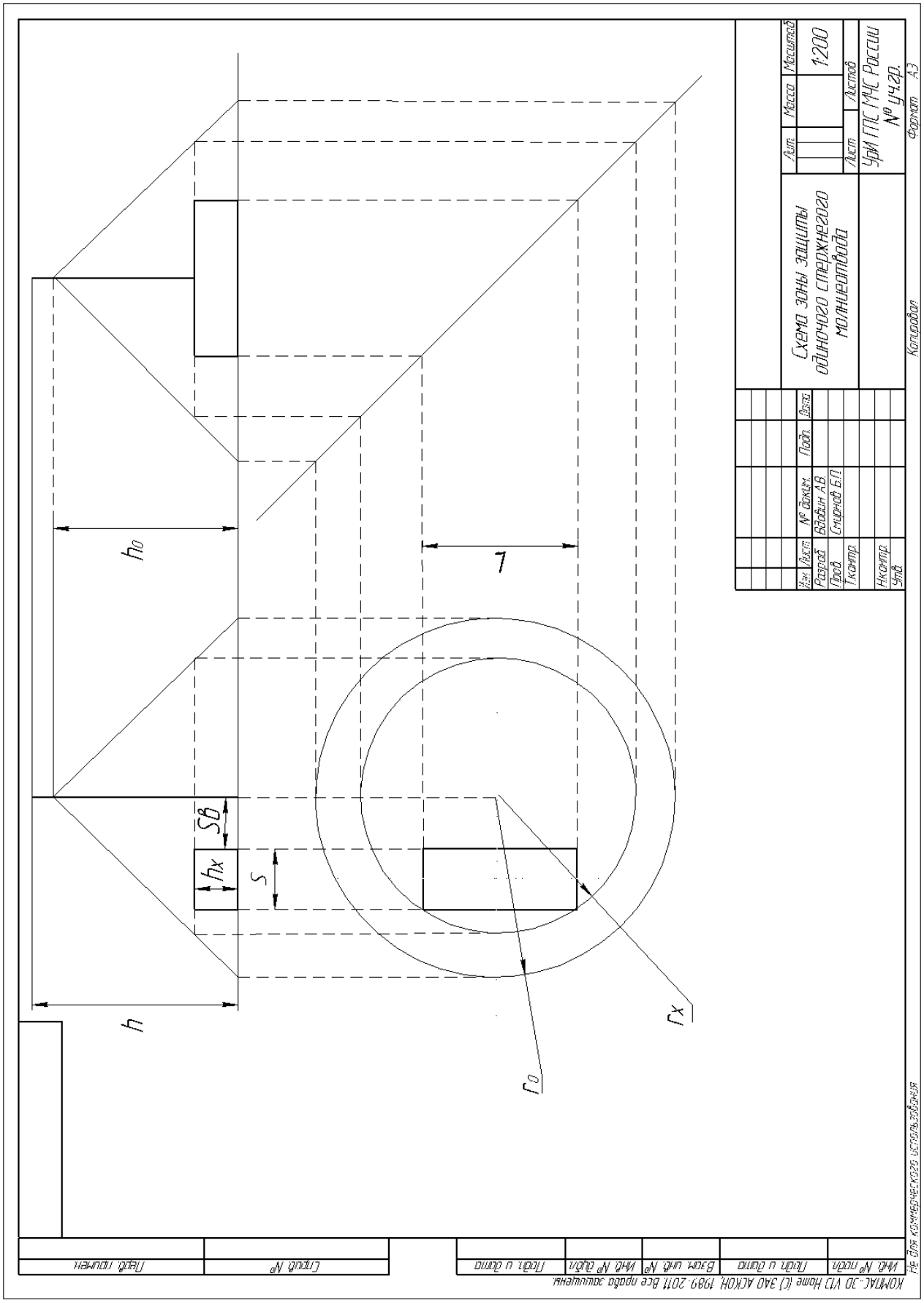


Приложение 3



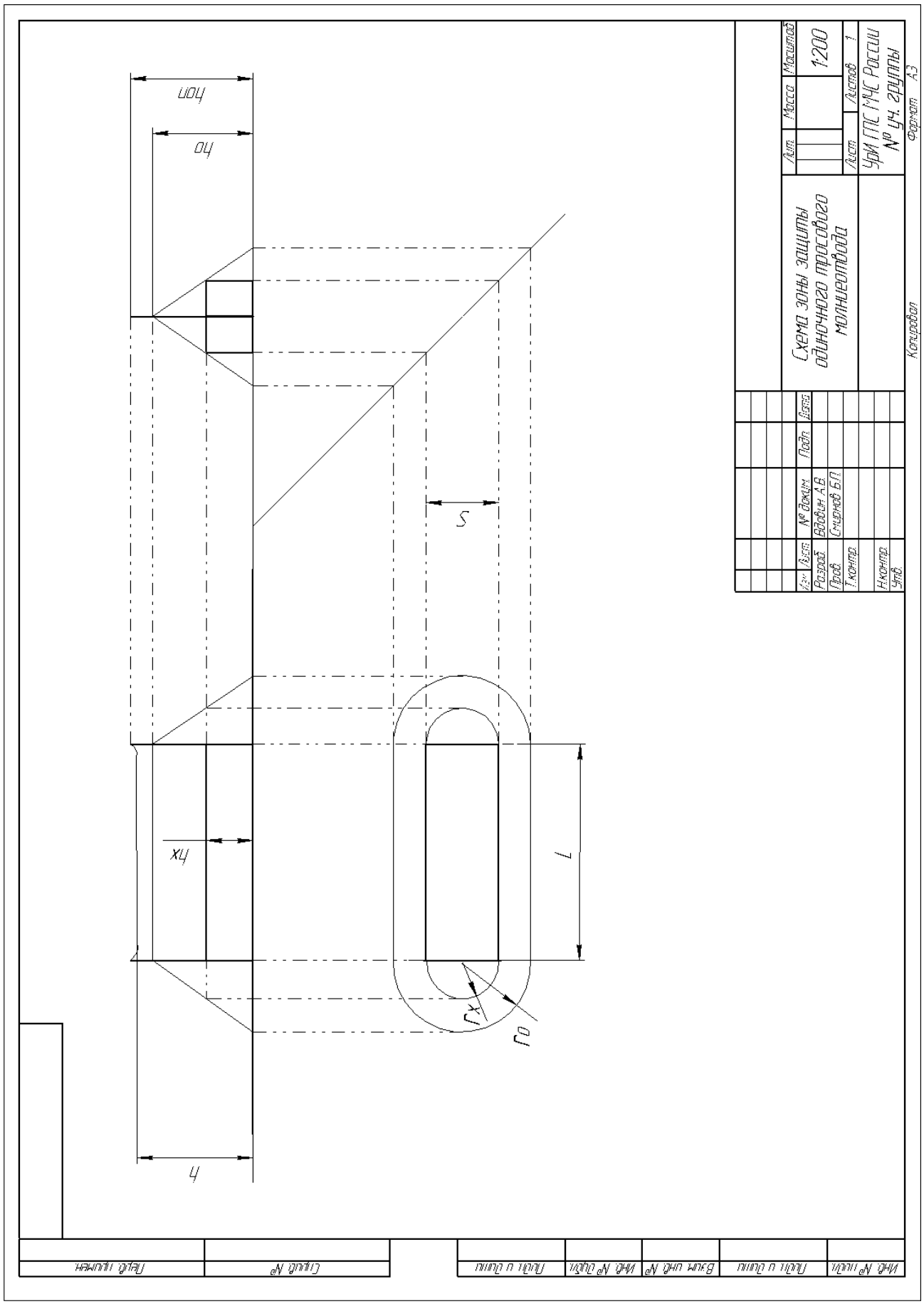
Приложение 4

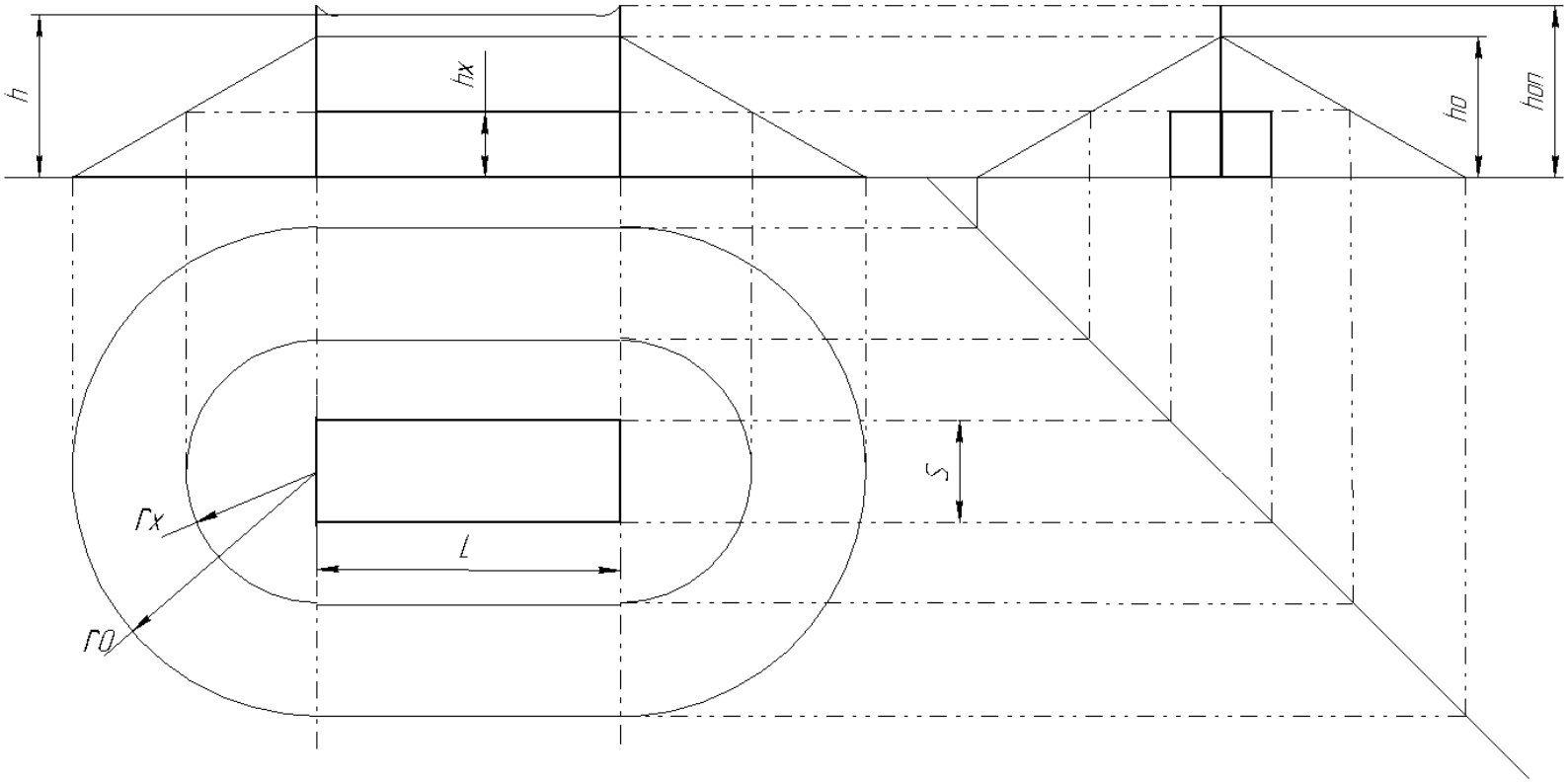
Приложение 5



Приложение 6

Приложение 7





Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема зоны защиты одиночного тросового молниеотвода	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Бдовин А.В.						1:200
Пров.		Смирнов Б.П.				Лист	Листов 1	
Т.контр.						УрИ ГПС МЧС России № уч. группы		
Н.контр.								
Утв.								

