

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра электроэнергетики и электротехники**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

« \_\_\_\_\_ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ И КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

**Б1.В.ДВ.12.2**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Электроснабжение**

Программа академического бакалавриата

Квалификация выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	32
4.4 Практические занятия.....	32
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	32
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>33</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>34</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>34</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>35</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>35</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ .....	35
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>79</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>80</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>81</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>85</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>86</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

- ознакомить обучающихся с конструкциями воздушных линий и кабельных линий, их монтажом, приспособлениями для монтажа, условиями эксплуатации.

## Задачи дисциплины

- изучить приемы монтажа воздушных линий и кабельных линий.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	<b>знать:</b> – основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний; – классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения; – оборудование необходимое для электромонтажных работ; <b>уметь:</b> – обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике; <b>владеть:</b> – методами и технологиями монтажа и эксплуатации основного электрооборудования.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.12.2 Монтаж воздушных и кабельных линий относится к элективной части.

Дисциплина Монтаж воздушных и кабельных линий базируется на знаниях, полученных при изучении учебной дисциплины электрические и электронные аппараты.

Основываясь на изучении данной дисциплины, дисциплина монтаж воздушных и кабельных линий представляет основу для изучения дисциплин: техника высоких напряжений; передача электрической энергии на расстояние.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Очная</b>	3	5	144	51	17	17	17	66	-	экзамен
<b>Заочная</b>	4	-	144	12	4	4	4	123	-	экзамен
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	2	-	144	12	4	4	4	123	-	экзамен

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоёмкости

Вид учебных занятий	Трудоёмкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	51	15	51
Лекции (Лк)	17	10	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	-	17
Практические занятия (ПЗ)	17	5	17
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	66	-	66
Подготовка к лабораторным работам	22	-	22
Подготовка к практическим занятиям	22	-	22
Подготовка к экзамену в течение семестра	22	-	22
<b>III. Промежуточная аттестация</b> экзамен	27	-	27
Общая трудоёмкость дисциплины ..... час.	144	-	144
зач. ед.	4	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Организация электромонтажных работ. Основная документация.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4</b>
1.1.	Организация электромонтажных работ.	1,5	0,5	-	-	1
1.2.	Структура электромонтажного предприятия.	1,5	0,5	-	-	1
1.3.	Задачи отдельных подразделений.	1,5	0,5	-	-	1
1.4.	Основная документация к выполнению ЭМР	1,5	0,5	-	-	1
<b>2.</b>	<b>Монтаж воздушных линий.</b>	<b>48</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>24</b>
2.1.	Выбор трассы ВЛ. Пикетная разбивка трассы.	2	2	-	-	
2.2.	Строительные работы. Земляные работы. Фундаменты опор. Типы опор.	2	2	-	-	
2.3.	Провода воздушных линий. Напряжение ВЛ.	44	2	8	10	24
<b>3.</b>	<b>Монтаж кабельных линий электропередачи.</b>	<b>44</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>23</b>
3.1.	Выбор трассы КЛ. Подготовительные работы на трассе. Способы прокладки кабеля.	2	2	-	-	-
3.2.	Соединение и оконцевание кабелей. Кабельные муфты. Соединение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.	42	3	9	7	23
<b>4.</b>	<b>Эксплуатация воздушных и кабельных линий.</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15</b>
4.1.	Сдача воздушных линий в эксплуатацию.	7	2	-	-	5
4.2.	Эксплуатация кабельных линий в условиях Восточной Сибири.	12	2	-	-	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>117</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>66</b>

- для заочной формы обучения:

№ раздела	Наименование раздела	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Организация электромонтажных работ. Основная документация.</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>30</b>

2.	Монтаж воздушных линий.		1	1.5	1.5	31.5
3.	Монтаж кабельных линий электропередачи.		1	1.5	1.5	31.5
4.	Эксплуатация воздушных и кабельных линий.		1	1	1	30
	<b>ИТОГО</b>	<b>135</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>123</b>

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела	Наименование раздела	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Организация электромонтажных работ. Основная документация.	31	1	-	-	30
2.	Монтаж воздушных линий.		1	1.5	1.5	31.5
3.	Монтаж кабельных линий электропередачи.		1	1.5	1.5	31.5
4.	Эксплуатация воздушных и кабельных линий.		1	1	1	30
	<b>ИТОГО</b>	<b>135</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>123</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Интерактив проводится в форме лекции-беседы, дискуссионного обсуждения. Всего предусмотрено 10 часов.

### Раздел 1. Организация электромонтажных работ. Основная документация

#### 1.1. Организация электромонтажных работ

Строительные и электромонтажные работы (ЭМР) ведутся двумя способами: подрядным и хозяйственным. При подрядном способе работы выполняются постоянными строительномонтажными организациями по заказу предприятия. Если предприятие выполняет строительные и монтажные работы собственными силами, то такой способ называется хозяйственным. Основным способом выполнения электромонтажных работ в настоящее время - подрядный.

Предприятие, для которого выполняется строительство, именуется заказчиком. Основная подрядная общестроительная организация называется генеральным подрядчиком или генподрядчиком. Генподрядчик возглавляет строительство всего объекта и отвечает за сроки и качество выполнения работ, за ввод объекта в эксплуатацию. Для выполнения отдельных видов специальных строительных и монтажных работ генподрядчик может привлекать специализированные подрядные организации, которые называются субподрядными или субподрядчиками.

Производство электромонтажных работ на строящихся и реконструируемых предприятиях осуществляют специализированные электромонтажные управления, которые входят в состав строительномонтажных трестов. Строительномонтажные тресты это крупные организации, специализирующиеся на выполнении определенных строительных работ: строительство объектов жилищного, гражданского, промышленного, хозяйственного строительства; строительство и ремонт автомобильных дорог; строительство и устройство наружных и внутренних сетей электроснабжения и освещения, инженерное обустройство сетей электрифицированного транспорта и т.д.

Крупные электромонтажные тресты могут иметь в своём составе несколько электромонтажных управлений (в ОАО «Белэлектромонтаж» таких управлений более десятка), а так же вспомогательные управления и производства, например, предприятия занимающиеся производством и комплектованием объектов электромонтажными изделиями.

Электромонтажные управления, как правило, включают в себя следующие структурные

подразделения.

- *Служба подготовки производства ЭМР* выполняет весь комплекс подготовительных работ предшествующий электромонтажным работам на объекте монтажа.
- *Монтажные участки*, которые выполняют работы на одном или нескольких объектах. На монтаже крупных и сложных объектов с большим объёмом электромонтажных работ могут быть организованы несколько участков. Отдельные электромонтажные участки специализируются на выполнении отдельных видов работ монтажа. Линейные участки - монтаж воздушных линий, кабельные участки - монтаж кабельных линий, жилучастки - монтаж объектов жилищно-гражданского строительства и др. Монтажные участки возглавляет начальник участка - старший производитель работ. Ему подчинены производители работ (прорабы) и мастера, число которых определяется объёмом и характером работ, размещением объектов монтажа и численностью рабочих на участке. Среднее количество рабочих на одного мастера 15-20 человек, на одного прораба 30-40 человек.
- *Пуско-наладочное подразделение* выполняет наладку и пуск смонтированного электрооборудования.
- *Электротехническая лаборатория* производит испытания и проверяет качество выполненных электромонтажных работ. Кроме того, производит испытания новых материалов, изделий и электромонтажных приспособлений.

### **1.2. Структура электромонтажного предприятия**

В условиях научно-технического прогресса раскрываются значительные возможности в повышении эффективности управления, который наряду с совершенствованием организации производства и интенсивного использования трудовых ресурсов определяет достижение высоких конечных результатов.

Современный этап развития системы управления характеризуется мерами по совершенствованию организационных форм и структур управления и мерами по дальнейшему развитию планирования и экономического стимулирования производства. Система управления охватывает следующие основные понятия: структурную форму организации звеньев управления; процесс управления, выполнения управленческих операций, проведенных с учетом функционального разделения труда в аппарате управления; методы руководства как совокупность способов, приемов, воздействия управляющей системы на управляемый объект; совокупность технических средств для механизации и автоматизации процессов управления.

Изменение масштабов и возрастающая сложность сооружаемых объектов строительства, монтируемого оборудования, технологии производства и экономических отношений требует совершенствования процессов управления, методов руководства и структуры самих органов управления. Только в результате совершенствования методов управления и организации производства и труда в строительстве может увеличиться производительность труда за пятилетие более чем на 10 %. Исключительно большое значение для повышения эффективности управления имеет внедрение автоматизированных систем управления (АСУ). В ближайшие годы в нашей стране будут созданы тысячи АСУ на предприятиях, объединениях, министерствах и ведомствах.

Преобладающим способом выполнения электромонтажных работ, так же как и всех строительно-монтажных работ, является подрядный способ. При этом способе дирекция предприятия, для которого осуществляется строительство, является заказчиком; генеральным подрядчиком становится строительная организация, которая заключает договор с заказчиком на выполнение всех строительно-монтажных работ; субподрядчиком являются специализированные монтажные организации, которые заключают договора с генподрядчиком на выполнение отдельных видов работ. К последним относятся электромонтажные управления и тресты. Структура электромонтажного производства характеризуется значительной территориальной разбросанностью при большом количестве объектов. Работы одновременно ведутся на сотнях объектов сравнительно малой сметной стоимостью (в среднем около 10 тыс. руб.). Электромонтажные тресты и его управления наделены правами социалистического предприятия. Трест включает в себя как самостоятельные хозяйственные единицы монтажные управления, пуско-наладочное управление (ПНУ), управления производственно-технологической комплектации (УПТК). В составе треста также имеются: электротехническая лаборатория, лаборатория экономического анализа, группа проектировщиков и сметчиков. В передовых трестах в настоящее время создаются: управления механизации, которые позволяют более эффективно эксплуатировать и обслуживать имеющийся в тресте транспорт и механизмы; завод электромонтажных заготовок при тресте (на промышленном или строительном балансе), способствующий поднятию производительности труда за счет дальнейшей специализации и выполнения работ по заготовке монтажных узлов и изготовлению конструкций в заводских условиях; производственно-диспетчерский отдел, создаваемый на базе производственного отдела. При отсутствии производственных площадей для заводов электромонтажных заготовок тресты создают на

существующих площадях управлений участки для централизованного изготовления электромонтажных заготовок (заготовки проводов, нормализованных элементов труб, закладных деталей и т. д.).

Монтажные управления состоят из монтажных участков, участка механизации (в передовых управлениях), участка инженерной подготовки производства (УИПП), включающего группу текущей и перспективной подготовки работ, мастерской электромонтажных заготовок, группы сметчиков и нормирования работ, участка комплектации, складирования и транспорта (УКСТ), аппарата управления.

Участки механизации работ по рекомендации ВНИИПЭМ создаются на базе служб главного механика, они призваны выполнять все механизированные работы на правах субподряда у монтажных участков. Это дает возможность более эффективно эксплуатировать крупную и, главное, малую механизацию, которая обслуживается квалифицированными работниками.

Заслуживает внимания проводимый в строительстве эксперимент совмещения обязанностей мастера и бригадира. Сегодня многие бригадиры имеют не только высокую квалификацию рабочего, но и среднетехническое образование. Опыт показывает, что они прекрасно справляются с обязанностями мастера, совмещая и обязанности бригадира. Высвободившиеся штатные единицы можно использовать в УИПП и УКСТ для еще более глубокой подготовки производства и комплектной поставки изделий и материалов в монтажную зону, т. е. тому же мастеру- бригадиру. Это способствует дальнейшему росту производительности труда за счет широкого применения механизации, прогрессивной технологии, индустриализации и блочности монтажа.

Большие задачи стоят в области нормирования труда. Внедрение прогрессивной технологии, механизация электромонтажных работ, применение новых материалов и изделий требуют разработки и использования новых форм и расценок, постоянного обновления сборников единых норм и расценок (ЕНиР). Отставание в пересмотре действующих ЕНиР является тормозом в организации и управлении электромонтажного производства. Хорошо налаженная разработка местных норм во многом способствует правильной организации управления производством.

Роль и значение бригадного подряда по методу Героя Социалистического Труда бригадира Н. А. Злобина в деле поднятия эффективности труда в строительстве трудно переоценить. Эта система дает возможность экономно расходовать материальные и трудовые ресурсы, повышать качество в электромонтажном производстве. Сегодня стало нормой, когда в передовых монтажных управлениях по этому методу работает 60% и более общей численности бригад. Как было отмечено, специализированные монтажные организации на правах субподряда по договору, заключенному с генподрядной строительной организацией, участвуют в выполнении поручаемых им монтажных работ на строящемся объекте, при этом строительные и специализированные организации выполняют работы по совмещенному графику. Эти графики предусматривают поточность и непрерывность работы всех бригад. Соблюдения графиков можно достигнуть только высокой организацией производства, тщательной его подготовкой, планированием и контролем за ходом работ всех организаций, участвующих в строительстве.

Современное управление электромонтажным производством осуществляется с применением диспетчеризации. Эта форма управления позволяет осуществлять планомерный ритмичный контроль за ходом работ, эффективное и своевременное вмешательство в процесс управления, направленное на выполнение главной задачи— своевременный ввод в действие объектов народного хозяйства. Оперативно- диспетчерское управление электромонтажными работами помогает решать эти задачи на основе оперативного планирования производства с учетом его материально-технического обеспечения. Структура оперативно-диспетчерской службы определяется в основном задачами, стоящими перед электромонтажными организациями. Численность диспетчерского персонала зависит от числа структурных подразделений, особенностей работы, удаленности подразделений и технических средств, обеспечивающих работу диспетчерской службы.

В состав оперативно-диспетчерской службы треста входят главный диспетчер, диспетчеры и операторы. В соответствии с рекомендациями «Руководства по системе оперативно-диспетчерского управления производством электромонтажных работ», разработанного Новосибирским проектно-технологическим бюро ВНИИПЭМ, обязанности оперативно-диспетчерской службы возлагают на производственный отдел электромонтажного треста с преобразованием его в производственно-диспетчерский отдел. Главный диспетчер треста подчиняется непосредственно управляющему трестом или его заместителю. В монтажных управлениях в пределах установленной численности административно-управленческого персонала выделяют должность старшего диспетчера. Допускается возлагать обязанности старшего диспетчера на начальника ПТО там, где в штате есть должность заместителя, которому передается часть функций по техническому руководству отделом. Так же как и в составе диспетчерской службы треста, устанавливают должность диспетчера-оператора. Старший диспетчер управления подчиняется начальнику управления или заместителю

начальника управления. Для работы в диспетчерской службе подбирают лиц, имеющих значительный опыт работы в электромонтажном производстве и обладающих соответствующими личными качествами.

Диспетчерская служба треста осуществляет контроль за выполнением монтажными управлениями планов и графиков ввода в действие объектов в устанавливаемые сроки и обеспечением управлений комплектными поставками материально-технических ресурсов в соответствии с устанавливаемыми графиками. Третьей важной функцией является контроль за перераспределением трудовых и материально-технических ресурсов, механизмов и транспортных средств. В обязанности службы входит подготовка оперативно-диспетчерских совещаний, составление сводной информации о ходе работ, подготовка справочной информации для руководства и т. д. В пределах этих обязанностей главного диспетчера треста наделяют распорядительными правами, и его распоряжения обязательны для исполнения всеми работниками диспетчерских служб и руководителями структурных подразделений треста. Обязанности диспетчерской службы управления повторяют в основном функции оперативно-диспетчерской службы треста на уровне задач монтажного управления. Оперативно-диспетчерская служба обрабатывает поступающую к ней информацию. По срокам поступления ее разделяют на текущую и периодическую, по характеру в сфере управления — на контрольную и справочную. Периодическая информация сообщается заранее установленным адресатам по определенной форме в согласованные сроки. Текущая информация возникает в ходе работ постоянно и состоит в основном из сведений, характеризующих отклонения в ходе рабочего процесса, п. как правило, требует оперативного вмешательства диспетчерской службы. Контрольная информация охватывает ключевые вопросы электромонтажного производства, определяющие его состояние, например отклонения от устанавливаемого планом хода выполнения электромонтажных работ, о движении материально-технических и трудовых ресурсов, о выполнении решений оперативно-диспетчерских совещаний и т. п. Справочная информация охватывает ответы на вопросы, которые не могут быть заранее предусмотрены, но без которых затруднительно принять правильное решение. При обработке поступившей информации оперативно-диспетчерская служба осуществляет распределение информации по уровням подчиненности для принятия решений и исполнения.

Для успешного выполнения возлагаемых функций на оперативно-диспетчерскую службу ее обеспечивают исходной документацией. Для уровня монтажного управления это сетевые, календарные и недельно-суточные графики производства работ и подготовки производства по УИПП, МЭЗ и УКСТ, графики поставки оборудования, материалов, приспособлений, механизмов в МЭЗ и объект монтажа, журнал оперативно-диспетчерской информации, протоколы оперативно-диспетчерских совещаний и другая документация, необходимая для оперативного управления.

В процессе организации оперативно-диспетчерской службы создают систему кодирования, шифров, классификаторов и т. д. Способы сбора, обработки, хранения и передачи информации обуславливаются возможностями технических средств, которыми оснащена диспетчерская служба, и характером самой информации. Комплекс технических средств включает аппаратуру каналов связи и переработки информации, ее отображения, оформления, размножения и хранения. Выбор технических средств зависит от объема и характера обрабатываемой информации, структуры управляемой системы, а также обеспечивает надежность и удобство работы операторов.

Система связи охватывает все уровни управления электромонтажным производством. Здесь широко используют диспетчерскую телефонную и радиосвязь, радиотелефон, телеграф, звукозапись и другие средства. Полученную информацию прежде всего фиксируют и отображают. Существуют различные конструкции информационных панелей и табло, стендов, планшетов, мнемосхем контроля и т. д. В развитых оперативно-диспетчерских службах при большом объеме информации применяют более совершенные средства оргтехники; их классифицируют по группам: для составления и изготовления документов, для размножения и копирования, для хранения, поиска и выдачи документов. Диктофонная техника, пишущие и канцелярские машинки, устройства для информации и подготовки данных, малогабаритная вычислительная техника позволяют упростить, ускорить и механизировать изготовление документов.

Диспетчерскую службу всех подразделений располагают на диспетчерских пунктах, обычно состоящих из двух помещений: диспетчерской и аппаратной. В диспетчерской размещают рабочие места персонала, диспетчерский пульт, стенды наглядного отображения информации, пульта управления радиостанциями, телевизионными установками и т. д. В аппаратной располагают вводно-коммутационную аппаратуру, дистанционно-управляемые радиостанции, средства размножения и обработки документации и т. п. Помещение оборудуют с учетом требований достаточной звукоизоляции, освещенности, вентиляции, температурного режима, эстетики и требований эргономики. Соблюдение этих требований создает для работы диспетчеров комфортные условия. Продуктивность и работоспособность диспетчера во многом зависит от организации его рабочего

места. Созданию комфортных условий на рабочем месте способствуют гармоничное сочетание пульта управления и системы наглядного отображения информации при максимальном соответствии условиям эксплуатации, достаточная степень четкости наглядного отображения информации, достаточная освещенность и низкий уровень шума. При проектировании и организации рабочего места учитывают также логику действий диспетчера и последовательность выполнения операций при работе, частоту обращения к каждому элементу и другие факторы.

С учетом сроков необходимости получения информации (суточная, недельная, заказная и т. д.) для диспетчерских служб устанавливают режим сбора и подготовки периодических документов о ходе работ. На основании анализа оперативных данных диспетчер подготавливает сводную справку для доклада руководству, а решения по уточнению оперативного плана доводит до исполнителей и в последующем контролирует их исполнение.

Диспетчеризация является качественно новым этапом в совершенствовании системы управления производством электромонтажных работ в условиях непрерывно возрастающих объемов и темпов капитального строительства, безусловного обеспечения своевременного ввода в эксплуатацию сооружаемых производственных и непромышленных объектов.

### **1.3. Задачи отдельных подразделений монтажного предприятия**

Начальник отдела—осуществляет общее руководство отделом.

Координатор—планирует работу технических экспертов и монтажных бригад

*Задача координаторов:*

- получить заявку от продавца;
- согласовать с Заказчиком выезд технического эксперта (при необходимости)
- передать продавцу полученную от технического эксперта схему установки кондиционера и информацию о себестоимости монтажных работ для фирмы (техничко- экономическое обоснование или ТЭО);
- после согласования продавцом цены с Заказчиком определить дату монтажа;
- проконтролировать:
- получение монтажной бригадой полного комплекта документов;
- получение необходимой техники и расходных материалов на складе;
- время прибытия монтажной бригады на объект;
- решать возникающие форс-мажоры;
- получение документов, подписанных Заказчиком;
- получение отчетов от монтажников.

Технические эксперты—выезжают на объект, производят его осмотр, готовят

*Задача технического эксперта:*

- выезд и осмотр объекта;
- подготовка ТЭО (схема установки, себестоимость работ) и передача его координатору;
- технический надзор за объектом и консультация монтажников.