Копировал Формат А3

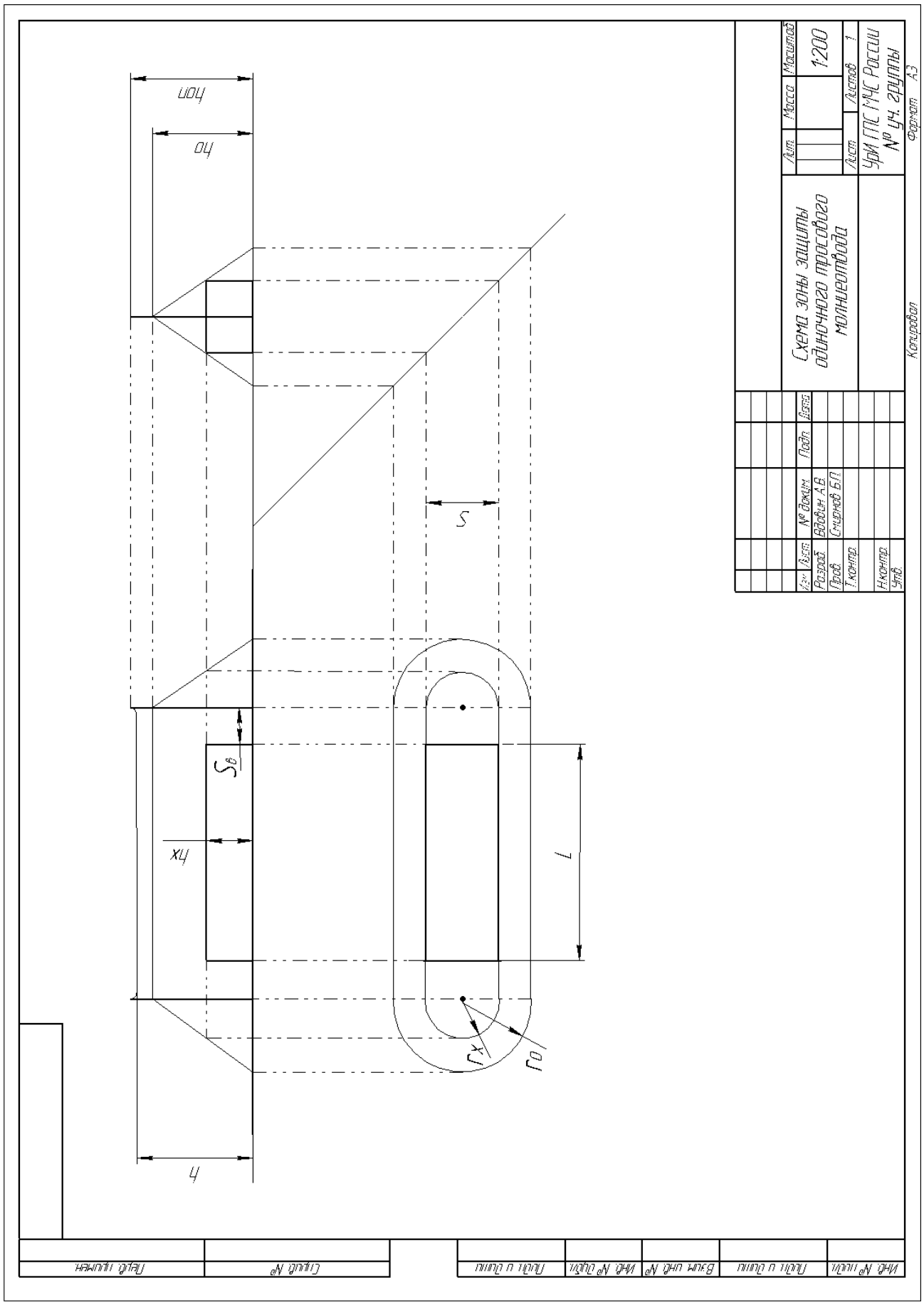
Перв. примен.