Профессиональные монтажные бригады—*осуществляют монтаж*

*климатического оборудования.*

- получение документов от координатора и оборудования и расходных материалов на складе
- выезд на объект;
- монтаж оборудования согласно утвержденным Заказчиком монтажным схемам;
- сдача оборудования в эксплуатацию, в том числе и передача инструкций по эксплуатации;
- получение документов от Заказчика;
- сдача документов от Заказчика и внутренних отчетов координатору.

*Выполняемые работы:*

- монтаж и ремонт основного оборудования и аппаратов для электрических станций, подстанций, распределительных устройств переменного и постоянного тока;
- монтаж, и ремонт оборудования и цепей управления, защиты, автоматике, сигнализации и измерений;
- монтаж и ремонт воздушных и кабельных линий электропередач;
- монтаж и ремонт стационарных аккумуляторных батарей;
- проведение испытаний и измерение параметров энергоустановок и сооружений, их частей и элементов в процессе монтажа, наладки, эксплуатации и ремонта;
- работы по электрификации промышленных зданий и сооружений, домов, коттеджей, дач и гаражей.

#### **1.4. Основная документация к выполнению ЭМР**

Производство электромонтажных работ регламентируется технической и директивной документацией.

Основным техническим документом служит проект электроустановки, в строгом соответствии с которым и должны производиться электромонтажные работы. Изменять принятые проектом технические решения, если они носят принципиальный характер, допускается только по согласованию с проектной организацией — автором проекта. Изменения не принципиального характера производят по согласованию с заказчиком.

На каждый объект строительства разрабатывают проектно-сметную документацию, в соответствии с которой выполняют строительные работы по возведению зданий и сооружений, монтажу технологического, санитарно-технического, электротехнического оборудования, автоматики, связи и др. Рабочие чертежи при строительстве промышленных предприятий состоят из комплектов архитектурно-строительных, санитарно-технических, электротехнических и технологических чертежей.

Комплект электротехнических рабочих чертежей содержит документацию, необходимую для монтажа внешних и внутренних электрических сетей, подстанций и других устройств электроснабжения, силового и осветительного электрооборудования.

Рабочие чертежи должны предусматривать осуществление монтажа электротехнических устройств на основе применения узлового и комплектно-блочного метода с установкой электрооборудования, поставляемого укрупненными узлами, не требующими правки, резки, сверления или других подгоночных операций и регулировки. Поэтому при приемке рабочей документации к производству работ обязательно проверяется учет в ней требований индустриализации и механизации электромонтажных работ.

Непрерывно возрастающие объемы проектных работ, усложнение инженерных решений, связанное со все более широким применением автоматизации технологических процессов и систем управления на основе микроэлектронной техники, требуют автоматизации самого процесса проектирования, т.е. разработки и внедрения системы автоматизированного проектирования промышленных электроустановок (САПР ПЭУ). При разработке проектной документации должны учитываться требования организации и технологии электромонтажного производства. Непосредственно на объектах монтажа работы должны сводиться к установке крупных блоков электротехнических устройств, сборке их узлов и прокладке сетей.

В соответствии с этим рабочие чертежи комплектуют по их назначению: для подготовительных работ, т.е. заказа блоков и узлов на предприятиях-изготовителях или на сборочно-комплектно-монтажных предприятиях монтажных организаций или в мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ), и для монтажа электротехнических устройств в монтажной зоне.

В проектах предусматривается максимальное исключение дыропробивных работ на месте монтажа. Для этого проемы, ниши и отверстия указывают в рабочих архитектурно-строительных чертежах для выполнения их строительными организациями в процессе изготовления строительных конструкций и возведения зданий. В рабочих чертежах должно быть учтено, что панели перекрытия, внутренние стеновые панели и перегородки, железобетонные колонны заводского изготовления должны иметь каналы (трубы) для прокладки проводов; ниши и гнезда с закладными деталями для установки штепсельных розеток, выключателей, звонков и т.д.

В составе рабочих чертежей приводятся спецификации на оборудование, конструкции и материалы и ведомости укрупненных комплектных устройств, блоков и узлов, подлежащих изготовлению вне монтажной зоны МЭЗ. Для монтажа внешних кабельных и воздушных линий разрабатывают планы их прокладки (трассы) с привязкой к координатным сеткам, зданиям и сооружениям, указанием мест их пересечения с другими подземными коммуникациями, типов опор и кабельных сооружений. Опоры воздушных линий (ВЛ), их фундаменты, пересечения кабельных линий, кабельные сооружения, как правило, выполняют по типовым чертежам.

К производству электромонтажных работ на объектах строительства разрешается приступать только при наличии технической документации (проектов и смет), проекта производства работ, строительной готовности объекта, кранового оборудования, других грузоподъемных средств, обеспечивающих механизацию монтажа, а также электрооборудования, кабельной продукции и материалов, предусмотренных согласованным графиком производства работ.

Вся проектная техническая документация анализируется заказчиком, который перед передачей ее монтажной организации для производства работ обязан поставить на ней подпись или штамп «Разрешается к производству работ». В монтажном управлении техническая документация и сметы тщательно изучаются персоналом производственного отдела совместно с персоналом группы подготовки производства и линейными инженерно-техническими работниками (начальниками монтажных участков, производителями работ, мастерами).

Замечания по обнаруженным недостаткам проекта направляют в проектные организации для внесения согласованных поправок и дополнений. После этого проект и сметы передают на монтажно-заготовительный участок или в группу проектировщиков- сметчиков при производственном отделе управления для составления проекта производства работ (ППР) и затем в группу подготовки монтажно-заготовительного участка. В отдельных случаях проект дорабатывает монтажная организация (замена некоторого оборудования и материалов, внесение небольших изменений, связанных с внедрением типовых электроконструкций и монтажных изделий заводов монтажной организации). Техническая документация и общие условия производства электромонтажных работ.

Производство электромонтажных работ регламентируется технической и директивной документацией. Основным техническим документом служит проект электроустановки, в строгом соответствии с которым и должны производиться электромонтажные работы. Изменять принятые проектом технические решения, если они носят принципиальный характер, допускается только по согласованию с проектной организацией — автором проекта. Изменения непринципиального характера производят по согласованию с заказчиком. Основными директивными документами, требования которых подлежат безусловному выполнению при производстве электромонтажных работ, являются действующие Правила устройств электроустановок (ПУЭ) и Строительные нормы и правила (СНиП). На основе директивных документов в монтажных организациях создают монтажные инструкции и технологические карты, а поставщики электрооборудования и материалов разрабатывают заводские инструкции, которыми исполнители электромонтажных работ руководствуются в своей практической деятельности. Существующие монтажные инструкции, являясь директивными документами, в которых регламентирована технология выполнения работ, отражены нормы и правила, приведены характеристики применяемых материалов, приспособлений, механизмов и др., не могут в полной мере отразить высокоэффективные приемы работ, обеспечивающие максимальную производительность труда. Инструкции отражают требования, предъявляемые к исполнению определенного технологического комплекса, но не содержат подробного анализа приемов, необходимых для достижения этих требований. Поэтому разрабатываются технологические карты трудовых процессов. В них определяются технологическая последовательность рабочего процесса; передовые приемы и методы труда; перечень применяемых механизмов, приспособлений и инструмента; рекомендации по укрупнению оборудования и изделий в монтажные узлы; нормативные материалы — график трудового процесса, калькуляция затрат труда, схема организации рабочих мест, количественный состав бригады, звена, их квалификация и др. Наличие технологических карт позволяет монтажным бригадам выполнять работы на достигнутом к данному времени уровне и обеспечить более высокую степень текущего контроля. ПУЭ разработаны с учетом проведения плановых и профилактических испытаний в условиях эксплуатации и ремонта электроустановок и электрооборудования; обучения обслуживающего персонала и проверки у него знаний правил технической эксплуатации и правил техники безопасности.

Применяемые при монтаже электроустановок машины, трансформаторы, электроконструкции, измерительные приборы, провода, кабели, изоляционное масло и другие материалы и электрооборудование должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТов или технических условий, утвержденных в установленном порядке. При этом конструкция, вид исполнения, способ установки и изоляция электрооборудования должны соответствовать номинальному напряжению электроустановки, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих разделов и глав ПУЭ. Монтируемое электрооборудование и материалы по своим нормативным, гарантийным и расчетным характеристикам должны соответствовать условиям работы данной сети или электроустановки. При их выборе учитывается опыт эксплуатации и монтажа, требования по технике безопасности и пожарной безопасности. Монтаж электрооборудования и электросетей выполняют в строгом соответствии также с требованиями СНиПа Госстроя СССР.

Строительные материалы и конструкции по степени возгораемости в соответствии с противопожарными требованиями подразделяют на три группы: негоряемые материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются; трудногоряемые материалы, которые под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют или обугливаются и продолжают гореть или тлеть при наличии источника огня; сгораемые материалы, которые под воздействием огня и высокой температуры воспламеняются или тлеют и продолжают гореть после удаления огня.

## **Раздел 2. Монтаж воздушных линий**

### **2.1. Выбор трассы ВЛ. Пикетная разбивка трассы**

• Настоящее "Руководство" определяет порядок выбора трасс воздушных линий электропередачи (ВЛ) напряжением 35-1150 кВ, содержание и объем проектно- изыскательных материалов и согласований, выполняемых при выборе трасс, а также распределение обязанностей между заказчиком и проектно-изыскательской организацией при выборе и согласованиях трасс ВЛ.

"Руководство" обязательно для всех организаций Министерства энергетики и электрификации СССР, а также других ведомств, для которых выполняются проектно- изыскательские работы организациями Минэнерго.

• Выбор трассы ВД приводится при составлении технико-экономического обоснования (ТЭО) или в период подготовки задания на проектирование (технического, техно-рабочего проекта) 1). Для выбора трассы ведомством заказчиком создается комиссия<sup>2)</sup> в составе представителей:

1. Землепользователи.

2. Главного государственного инспектора (а также государственного районного инспектора) по использованию и охране земель автономных республик, краев и областей, министерства лесного хозяйства автономных республик, краевых, областных управлений лесного хозяйства и соответствующих лесохозяйственных предприятий (если строительство сооружения намечаются на землях гослесфонда).

3. Органов осуществляющих контроль за использованием недр и их охрану.

4. Других заинтересованных организаций, в том числе и указанных в п.п. 2.8.11.

При отсутствии в составе комиссии представителей указанных организаций с ними производятся согласования дополнительно.

• Подготовку материалов по выбору трассы ВЛ для рассмотрения их комиссией осуществляет заказчик проект с участием проектной организации 1). Объем проектно- изыскательских работ, связанный с выбором трассы, определяется положениями данного "Руководства".

• Акт выбора трассы после согласования с заинтересованными организациями, указанными в п. 1.2 и принятия соответствующими органами решения с согласованием трассы строительства, утверждается министерством и ведомством-заказчиком<sup>^</sup> вместе с заданием на проектирование<sup>2)</sup> (как приложение к нему) или при утверждении техно- экономического обоснования (ТЭО) строительства ВЛ.

• Работы проектно-изыскательской организации, связанные с ее участием в подготовке задания на проектирование и с выбором трассы, учтены в стоимости разработки технических (техно-рабочих) проектов, определяемой по Сборнику цен на проектно-изыскательские работы для строительства и дополнительной оплате не подлежат.

Решение об участии проектно-изыскательской организации в выполнении работ по подготовке задания на проектирование и выбору трассы с проведением необходимых предварительных изысканий оформляется совместным протоколом (если проектирование ВЛ предусмотрено утвержденным титульным списком проектных и изыскательских работ для строительства будущих лет, принятых к финансированию учреждением банка) заказчика проекта и проектно-изыскательской организации. Протоколом также устанавливается последовательность и сроки выполнения сторонами разделов работ по выбору трассы и определяются условия оплаты выполненных работ<sup>1)</sup>.

• Оплата проектно-изыскательских работ по выбору трассы ВЛ выполняемых до заключения договора на разработку технического (техно-рабочего) проекта, производится после их завершения по платежному поручению заказчика с приложением счета проектно- изыскательской организации и указанного выше совместного протокола в пределах стоимости этих работ, но не более 15% (включая стоимость работ, связанных с участием в подготовке задания на проектирование) стоимости всего комплекса изыскательских и проектных работ, для технического (техно-рабочего) проекта, определенной в титульном списка изыскательских и проектных работ<sup>1)</sup>.

• Обеспечение проектно-изыскательской организации планами землепользования, материалами топографической съемки городских проездов (полос)<sup>2)</sup>, включая и данные по наземным и подземным сооружениям и инженерным сетям 1); материалы предыдущих изысканий, проектов, оплату составления справки геологическими фондами о наличии или отсутствии полезных ископаемых, данных гидрометеорологической службы производит заказчик.<sup>2)</sup>

В тех случаях, когда указанные материалы и данные отсутствуют или не могут быть использованы при проектировании, заказчик может поручить проектной организации - генеральному проектировщику или, по его рекомендации, специализированной организации подготовить по отдельному договору эти материалы за счет основной деятельности предприятия-заказчика, или средств, выделяемых ему на эти цели вышестоящей организацией.

В случае выполнения проектно-изыскательских работ по ВЛ на субподряде, генпроектировщик обеспечивает субподрядную проектно-изыскательскую (проектную) организацию всеми

вышеуказанными материалами и данными, получая их от заказчика в ранее изложенном порядке.

- Работы, выполняемые проектно-изыскательской организацией по выбору и согласованию трассы, производятся с участием главного инженера проекта, который персонально отвечает за правильный выбор оптимальной трассы ВЛ, за полноту согласований и сроки их завершения.

Главный инженер проекта для выполнения указанных работ привлекает проектные отделы и отдел изысканий.

- Для выбора к согласования трассы заказчик в порядке, установленном земельным законодательством союзных республик, возбуждает ходатайство о предварительном согласовании трассы г примерных размерах намечаемой к изъятию земли и получает решение Совета Министров автономной республики, край (обл.) исполкома о начале работ по выбору трассы и площадок подсобных сооружений в натуре {на местности} с проведением необходимых предварительных изысканий.3)

Для выбора и согласования трассы ВЛ, проходящей по городской территории (поселка городского типа) заказчик в установленном порядке обращается в гор(рай)совет с письмом-просьбой с предоставлением трассы для проектируемой ВЛ и подготовки архитектурно-планировочного задания (АПЗ).

1.10. Главный инженер проекта должен передать отделам-исполнителям исходные данные для выбора трассы, в том числе:

- Наименование, назначение, напряжение ВЛ, кто является заказчиком и год начала строительства. Наименование строительной организации.

- Стадийность проектирования.

- Начальный, конечный и промежуточные пункты В Л. Вариантность трассы.

- Количество одновременно изыскиваемых параллельных ВЛ (цепей). Перспектива прохождения в общем коридоре других линий.

- Нормальное и минимальное расстояние между осями параллельных ВЛ.

- Предполагаемые типы фундаментов и глубина их наложения.

- Предполагаемый тип, материал и габариты опор. Эскиз опоры. Допустимый угол поворота на промежуточно-угловых, анкерных и угловых опорах.

- Расчетная длина пролета.

- Размеры отчуждаемых земельных площадей для различных типов опор. Ориентировочная ширина просеки.

- Минимальные расстояния по горизонтали от трасс, существующих и проектируемых линий электропередачи, связи (воздушных я кабельных) и до ближайших выступающих частей зданий.

- Ориентировочная стоимость промежуточных, угловых опор и километра линии.

- Дополнительные требования к согласованиям и условиям проложения трассы.

- Особые требования к Перечню, материалов для оформления тома "Материалы выбора трассы ВЛ".

- Сроки представления материалов отделами-исполнителями, взаимно увязанные с работой заказчика и комиссии по выбору трассы.

Сведения по пунктам 5,9,10 приводятся лишь в том случае, если последние расходятся с требованиями данного "Руководства" или отсутствуют в нем.

К вышеперечисленным исходным данным прилагались проекты (планы) разводки ВЛ на подходах к подстанциям. Если проект разводки ВЛ отсутствует, ко прилагается схема подхода к подстанций или схема-приложение к акту выбора площадки с указанием положения ВЛ в согласованных коридорах и предварительная компоновка подстанции с указанием линейных порталов. При отсутствии проекта разводки указывается необходимость выбора коридора ВЛ.

Если в составе проекта предусматриваются подстанция, ремонтно- производственная база (РПБ), пункты связи, задание на ее выбор выдается в соответствии с требованиями "Руководства по выбору площадок понижающих подстанций 35-750 кВ" "Энергосетьпроект" инв. № 7708тм-т1.

Срок действия согласования трассы ВЛ и других проектных решений оговаривается во всех документах согласований, исходя из установленного срока строительства, указанного в решении соответствующих органов о строительстве ВЛ (или объекта, в который БД входит составной частью). Эти сроки не должны быть менее сроков, установленных нормами продолжительности изысканий, проектирования и строительства!). Однако срок действия предварительного согласования оговариваемый в акте выбора трассы и другие документах не должен превышать сроке установленного действующими земельными а законодательствами союзных республик2).

Если строительство ВЛ задерживается, заказчик должен обратиться в органы утвердившие (согласовавшие) трассу — Совет Министров автономной республики, крайисполком, облисполком, горисполком - о ходатайством о продлении срока согласования. Дополнительному пересогласованию подлежат пересечения и сближении с инженерными сооружениями и коммуникациями, в том числе объекты Минсвязи СССР.

После утверждения техно-рабочего (технического) проекта решение всех спорных вопросов по трассе является обязанностью заказчика.

Если организация требует изменения ранее согласованного положения трассы проектируемой ВЛ до истечения срока действия согласования и утверждающие инстанции (Совет Министров автономной республики, крайисполкомом, облисполкомом, горисполкомом) выносят новое решение, то заказчик заключает дополнительный договор на выполнение проектно-изыскательских работ на измененных участках трассы и обеспечивает финансирование этих работ.

Если изменение трассы и переделка проекте произошла по вине проектно- изыскательской организации из-за несоблюдения условий согласований, последняя производит работы бег дележкой компенсации за свой счет: проектная организация и ее должностные лица несут ответственности за выполнение наложенных в акте о выборе трассы ВЛ требований органов государственного надзора и заинтересованных организаций 1).

По ВЛ строительная стоимость которых больше 25 млн. руб., до выполнения проектно-изыскательских работ должны осуществляться изыскания для техно- экономического обоснования (ТЭО) целесообразности строительства ВЛ выбора направления линии и основных технических параметров для проектирования<sup>2</sup>).

Выбор и согласования трасс В Л для ТЭО производится в объеме, предусмотренном настоящим руководством. Для уникальных линий год начала строительства которых неопределен, *или* строительство их будет не ранее чем через 8 лет с начала разработки ТЭО допускается вместо согласований с землепользователями и органами, осуществляющими государственный контроль за использованием земель и охраной недр, получать решение Совета Министров автономной республики, крайисполкоме, облисполкома о принципиальном согласовании трассы с последующим (при конкретном проектировании) согласованием с землепользователями и органами, осуществляющими государственный контроль за использованием земель и охраной недр в установленном порядке. Выполнение ТЭО без указанного полного объема согласований трассы с земельными органами допускается только при обоюдном согласии заказчика и вышестоящей проектной организации (руководства головного института).

При выборе трасс ВЛ следует максимально использовать материалы предыдущих изысканий, государственных и ведомственных фондов, топографические карты крупных масштабов, материалы аэрофотосъемки вам прошлых, так и новых залетов.

Представляемые, как приложение к заданий на проектирование, материалы выбора трассы оформляются в виде отдельного тома "Материалы выбора трассы ВЛ" следующем количестве экземпляров: заказчику - 1 экз. В архив проектно-изыскательской организации - 1 экз. Для экспертизы - 1 экз. Том входит в состав проекта.

Для ВЛ напряжением 35-110 кВ материалы выбора трассы могут не переплетаться в отдельный том при условии включения в том техно-рабочего (технического) проекта "Пояснительная записка к чертежи" дополнительной главы: "Выбор и согласования трассы ВЛ" с соответствующими положениями. При этом в отчете по изысканиям для технического (техно-рабочего) проекта должны быть освещены изыскательские работы, выполненные для выбора трассы.

Подлинники согласований (в том числе и производимые заказчиком) и переписка по выбору трассы, если они не были переданы заказчиком в Министерство сельского хозяйства автономной республики, отдел, землеустройства край (обл) исполкома при получении решения о согласовании трассы, систематизируются, переплетаются и по завершению проектирования передаются (кроме режимных) заказчику для хранения и дальнейшего использования при отводе земли для строительства.

Планы землеустройства с нанесенной трассой переплетаются отдельным приложением к тому "Материалы выбора трассы ВЛ". При незначительном количестве планов землеустройства, они могут переплетаться совместно с основными томами. Том планов землеустройства выполняется для заказчика в одном экземпляре и используется им для последующего оформления землеустроительного дела и отвода земли.