Справ. №

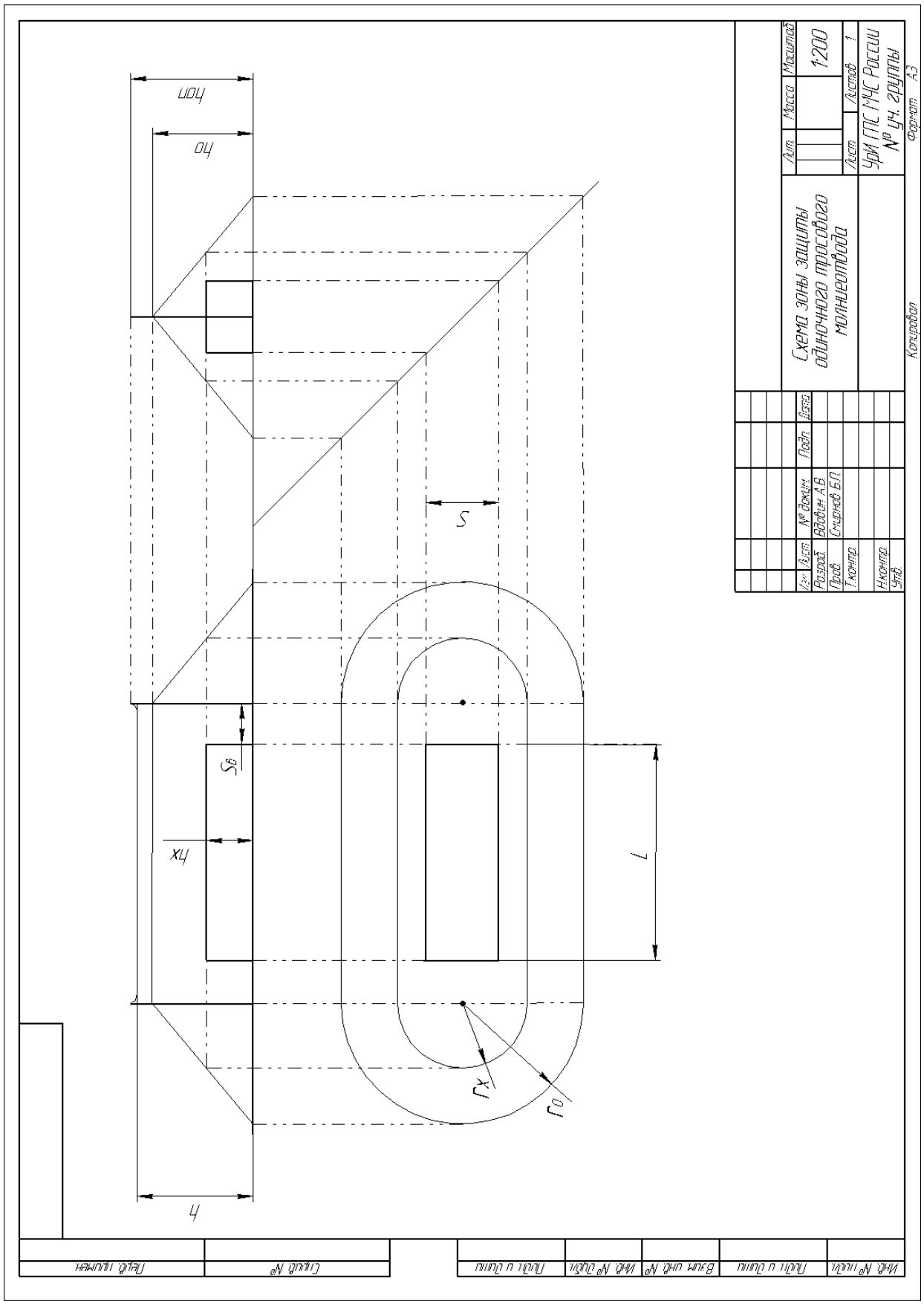
Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

Приложение 8

Приложение 9



Приложение 10



Приложение 11

Таблица 1

Номинальная площадь сечения нулевой жилы для 4-жильных кабелей с нулевой жилой уменьшенного сечения

Номинальная площадь сечения основных жил кабелей, мм^2	Номинальная площадь сечения нулевой жилы уменьшенного сечения, мм^2		
	Кабели с бумажной изоляцией	Кабели с пластмассовой изоляцией	Кабели с резиновой изоляцией
4	-	2,5	2,5
6	-	4	4
10	6	6	6
16	10	10	10
25	16	16	16
35	16	16	16
50	25	25	25
70	25	35	25
95	35	50	35
120	35	70	35
150	50	70	50
185	50	95	50
240	-	120	70

Таблица 2

Допустимая потеря напряжения в осветительных и силовых сетях

Мощность трансформатора, кВА	Коэффициент загрузки трансформатора	Коэффициент мощности суммарной нагрузки				
		1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
		Допустимая потеря напряжения, %				
160-250	1,0	8,2	6,6	6,1	5,9	5,6
	0,9	8,4	6,9	6,5	6,3	6,0
	0,8	8,6	7,2	6,9	6,7	6,4
	0,7	8,8	7,5	7,3	7,1	6,8
400	1,0	8,6	6,8	6,3	6,0	5,7
	0,9	8,7	7,1	6,7	6,4	6,1
	0,8	8,8	7,4	7,1	6,8	6,5
	0,7	8,9	7,7	7,5	7,2	6,9
630-1000	1,0	8,7	6,5	5,8	5,5	5,0
	0,9	8,8	6,8	7,2	5,9	5,5
	0,8	8,9	7,1	6,6	6,3	6,0
	0,7	9,0	7,4	7,0	6,7	6,5
1600	1,0	8,9	6,7	5,9	5,5	5,1
	0,9	9,0	7,0	6,3	5,9	5,6
	0,8	9,1	7,3	6,7	6,3	6,1
	0,7	9,2	7,6	7,1	6,7	6,6