На камеральные работы и полевую рекогносцировку вариантов трасс с использованием топографических карт и аэросъемочного материала, в том числе и при выполнении технико-экономического обоснования (ТЭО), разрешения органов Госгеонадзора не требуется 1).

При выборе трассы в горной местности в необжитых районах, где ее положение не затрагивает интересов землепользователей и других организаций, согласования трассы могут производиться без детальной проработки положения угловых опор в ущельях и других сложных местах о уточнением ее на стадии техно-рабочего (технического) проекта. В остальных случаях трасса разрабатывается с учетом требований землепользователей и других заинтересованных организаций и техно-экономических показателей, как на обычной трассе.

В обоих случаях, трасса должна быть согласована о землепользователями, органами осуществляющими государственный надзор за использованием земель и другими заинтересованными

организациями.

При оценке выбранной трассы, при техно-экономическом сравнении конкурирующих вариантов необходимо учитывать предполагаемые убытки землепользователям, связанные с:

- изъятием участков под опоры, а также временным отводом участков и полос земли на период строительства ВЛ;
- сносами и переносами строений, плодово-ягодных, защитных и иных выращиваемых хозяйством многолетних насаждений;
- незавершенным производством (вспашка, внесение удобрений, посева и др. работ).

Для определения вышеуказанных убытков исполнительные комитеты районных (городских) Советов трудящихся по просьбе заказчика образуют оценочные комиссии в составе члена районного (городского) Совета депутатов трудящихся - председатель, государственного районного инспектора по использованию и охране земель, представителей финансового и коммунального отделов Райисполкома (горисполкома), сельского (поселкового) Совета трудящихся, землепользователя и заказчика<sup>1</sup>).

Оформление документов на отчуждение и отвод земельных участков, производство сносов, а также на право производства потрав и порубок леса производится заказчиком<sup>2</sup>) в установленном порядке.

## **2.2. Строительные работы. Земляные работы. Фундаменты опор. Типы опор**

Работа проектно-изыскательской организации, связанные с выбором и согласованиями трасс ВЛ (за исключением выполняемых заказчиком) производится специализированными группами (проектировщиков и изыскателей) подготовки объектов к производству под руководством главноинженера проекта в тесном сотрудничестве с заказчиком к отделами проектирования энергосистем.

При отсутствии в проектно-изыскательских организациях указанных групп работы, связанные с выбором и согласованиями трасс сбором сведений об инженерных сооружениях в районе проложения ВЛ, производятся проектировщиками! (за счет смет на проектные работы) с привлечением изыскателей для изучения природных условий, участия в камеральном трассировании и реконгносцировки трассы в натуре (за счет смет на изыскания).

Допускается поручать, изыскатели выбор и согласования трасс полностью или частично при условии технической подготовленности изыскателей к решению проектных вопросов, связанных с выбором трассы и оплаты выполнения работ за счет сметы на проектные.

При прохождении трассы ВЛ в городских (поселках городского типа) условиях, по территории промышленных зон и райцентров изыскатели привлекаются (при необходимости см.п.1.7) для производства топографо-геодезических, инженерно-геологических и гидрометеорологических условий местности.

Трассы ВЛ выбирается, исходя из технических, условий, изложенных в приложении 1 и 2, с учетом топографических, инженерно-геологических и гидрометеорологических условий местности.

В состав работ по выбору трассы, выполняемых проектно-изыскательской организацией входит:

1. Сбор сведений о районе проложения ВЛ и камеральное трассирование ВЛ.
2. Согласование камерально-разработанной трассы с центральными, областными и проектными организациями.
3. Подготовка материалов заказчику для получения решения (разрешения) о начале работ по выбору трассы ВЛ(см.пп.2.2.1 и 2.3.18).
4. Участие в работе комиссии по выбору трассы,
5. Реконгносцировка трассы; в необходимых случаях инструментальный вынос трассы в натуре и производство инженерно-геологических и гидрологических исследований на сложных участках, определяющих направление трассы.
6. Согласования с заинтересованными владельцами инженерных сооружений и коммуникаций при пересечениях и сближениях с ними и сбор сведений по ним.
7. Подготовка материалов заказчику для согласования трассы ВЛ с землепользователями и органами, осуществляющими государственный контроль за исполнением земель и охраной недр.
8. Подготовка материалов по технико-экономическому обоснованию вариантов трассы.
9. Систематизацию и оформление материалов выбора и согласований трасс ВЛ.

2.1.2. В состав работ по выбору трассы, выполняемых заказчиком, входят:

1. Организация и участие в работе комиссии по выбору трассы.
2. Получение решения (разрешения) Совета Министров автономной республики, Крайисполкома, облисполкома о начале работ по выбору трассы в натуре.
3. Приобретение и представление проектной организации материалов, указанных в п.1.7.
4. Проведение согласований трассы с землепользователями и органами, осуществляющими государственный контроль за использованием и охранной земель.
5. Оформление акта о выборе трассы в исполкоме местного Совета депутатов трудящихся.

6. Получение решения Совета Министров автономной республики, крайисполкома, облисполкома о согласовании трассы ВЛ1)

7. Получение, архитектурно-планировочного задания, составленного исполкомом местного Совета депутатов трудящихся и строительного паспорта участка, содержащего основные технические данные по выбранному для приложения ВЛ проезду (в городских условиях)  
Заказчик несет всю полноту ответственности за своевременное согласование и оформление вышеуказанных документов.

В результате работы комиссии по выбору трассы ВЛ должна быть выбрана трасса удобная и дешевая при строительстве и надежная в эксплуатации, наносящая наименьшие убытки землепользователям и потери сельскохозяйственному производству, а также занимающая минимальные площади ценных, сельскохозяйственных угодий, согласованная со всеми заинтересованными организациями и юридически оформленная решениями органов\* осуществляющих государственный контроль за использованием земель и охрану недр.

### **2.3. Провода воздушных линий. Напряжение ВЛ**

Выбор и согласования трассы ВЛ за пределами городов (поселков городского типа) и территорий райцентров и промышленных зон Сбор сведений о районе проложения ВЛ и камеральное трассирование

Проектно-изыскательской организацией на район проложения трассы ВД через территориальные инспекции государственного геодезического надзора Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ТИГГП) получают необходимые картографические материалы масштаба 1:100000 - 1:10000, а также через заказчика планы землеустройства м. 1:10000 - 1:25000.

Использование карт масштаба 1:10000 (при их наличии) для трассирования в СЛОЖНЫХ местах (горные и заболоченные участки, переходы через крупные водотоки, населенные пункты, густонаселенные районы на подходах к подстанциям и т.п.) обязательно.

Для трасс длиной свыше 250 км также заказываются карты масштаба 1:200000 - 1:1000000.

Одновременно получают данные по пунктам геодезической сети для плановой и высотной привязки аэроснимков и трассы.

Выявляется наличие аэросъемки, выполненной другими организациями, с целью использования ее для трассировочных, гидрологических (вдоль реки для освещения вариантов переходов) и инженерно-геологических целей.

Для камеральной разработки трассы проектно-изыскательской организацией собираются сведения: 1)

1. В областном отделе по делам строительства и архитектуры, территориальном геологическом управлении - о существующих и проектируемых предприятиях, сооружениях, выявляются участки распространения полезных ископаемых и определяются границы перспективного развития населенных пунктов и, при необходимости, о карьерах строительных материалов..

2. В областном управлении сельского и лесного хозяйства - участках ценных сельхозугодий; орошаемых и осушаемых площадей (существующих и проектируемых), участках ценных лесов, оросительных и осушительных каналах, для выявления поверхностного засоления.

3. В организациях Министерства связи и предприятиях, обслуживающих магистральные кабельные линии связи, в областных производственно-технических управлениях министерства связи (ОПТУС), в союзной сети магистральной связи и телевидения (СМС), в Министерствах связи союзных республик, не имеющих областного деления, проектных институтах - о проектируемых и существующих объектах связи (подземных и воздушных).

4. В управлениях железных и шоссейных дорог, магистральных трубопроводов, проектных институтах - о проектируемых и существующих дорогах и трубопроводах.

5. В энергосистемах и отделениях института "Энергосеть-проект", "Сельэнергопроект" - о проектируемых и существующих воздушных и кабельных линиях электропередачи и линий связи.

6. В институтах Гидропроект, Водоканалпроект, Гипроводхоз - о проектируемых и существующих водохранилищах;

при пересечениях последних - о типе регулирования стока, сбросном расходе расчетной обеспеченности, влиянии на изменение режима реки и руслового процесса.

7. В бассейновых управлениях пути (БУП), управлениях малых рек и лесосплавных организациях - наибольшие высотные габариты судов с учетом возможной реконструкции водного пути и максимального уровня судоходства.

8. В Гидрометеорологической службе и других ведомствах - о гидрологических станциях и постах в районе переходов через водные объекты, наличии материалов на них, опубликованных и неопубликованных материалах наблюдений и гидрологических изысканий: наличии и местонахождении лавиноопасных участков, а также о метеорологических данных, необходимых для выбора трассы и последующего проектирования ВЛ.

9. Во Всесоюзном и территориальных геологических фондах Министерства геологии СССР, в архивах проектных и изыскательских организаций, работающих и работавших в данном районе - об отсутствии (наличии) полезных ископаемых в недрах, об инженерно-геологических и гидро-геологических условиях района проложения трассы ВЛ. Особое внимание при этом уделяется выявлению неблагоприятных физико- геологических процессов и явлений.

10. В организациях Госсаниспекции - о наличии существующих и проектируемых объектах, загрязняющих атмосферу, с указанием их класса (группы) и минимального защитного интервала; сезонные розы ветров. Уточняется плановое положение их относительно трассы.

При отсутствии сведений о степени загрязнения эти данные получают в установленном порядке непосредственно на предприятиях.

11. В организациях, эксплуатирующих воздушные линии электропередачи и связи - об опыте эксплуатации ВЛ и линий связи (загрязнения изоляции), а также сведения по авариям по гидрологическим причинам .

Производился гидролого-морфологический анализ собранных по водным объектам данных, картографических и аэрофотосъемочных материалов и определяются гидрологические условия их пересечения трассой.

При необходимости пересечения водных объектов большими переходами 1) выявляются наиболее благоприятные по гидрологическим условиям участки с учетом возможности и целесообразности выхода на них трассы ВЛ.

Переходы через крупные водные объекты, как правило, определяют, направление трассы. В силу этого выбор переходов, как и подходы к начальной и конечной точке трассы ВЛ должны решаться в первую очередь и однозначно.