Таблица 3

Полное сопротивление трансформатора току КЗ

$S_т$ (кВА)	25	40	63	100	160	250	400	630	Более 630
Z_m (Ом)	3,110	1,949	1,237	0,779	0,487	0,312	0,195	0,129	0

Таблица 4

Активное и реактивное сопротивление трансформатора

$S_т$, кВА	R_m, Ом	X_m, Ом
25	0,16	0,32
40	0,1	0,20
63	0,05556	0,111111
100	0,035	0,07
160	0,021875	0,04375
250	0,01	0,03
400	0,00625	0,01875
630	0,003968	0,011905
1000	0,0022	0,0088
1600	0,001375	0,0055

Таблица 5

Конструктивные элементы кабелей

Буквенное обозначение	Место буквы в обозначении марки кабеля	Значение буквенного обозначения	Примеры
Токопроводящая жила			
А	Первая или вторая буква	Алюминиевая	АСБ, ЦАСШв, ЦААБл,АКРВГЭ
Без обозначения	В начале марки	Медная	СБ, ЦСШв, КРНБГ
(ож)	В конце марки в скобках	Однопроволочные жилы	ААГ (ож)
Изоляция жил			
Без обозначения	После обозначения жилы	Бумажная пропитанная	ААГ, СПШв
Ц	Первая буква	Бумажная, пропитанная нестекающим составом	ЦАСКл, ЦСП, ЦСБ
В	В конце марки через тире	Бумажная с обедненной пропиткой	АСБ2л-В, СБУ-В
У	В конце марки		ААБлУ, ААШвУ
з	В конце марки	Бумажная с повышенными температурами нагрева	АВВГз, ВВГз
		Заполнитель из поливинилхлорида	АВАШв, ВВГ, АВБбШв
В	После обозначения жилы	Поливинилхлоридная	АПВБ, ПВГ, АКПВБ
П	После обозначения жилы	Полиэтиленовая	АПсВГ, КПсВБГ
Пс	После обозначения жилы	Из самозатухающего полиэтилена	АПвсБбШв, ПвсВГ
Пвс	После обозначения жилы	Из вулканизированного самозатухающего полиэтилена	АПвВБ, ПвАШв
Пв	После обозначения жилы	Из вулканизированного полиэтилена	АСРБ, ВРБГ, НРГ
Р	После обозначения оболочки (для силовых кабелей)	Резиновая	АКРНБбГ, КРНГ
Р	После обозначения жилы (для контрольных кабелей)	Резиновая	
Оболочка			
А	После обозначения жилы (для кабелей с бумажной изоляцией)	Алюминиевая	ААГ, ЦААПл, АБлУ
А	После обозначения изоляции (для кабелей с пластмассовой изоляцией)	Алюминиевая	АПАШв
СТ	После обозначения изоляции	Стальная гофрированная	АПСТШп, ВСТШв
В	После обозначения изоляции (кроме силовых кабелей с резиновой изоляцией)	Поливинилхлоридная	АВВГ, ПВБ, КРВГ
В	После обозначения жилы (для силовых кабелей с резиновой изоляцией)	Поливинилхлоридная	АВРБГ, ВРГ
С	После обозначения жилы (кроме контрольных кабелей)	Свинцовая	АСРГ, СРБ, СГ, АСБн, СБУ
С	После обозначения изоляции (для контрольных кабелей)	Свинцовая	КРСГ, КРСБ
П	После обозначения изоляции	Полиэтиленовая	АППБ, АВПГ
Н	После обозначения жилы (кроме контрольных кабелей)	Резиновая маслостойкая, не распространяющая горение(найритовая)	АНРГ, НРБГ
Н	После обозначения изоляции (для контрольных кабелей)	То же	АКРНБГ, КРНГ
О	На первом или втором месте	Отдельная оболочка каждой жилы	АОСБУ, ОСБУ