Переходы через реки второй группы пересекаемые небольшими переходами, намечаются после определения общего направления трассы.

При сравнении вариантов учитываются: длина переходного пролета, ширина и устойчивость русла, устойчивость и возвышение берегов, наибольшая ширина и глубина затопления поймы, устойчивость ее поверхности к размыву, наличие пойменного ледохода, величина судового габарита.

Для технико-экономического сравнения вариантов можно пользоваться способом сопоставления условных стоимостей переходов .

Для камеральной разработки трассы на карты наносятся, выходы (коридоры) с начальной, конечной (промежуточной) подстанций и варианты больших переходов через водные преграды; наносятся все остальные данные, определяющие расположение отдельных участков (подвариантов) трассы: зоны проектируемых предприятий, переходы через водные объекты второй группы, границы поселков, городов о перспективой их расширения, границы водохранилищ, зоны полезных ископаемых, зоны загрязненной атмосферы (в полосе 9 км в обе стороны от оси трассы), а также различные инженерные сооружения (автодороги, ВЛ, газопроводы и т.п.), выявленные при сборе материалов. На основе анализа всех сведений о районе проложения ВЛ на карте уточняются варианты трассы ВЛ с учетом обхода промышленных предприятий, режимных зон, ценных сельскохозяйственных угодий и территорий с неблагоприятными естественными условиями.

Камеральное трассирование между заданными пунктами производится по одному или нескольким вариантам, а при необходимости, на отдельных участках должны рассматриваться и подварианты.

Производится технико-экономическое сравнение вариантов трассы ВЛ, выбирается наиболее экономичное и надежное для эксплуатации направление трассы, которое утверждается руководством проектно-изыскательской организации для дальнейшей работы.

При сравнении вариантов основными показателями являются: длина трассы, количество углов поворота, наличие дорог в районе строительства, количество пересечений инженерных сооружений; минимальные убытки землепользователей и потери сельскохозяйственного производства, связанные с изъятием земель в постоянное пользование и временным занятием земельных участков; наличие специальных переходов, рельеф, заселенность, снос строения, реконструкции существующих сооружений, геологические, гидрологические и метеорологические условия.

Для разработки трассы следует использовать, как существующие аэроснимки других организаций, так и снимка одномаршрутной аэросъемки своего залета.

Согласования камерально-разработанной трассы с центральными, областными и проектными организациями

В процессе камеральной разработки проектно-изыскательская организация согласовывает трассу ВЛ с центральными, областными и проектными организациями, интересы которых затрагивает строительство ВЛ.

Перечень организаций, с которыми необходимо согласовывать трассу, определяется в каждом отдельном случае в процессе выбора трассы.

С проектными организациями, указанными в п.2.3.3., согласовывается возможность проложения трассы вблизи проектируемого объекта, условия параллельного следования и пересечений.

К центральным и областным организациям, согласования с которыми обязательны, относятся:

1. Штабы военных округов. Трассы линий электропередачи согласовываются также с Генеральным Штабом Вооруженных Сил СССР), если они проходят по территории нескольких военных округов, или если этого требует штаб какого-либо военного округа. В генштаб представляется копии согласований военных округов и план трасса (а для трасс большого протяжения и обзорный) в соответствующем количестве экземпляров. Согласования с отдельными воинскими частями производятся только по требованию Генерального штаба или штабов военных округов.

2. Управления гражданской авиации<sup>2)</sup> (по представлении заключений объединенных, авиаотрядов, объединенных авиаэскадрилий и аэропортов), а также Министерство гражданской авиации (на территории московской воздушной зоны).

Согласованию подлежат ВЛ, располагаемые от границ аэродрома на расстоянии: до 10 км; от 10 до 30 км, если абсолютные отметки верхних точек опор превышают отметку аэродрома на 50 м и более.

Согласованию подлежат и спецпереходы В Л с опорами высокой 100 м и более, проходящих на расстоянии до 75 км от границ аэродромов и на воздушных трассах.

Для трасс ВЛ 220 кВ и выше, а также для спецпереходов с опорами высотой 100 м и выше ВЛ любых напряжений требуется согласование с организацией Москва К-160.

Для согласования трассы и спецпереходов должны быть представлены данные и материалы о высоте и местоположении трассы, абсолютной отметки поверхности земли, карта (выкопировка с карты) или ситуационный план с рельефом местности с указанием масштаба и привязки трассы к ближайшему крупному населенному пункту и аэропорту.

3. Органы Госгортехнадзора. Согласование производить при продолжении трассы ВЛ по району разработки недр или разведанных залежей полезных ископаемых (по данным справки территориального геологического управления), а также наличия вблизи трассы складов ВВ.

Согласования прохождения трассы ВЛ по площадям полезных ископаемых производится по предъявлению заказчиком проекта ВЛ документации, предусмотренной Инструкцией о порядке выдачи разрешений на застройку площадей залегания полезных ископаемых" Госгортехнадзора СССР, согласованной Госстроем СССР 12 февраля 1970 г.

4. Областной штаб гражданской обороны.

5. Отделение и управление железной дороги при пересечении или проложении трассы ВЛ вблизи железной дороги,

6. Бассейновые управления пути и по их требованию с управлениями Министерства речного флота РСФСР (управлением пароходства, главным управлением водных путей и гидротехнических сооружений) или органами, ведающими водным транспортом в союзных республиках, при пересечении судоходных рек, каналов и сплавных ррлпение качества, надежности и экономичности электрических магистралей (ГНУС), министерства связи союзных республик не имеющих областного деления, при пересечениях и параллельном следовании трассы с сооружениями связи, в том числе и радиорелейными линиями. В случае прохождения В Л по территории двух и более СМС, ПТУС или линий связи союзных республик согласования производятся дополнительно с Главным управлением линейно-кабельных и радиорелейных сооружений Министерства связи СССР и соответствующими Министерствами связи союзных республик.

8. Управления автомобильных дорог, при пересечении или проложении трассы в полосе отвода автомобильной дороги.

Для предотвращения повторных согласований о центральными организациями из-за незначительных изменений трассы появившихся в результате рекогносцировки трассы и согласований с местными организациями и землепользователями, органами осуществлявший государственный контроль за использованием земли и недр, необходимо добиваться согласования трассы ВЛ в пределах определенной полосы (например, в полосе 2-х км, по 1 км в обе стороны от намеченной оси).

В процессе согласований камерально разработанная трасса корректируется. Если при последующих согласованиях трасса меняет свое положение и уходит с ранее согласованных переходов или полос, ранее проведенные согласования должны быть повторены.

Документы согласований оформляются в виде протоколов совещаний, актов комиссий, отношений и писем заинтересованных организаций или в виде надписей на планах трасс. На всех документах должны быть указаны должность и фамилия лица подписавшего документ, заверенные печатью организации, дата согласований и адрес организации. В текстах согласований необходимо давать полное название организаций. Согласования трассы можно производить и на материалах аэрофотосъемки (фотосхемах).

В документах согласований должно быть указано, что со стороны заинтересованной организаций против постройки БД по намеченному направлению возражений нет, или указано, что ВЛ

согласовывается при условиях приближения не более ... к такому-то сооружению, линии, пункту и т.п.

При согласовании нескольких вариантов трассы согласующая организация должна обязательно писать об их согласовании или указать причины отказа в том или другом варианте. Варианты и местные спрямления трасс обязательно доказываются на чертежах с индексом и обуславливаются в тексте согласования.

Во всех случаях тексты согласований должны быть четкими и не допускать различных толкований.

При согласованиях трасс ВЛ с отдельными организациями путем переписки для получения правильных и содержательных ответов (согласований) следует самим четко и правильно запрашивать требуемое.

Одновременно с камеральной разработкой оформляется разрешение на производство маршрутной аэрофотосъемки. Оформление разрешения производится через головной институт.

Заявка на аэрофотосъемку отделениями (ОКП) подается в виде письма, в котором указывается трасса, ее протяженность, масштаб залета, а также прикладывается картограмма листов карты, через которые проходит трасса. Номенклатура листов указывается в разграфке топографических карт до масштаба 1:25000, принятой для международной системы координат 1942 года.

Проектно-изыскательская организация заключает договор с аэрофлотом, в установленном порядке с производства аэрофотосъемки. Необходимо стремиться, чтобы полевое обследование трассы, ее выбор производился с использованием материалов аэрофотосъемки.

Рекогносцировка трассы

Целью рекогносцировки является определение в натуре возможности продолжения трассы ВЛ по намеченному при камеральной разработке направлению а предлагаемым при согласованиях вариантам, уточнение трассы на переходах через водные объекты, в горной местности, на участках сближения и пересечения с инженерными сооружениями и коммуникациями, на подходах к электростанциям и подстанциям и на других сложных участках.

Рекогносцировка трассы начинается с полевого обследования и уточнения камерально намеченных больших переходов через водные препятствия, горных и других сложных участков, определяющих направление трассы.

В отдельных особо сложных случаях рекогносцировка таких мест может производиться параллельно или до камерального трассирования.

При полевом обследовании переходов проверяется и уточняются выводы, сделанные при анализе собранных данных и материалов в части характеристик указанных в п.2.3.4.

Выбранные створы переходов закрепляются реперами. При возможности проведения наблюдений за уровнем, хотя бы только в течение его подъема или спада, организуются временные водомерные водопосты. На горных и таежных реках могут устанавливаться максимальные рейки.

Результаты гидрологического обследования фиксируются в полевом журнале, на камерально составленных профилях или гидролого-морфологических схемах, при этом отображаются следы деятельности воды (отметки УВВ, намывы и размывы поверхности поймы).

В полевом журнале отражаются наблюдения и сведения, подученные от местных жителей:

1. Частота, продолжительность и период затопления поймы, границы размыва, выход на пойму отдельных бревен при сплаве леса и корчеходе, год исторического уровня высоких вод (ИУВВ) и наивысшего уровня ледохода (УВВЛ).

2. Наличие водомерных постов, наблюдения которых можно использовать при описании гидрологических условий перехода.

3. Ледовые явления с целью установления на участке перехода особенностей ледового режима: сроки замерзания и вскрытия, толщина и прочность льда, наличие и расположение полыней и поздно замерзающих участков, места, сроки, и частота выхода льда на пойму, влияние ледохода на разрушение берегов, наличие, мощность (высота и длина распространения) заторов и зажоров, их влияние на русло, мощность (высота, ширина) навалов на берега льда.

4. Случаи размыва водой или разрушения опор линий связи или других сооружений; размеры разрушения (размывов) и гидрологические условия их образования; тип ледовой защиты сооружений, ее конструкция, отметка УВВЛ и верха защиты (обвалования), направление и скорость течения (или ветра), высота волны, размеры и происхождение льдин.