Подушка под броней

Без обозначения	После обозначения брони	Нормальная (битум, кабельная бумага, кабельная пряжа)	АСБГ, ЦСПн, СПШв
л	То же	Усиленная (битум, кабельная бумага, кабельная пряжа, один слой пластмассовой ленты)	ААБ<u>л</u>, СП<u>л</u>, АСП<u>л</u>н
2л	То же	Особо усиленная (битум, кабельная бумага, кабельная пряжа, два слоя пластмассовой ленты)	ААБ<u>2л</u>, ЦААП<u>2л</u>
п	То же	С полиэтиленовым (ПЭ) шлангом (битум, пластмассовая лента, ПЭ шланг, кабельная бумага)	ААБ<u>п</u>У, АБ<u>п</u>У
в	То же	С поливинилхлоридным (ПВХ) шлангом (битум, пластмассовая лента, ПВХ шланг, кабельная бумага)	ААБ<u>в</u>Г, ЦААБ<u>в</u>
б	То же	Без подушки	АПБ<u>б</u>Шв, ПВБ<u>б</u>Г

Броня

Б	После обозначения оболочки	Две стальные оцинкованные ленты	АС<u>Б</u>л, КПВ<u>Б</u>Г, ВР<u>Б</u>н, В<u>Б</u>бШв
П	То же	Плоские стальные оцинкованные проволоки	АА<u>П</u>лГ, ЦАА<u>П</u>лШв
К	То же	Круглые стальные оцинкованные проволоки	КПВ<u>К</u>бШв

Наружный покров

Без обозначения	В конце обозначения марки кабеля	Нормальный (битум, кабельная пряжа)	АСБ, СП, ААБл
н	То же	Негорючий (негорючий состав, пряжа из штапелированного стекловолокна)	СБ<u>н</u>, АСБл<u>н</u>, КРВБ<u>н</u>
Шп			ААБ2л<u>Шп</u>,ПСТ<u>Шп</u>
Шв		С полиэтиленовым шлангом	СП<u>Шв</u>, ААБ2л<u>Шв</u>, КПБб<u>Шв</u>
Г		С поливинилхлоридным шлангом	СРБ<u>Г</u>, АА<u>Г</u>,
		Без наружного покрова	АКПсВ<u>Г</u>

Другие конструктивные характеристики кабеля

Э	В конце марки	Экранированный	АКРВГ<u>Э</u>
П	В конце марки через тире	Плоский кабель	КВВГ-<u>П</u>
К	В начале марки, после обозначения жилы	Контрольный кабель	А<u>К</u>ПВБ, КРС<u>К</u>

Таблица 6

Установочные провода

Марка	Конструктивные элементы проводов
ПВ	Провод с медной жилой, с поливинилхлоридной (ПВХ) изоляцией.
ПВ-1	Провод с медной жилой, с ПВХ изоляцией.
ПВ-2	Провод гибкий с медной жилой, с ПВХ изоляцией.
ПВ-3	Провод повышенной гибкости, с медной жилой, с ПВХ изоляцией.
ПВ-4	Провод особо гибкий, с медной жилой, с ПВХ изоляцией.
АПВ	Провод с алюминиевой жилой, с ПВХ изоляцией.
ПП	Провод с медной жилой, с полиэтиленовой (ПЭ) изоляцией.
АПП	Провод с алюминиевой жилой, с ПЭ изоляцией.
ПР	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплётке из х/б пряжи, пропитанной противогнилостным составом.
АПР	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в оплётке из х/б пряжи, пропитанной противогнилостным составом.
ПРТО	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплётке из х/б пряжи, пропитанной противогнилостным составом.
АПРТО	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в оплётке из х/б пряжи, пропитанной противогнилостным составом.
ППР	Провод плоский с медными жилами, с резиновой изоляцией, с разделительным основанием.
АППР	Провод плоский с алюминиевыми жилами, с резиновой изоляцией, с разделительным основанием.
ПРВД	Провод гибкий с медными жилами, с резиновой изоляцией, в ПВХ оболочке, двухжильный.
ПРД	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, в оплётке из х/б пряжи, двухжильный.
ППВС	Провод плоский с медными жилами, с ПВХ изоляцией, без разделительного основания.
АППВС	Провод плоский с алюминиевыми жилами, с ПВХ изоляцией, без разделительного основания.
ПППС	Провод плоский с медными жилами, с ПЭ изоляцией.
ПГВ	Провод с медной гибкой жилой, с ПВХ изоляцией.
ПГВА	Провод с медной гибкой жилой, с ПВХ изоляцией.
АППП	Провод плоский с алюминиевыми жилами, с ПЭ изоляцией.
ПРГН	Провод с медной гибкой жилой, с резиновой изоляцией, в резиновой (найритовой) негорючей оболочке.
ВПП	Провод с медной жилой, с ПЭ изоляцией, в ПЭ облочке.
ВПВ	Провод с медной жилой, с ПЭ изоляцией, в ПВХ облочке.
ПВВЗ	Провод с медной жилой, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке с круглым защитным проводом.