При возможности прохождения трассы по мосту, одновременно прорабатывается вариант перехода вне моста. Окончательное решение принимается после техно- экономического сравнения.

Для выбора трассы, особенно в горной местности, следует максимально использовать имеющиеся материалы аэрофотосъемки других организаций и стремиться иметь материалы собственных залетов по всем конкурирующим вариантам.

В зависимости от характера горного района, наличия параллельно-следующих и пересекаемых коммуникаций (дорог, линий связи, ВЛ, трубопроводов и т.п.), положение которых следует

учитывать при выборе трассы и расстановке опор, масштаб собственных залетов по трассе следует принимать в пределах 1:8000 - 1:17000. Намеченная на картах и согласованная с центральными организациями горная трасса должна быть до полевой рекогносцировки проработана на аэрофотоснимках с использованием мультиплекса или стереоскопа с предварительной прикидкой расположения опор.

Выбор переходов через крупные водотоки и горные участки трассы, как правило, производится комплексной бригадой в составе главного инженера проекта, трассировщика, гидролога и геолога с привлечением заказчика и строительной организации.

При рекогносцировке трассы производится фотографирование переходов через водные объекты (состояние берегов, предполагаемое место размещения переходных опор, воронки местного размыва, характерные русловые образования), пересекаемых инженерных сооружений, горных участков, сносом и других сложных мест. По всем пересекаемым инженерным сооружениям (надземным, подземным и наземным), а также при параллельном следовании с ними в пределах до 100 метров в обе стороны от изыскиваемой ВЛ - взаимное расположение (на каком протяжении и в скольких метрах будет осуществляться параллельное следование).

Инженерно-геологическое рекогносцировочное обследование камерально намеченной трассы производится в тех случаях, когда сведений, содержащихся в фондовых, архивных и литературных материалах, недостаточно для решения вопросов, связанных с выбором трассы, инженерно-геологической оценкой конкурирующих вариантов, а также при широком развитии неблагоприятных физико-геологических процессов и явлений. При производстве инженерно-геологического рекогносцировочного обследования, помимо выявления общих инженерно-геологических и гидрологических условий трассы, при необходимости намечаются места отбора грунта для обратной засыпки котлованов опор. Согласование с землепользователями мест отбора грунта для обратной засыпки котлованов производится одновременно с согласованием местоположения трассы,

При подходах к электростанциям и подстанциям следует проверить соответствие существующего проекта разводки линий о натурой и убедиться, что подход проектируемой ВЛ может быть осуществлен в полном соответствии о проектом. Подходы к существующим и проектируемым ГЭС и ГРЭС с использованием ранее разработанных коридоров согласовываются соответственно с институтами Гидропроект, Теплоэлектропроект для ВНИПИ энергопром.

Если на конкурирующих вариантах трассы есть участки (в том числе и варианты переходов через крупные водотоки), которые определяют конкурентноспособность варианта, рекогносцировку и согласования их нужно производить в первую очередь.

Во всех остальных случаях рекогносцировку трассы начинают с одного из ее конечных пунктов.

В процессе рекогносцировки трассы ведется журнал. Записи в журнале должны дать возможность вынести в натуру выбранную и согласованную трассу при изысканиях для техно-рабочего (технического) проекта и рабочих чертежей. Данные журнала рекогносцировки должны иметь привязки к основной рабочей карте, для чего на карте и журнале следует иметь единый счет километров, начиная с начального пункта. Журнал ведется с применением условных знаков для топографических планов масштаба 1:2000 - 1:10000.

При наличии планов (карт) масштаба 1:10000 и крупнее или материалов аэрофотосъемки, все данные наносятся на план (фотосхему). В полевом журнале производится только текстовые описания и пояснение условий прохождения трассы с соответствующей увязкой текста с плановым материалом.

На рабочую карту наносятся все элементы, определяющие направление трассы:

1. Существующие границы населенных пунктов и проектируемые.
2. Границы месторождений полезных ископаемых, сооружения, препятствия.
3. Плановое положение объектов загрязняющих атмосферу.
4. Зоны, где должны быть по условиям согласований учтены габариты работающих машин, а также границы административных районов, совхозов, колхозов и других сельскохозяйственных предприятий.
5. Участки осушенных земель, орошаемых дождевальными и другими установками, многолетние насаждения.
6. Границы затопления паводковыми водами\* контуры существующих и запроектированных водохранилищ и границы, ближе которых нельзя прокладывать трассу по условиям согласований (объекты и зоны режимного характера на карт и планы не наносятся), маска широкого развития неблагоприятных физико-геологических процессов.

Рекогносцировку следует проводить с использованием различного вида современных транспортных средств. Однако их использование не должно причинять ущерб сельскому хозяйству.

Согласования пересечений и сближений с инженерными сооружениями и коммуникациями и сбор сведений по ним.

Бое пересечения, а также следование параллельно инженерным сооружениям и коммуникациям вблизи, не исключая влияние ВЛ на них, должны быть согласованы с владельцами.

Одновременно с согласованиями по пересекаемым я параллельно следующим коммуникациям собираются сведения:

1. До железным дорогам - наименование, перспектива расширения и электрификации, вид тока, адрес а телефон владельца, общего или необщего пользования, ширина колеи, наличие коммуникаций в полосе отвода.

2. По шоссейным дорогам - наименование, класс, покрытие проезжей части, перспектива расширения, наличие коммуникаций в полосе отвода, адрес и телефон владельца.

3. По трубопроводам - наименование, назначение, категория трубопровода, диаметр труб, давление, глубина занесения, наличие других коммуникаций в полосе отвода, адрес и телефон владельца.

4. По подземным силовым кабелям - наименование, марка, напряжение, глубина заложения, назначение, адрес и телефон владельца.

5. По подземным кабелям связи - тип и марка кабеля, наименование организации эксплуатирующей кабель, величина напряжения дистанционного питания, передаваемого по кабелю: глубина заложения, адрес и телефон владельца.

6. Воздушные линии электропередачи ВЛ и воздушные линии связи, наименование, напряжение, направление, материал и типы опор, марка провода, количество цепей, продольные профили по трассе, адрес и телефон владельца.

Систематизация и оформление материалов выбора и согласований трасс ВЛ, как приложения к заданию на проектирование

Для приложения к заданию на проектирование материалы выбора трассы систематизируются и оформляются отдельным томом "Материалы выбора трассы ..." (с учетом исключений п. 1. 15) при этом в состав тома должны войти:

1. Пояснительная записка с кратким обоснованием выбранной и согласованной трассы, обеспеченность дорогами. Причина отказов от других конкурентно-способных вариантов, Технико-экономическое сравнение их.

2. Краткая инженерно-геологическая характеристика вариантов трассы о обобщенной характеристикой грунтов, указанием протяженности болот, глубины залегания грунтовых вод, сейсмичности района и возможности применения свайных оснований.

3. Гидрологические данные по большим переходам (длина пролета, устойчивость берегов и поймы, судовой габарит, ледовые условия).

4. Сведения о загрязненности атмосферы и метеорологические условия, если они повлияли на выбор варианта.

5. Материал и документа, указанные в п.2.3.36 (подпункт 1,2,3,4,6, а также части пп 7 отнесенной к обязанностям проектно-изыскательской организации).

В зависимости от объема планы землепользования могут переплетаться отдельным приложением.

6. Перечень и копии согласований с центральными, областными и проектными организациями.

7. Решение Совета Министров атомной республики край (обл.) исполкома с указанием особых условий отвода земель, возмещения убытков причиненных землепользователям временным и постоянным изъятием земли.

8. Схематические профили переходов через крупные водотоки и гидролого- морфологическая схема

9. Обзорный план трассы .

10. План трассы на подлиннике топографической карты в масштабе 1:25000 - 1:100000 .

Том "Материалы выбора трассы составляется специализированной группой (см.п.2.1.1) проектно-изыскательской организации под непосредственным руководством главного инженера проекта. При отсутствии специализированных групп том составляется проектировщикам. Том составляется на всю трассу независимо от места ее проложения по городской территории или вне пределов городов (поселков городского типа) и территорий райцентров и промышленных зон. Полевая документация (журнал рекогносцировки, эскизы стесненных мест, материалы выбора переходов через крупные водотоки) систематизируются, переплетается ж сдается на хранение в архив проектно-изыскательской организации.

### ***Раздел 3. Монтаж кабельных линий электропередачи***

#### ***3.1. Выбор трассы КЛ. Подготовительные работы на трассе. Способы прокладки кабеля***

Трассу подземной кабельной линии прокладывают между точками кратчайшим путем. Она не должна проходить по местности, имеющей в почве значительное количество извести, солончака и

промышленных отходов с содержанием кислоты и шлака, а также в болотистых и топких местах, по крутым склонам и т. д. Прокладку кабеля в холодных шлаковых отвалах можно производить при условии устройства постели и заполнения траншей песком или землей. Трассу кабеля по возможности следует удалять от рельсов электрифицированных железных дорог (но в полосе отвода), трамвайных путей, от крупных заводов, фабрик, электростанций и т. д. Запрещается пересекать железнодорожные и трамвайные пути в местах рельсовых стыков и стрелочных переводов.

Пересечение кабелями шоссейных дорог, благоустроенных улиц, железнодорожных и трамвайных путей производят только в трубопроводах. Под железнодорожными путями трубопроводы укладывают на расстоянии не менее 3 м от стрелок и крестовин. Кроме того, на электрифицированных железных дорогах и трамвайных путях это пересечение осуществляют на расстоянии не менее 3 м от отсасывающих фидеров. Причем пересечение делают, как правило, под прямым углом к рельсовым путям, но допускается отклонение на угол не менее 60°.

На неэлектрифицированных железных дорогах трубы должны выступать по отношению крайних нитей рельсовых путей на 1 м, а на электрифицированных железных дорогах и трамвайных путях — на 2 м.

При прокладке кабеля вдоль железной дороги расстояние между ближайшим рельсом и кабелем должно быть не менее 2 м и только в исключительных случаях оно может быть доведено до 1 м с обязательным применением изолирующей канализации или изолирующих покрытий кабеля.

По территории станции трасса кабеля СЦБ, местной, стрелочной и других видов внутростанционной связи может проходить как сбоку железнодорожного полотна.