ПРН	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в резиновой (найритовой) негорючей оболочке.
АПРН	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в резиновой (найритовой) негорючей оболочке.
ПРП	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в оплётке из стальных оцинкованных проволок, многожильный.
ПРРП	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке, в оплётке из стальных оцинкованных проволок.
АПРРП	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке, в оплётке из стальных оцинкованных проволок.
ПРФ	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в металлической фальцованной защитной оболочке из сплава АМЦ.
АПРФ	Провод с алюминиевой жилой, с резиновой изоляцией, в металлической фальцованной защитной оболочке из сплава АМЦ.
ПРФл	Провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, в металлической фальцованной защитной оболочке из латуни.

Таблица 7

Технические данные плавких предохранителей

Тип	Номинальный ток предохранителя, А	Номинальный ток стандартной плавкой вставки, А	Предельный ток отключения при напряжении 380В, А
ПР-2	15 60 100 200 350 600	6, 10, 15 15, 20, 25, 35, 45, 60 60, 80, 100 100, 125, 160, 200 200, 225, 260, 300, 350 350, 430, 500, 600	800 4500 11000 11000 13000 23000
ПН-2	100 250 400 630	30, 40, 50, 60, 80, 100 80, 100, 125, 160, 200, 400 200, 250, 315, 335, 400 315, 400, 500, 630	100000 100000 40000 25000
НПН-15	15	6, 10, 15	10000
НПН-60м	60	20, 25, 35, 45, 60	10000
НПН2-60	60	6, 10, 16, 20, 25, 30, 40, 60	10000
КП	60 200 350	10, 15, 20, 25, 35, 45, 60 60, 80, 100, 125, 160, 200 200, 225, 260, 350	11000 11000 11000

Таблица 8

Технические данные автоматических воздушных выключателей (автоматов)

Тип	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток расцепителя, А		Ток срабатывания эл. магн. расцепителя, А
		Тепловой	Электро-магнитный	
АП-50	50	1,6 2,5 4 6,4 10 16 25 40 50	1,6 2,5 4 6,4 10 16 25 40 50	1 17,5 28 45 70 110 175 280 350
А3161	50	15 20 25 30 40 50	- - - - - -	- - - - - -
А3113	100	15 20 25 30 40 50 60 80 100	15 20 25 30 40 50 60 80 100	150 200 250 300 400 500 600 800 1000
АЕ1031-11	25	6 10 16 25	6 10 16 25	72 120 192 300
АЕ1031-12	25	6 10 16 25	- - - -	- - - -
АЕ1031-13	25	- - - -	6 10 16 25	72 120 192 300

AE2053	100	- - - - - - - - -	16 20 25 32 40 50 60 80 100	192 240 300 384 480 600 720 960 1200
AE2056	100	16 20 25 32 40 50 60 80 100	16 20 25 32 40 50 60 80 100	192 240 300 384 480 600 720 960 1200

Таблица 9

Расчёт зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надёжность защиты	Высота молниеотвода (h), м	Высота зоны защиты (h_o), м	Радиус зоны защиты на уровне земли (r_o), м
0,9	0 – 100	0,85h	1,2h
0,99	0 – 30	0,8h	0,8h
0,999	0 – 30	0,7h	0,6h

Таблица 10

Расчёт зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надёжность защиты	Высота молниеотвода (h), м	Высота зоны защиты (h_o), м	Радиус зоны защиты на уровне земли (r_o) в торцевой части здания, м
0,9	0 – 150	0,87h	1,5h
0,99	0 – 30	0,8h	0,95h
0,999	0 – 30	0,75h	0,7h