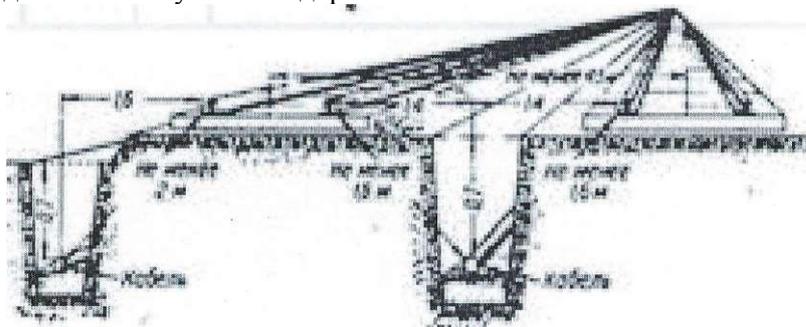


Рис. Удаление кабелей от тягового рельса (прокладка кабелей вдоль путей на электрифицированных участках)

Междупутье, шириной не менее 4,5 м между осями электрифицированных путей. В этом случае расстояние между ближайшим рельсом и кабелем должно быть не менее 1,6 м в междупутье и 2 м сбоку пути.

Трасса кабеля по отношению к ориентирам (постоянные здания и другие сооружения) должна проходить от красной линии домов и строений на расстоянии не менее 1 м.

При пересечении телефонными бронированными кабелями теплопроводов должен быть проложен изолирующий желоб или кабельный трубопровод, выступающие на 1 м по обе стороны от края пересекаемого теплопровода.

телефонной канализации в случае сварки стыков магистрального газопровода на подкладных кольцах или наварки усилительных муфт расстояния могут быть снижены до 6,0 м.

При прокладке бронированного кабеля связи в трубах расстояния, указанные в графе 5 табл. 47, могут быть снижены до соответствующих расстояний графы 4. При этом трубы должны выступать на 1,0 м в обе стороны от края пересекаемого сооружения. Пересечение междугородными бронированными кабелями связи водопровода, канализации и других трубопроводов производят в металлических трубах, которые выводят в обе стороны не менее чем на 2 м.

В стесненных условиях допускается врезание телефонных трубопроводов (с любым количеством труб в высоту) в тело колодцев (во внутреннюю часть колодца) водопровода, ливневой и хозяйственной канализации на глубину до 150 мм (в горизонтальной плоскости) их полезного сечения с защитой врезаемой части металлическим кожухом из стали толщиной не менее 3 мм, покрытой антикоррозийным составом.

Расстояние от кабелей связи и СЦБ до заземлителя ближайшей опоры высоковольтной линии, а если опора не заземлена, то до ближайшей ноги опоры должно быть не менее 25 м при сопротивлении земли до  $5 \cdot 10^4$  Ом/см и 50 м свыше  $5 \cdot 10^4$  Ом/см. Если прокладку кабелей связи и сигнализации производят в стальных трубах с целью экранирования на длине, равной расстоянию между крайними проводами высоковольтных линий, плюс по Ю м е каждой стороны от крайних проводов, то в этом случае допускается уменьшение приведенных расстояний до 5 м. Заземлители молниеотводов опор воздушных линий связи должны быть удалены от кабеля не менее 25 м.

### **3.2. Соединение и оконцевание кабелей. Кабельные муфты. Соединение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена**

Оконцевание кабелей с целью их подключения к оборудованию выполняется с помощью концевых муфт; соединение отдельных кусков кабелей - с помощью соединительных кабельных муфт. Концевые муфты устанавливаются в начале и конце кабелей. Количество соединительных муфт на 1 км КЛ определяется строительной длиной кабеля.

Муфты изготавливаются из различного материала. Основным требованием, предъявляемым к кабельной муфте, является надежность ее работы. Поэтому муфта должна быть герметичной, влагостойкой, обладать механической и электрической прочностью, стойкостью к воздействию окружающей среды. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют муфты горячей (термоусаживаемые) и холодной усадки, применяемые для кабелей с любой изоляцией.

Перед монтажом муфты конец кабеля разделяется. Операция разделки кабеля заключается в последовательном удалении с некоторым сдвигом всех слоев кабеля от наружной защитной оболочки до фазной изоляции токоведущей жилы. Размеры разделки зависят от напряжения, марки, сечения жил кабеля и приводятся в справочниках и монтажных инструкциях.

#### *Термоусаживаемые муфты*

Эти муфты используются при любом способе прокладки кабелей, надежны в эксплуатации (срок службы не менее 30 лет), характеризуются простотой монтажа (приблизительно 1 час для оконцевания и приблизительно 2 часа для соединения кабелей напряжением 6-10 кВ).

Напряжение на КЛ может подаваться сразу же после монтажа муфты. Широкий диапазон термоусадки позволяет использовать один типоразмер муфты для разных типов кабелей и сечений жил, что значительно сокращает складской запас муфт. Например, всего два типоразмера покрывают весь диапазон сечений кабелей, используемых в распределительных сетях напряжением 6-10 кВ (один типоразмер используется для сечений 70-120 мм, второй - для сечений 150-240 мм). Арматура термоусаживаемых муфт практически не подвергается старению и может складироваться неограниченно долго.

Принцип термоусадки, основан на технологии изготовления поперечно сшитых полимеров с пластической памятью формы. В комплект термоусаживаемой муфты входят элементы (трубки, манжеты, перчатки, шланги и другие), поставляемые в растянутом состоянии, что позволяет легко их надеть на элементы разделанного кабеля. При нагревании пропан-бутановой горелкой или строительным феном происходит усадка этих деталей и плотный охват элементов кабеля, чем создается герметичная и механически прочная конструкция. Температура усадки составляет 120-150°C и не является опасной для изоляции кабеля.

Надежную герметизацию обеспечивают специальные клеевые и мастичные герметики, нанесенные на внутренние поверхности элементов муфты. Одновременно с нагревом термоусаживаемых элементов происходит расплав и растекание герметизирующих материалов с заполнением всех пустот.

Герметизирующие материалы за счет специальных добавок (ZnO) обладают полупроводящими свойствами и, следовательно, выравнивают электрическое поле. За счет этого полностью исключается причина разрядов в областях повышенной напряженности электрического поля (в контактных соединениях жил, на срезе экрана).

Монтаж концевой термоусаживаемой муфты трехжильного кабеля принципиально не отличается от монтажа муфты однофазного кабеля. В муфтах трехжильных кабелей используются термоусаживаемые перчатки, надеваемые на три фазные жилы разделанного кабеля.

Проводник заземления концевых муфт и проводник, обеспечивающий непрерывность цепи заземления, в соединительных муфтах монтируются с помощью системы непаянного заземления, поставляемого в комплекте муфты. Контактное соединение заземляющего проводника с металлической оболочкой (экраном) кабеля закрывается герметизирующей лентой, обеспечивающей защиту этого соединения от коррозии.

Проводники заземления муфт выполняются гибким медным проводом. Сечения этих проводников должны быть не менее:

16 мм - при сечении жил кабеля до 120 мм;

25 мм - при сечении жил кабеля до 240 мм .

При монтаже термоусаживаемых муфт удается уйти от таких экологически вредных операций, как пайка при монтаже свинцовых муфт, битумное наполнение муфт. При термоусадке отсутствуют экологически опасные газовые выделения. Муфты холодной усадки

Эти муфты обладают всеми достоинствами термоусаживаемых муфт. Кроме того, монтаж: муфты холодной усадки не требует операции нагрева, что позволяет сократить время монтажа такой муфты приблизительно в два раза по сравнению со временем монтажа термоусаживаемой муфты.

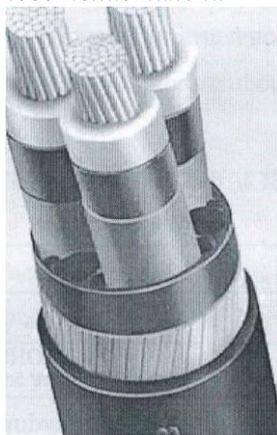
Муфта холодной усадки состоит из ЕРБМ-резины, предварительно натянутой на удаляемую при

монтаже спираль. При удалении спиралевидного корда за специально оставленные с обеих сторон муфты свободные концы корда муфта легко усаживается, обеспечивая полную герметизацию кабеля. Толстые стенки муфты создают дополнительную защиту от механических воздействий. Кроме того, ЕРПМ-резина устойчива к воздействию влаги, кислот, щелочей и ультрафиолетового излучения. Термоусаживаемые муфты и муфты холодной усадки сохраняют гибкость кабеля, не разрушаются при циклических температурных нагрузках и смещениях грунта при смене времен года. Продольное усилие на разрыв муфты составляет 60% от усилия на разрыв кабеля.

Стопорные свойства таких муфт позволяют увеличить допустимую разность уровней кабельной трассы для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией.

Организация и порядок приемки КЛ в эксплуатацию такие же, как у ВЛ. Отличие состоит в программе приемо-сдаточных испытаний и документах, передаваемых строительно-монтажной организацией (подрядчиком) эксплуатирующей организации (заказчику).

*Соединение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена*



В настоящее время в Российской Федерации повысился интерес потребителей к новым кабелям с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ, ХБРЕ), которые в недалеком будущем заменят кабели с бумажно-пропитанной (БПИ) и поливинилхлоридной (ПВХ) изоляцией. Это связано с тем, что предприятия, имеющие такие кабельные линии, высоко оценили эксплуатационные преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. По этому принципу пошли и многие российские производители, которые уже модернизировали свои технологии и наладили производство подобных кабелей для отечественных потребителей.

Это объясняется значимыми преимуществами СПЭ-кабелей:

- за счет увеличения допустимой температуры жилы достигнута большая пропускная способность кабеля (в зависимости от условий прокладки, допустимые нагрузочные токи на 1/6 - 1/3 выше, чем у кабелей с бумажной изоляцией);
- высокая устойчивость к влаге, при этом отпадает необходимость в металлической оболочке;
- при коротком замыкании обеспечивается больший ток термической устойчивости;
- изоляционные электрические характеристики выше, а диэлектрические потери ниже;
- меньше допустимый радиус изгиба кабеля;
- поскольку для изоляции и оболочки применяются полимерные материалы, то для прокладки кабелей при температурах  $-20^{\circ}\text{C}$  их предварительный подогрев не требуется;
- неограниченные возможности по прокладке кабелей на трассах с любой разностью уровней;
- СПЭ-кабель имеет меньшие габариты и массу, как следствие прокладка кабеля, как в кабельных сооружениях, так и в грунте на сложных трассах становится легче.

Кабели же с бумажно-пропитанной изоляцией, несмотря на достаточно высокие и стабильные электрические характеристики, имеют ряд недостатков:

- технология изготовления кабеля сложна и трудоемка, из-за этого стоимость его довольно высока;
- кабель имеет ограничения при вертикальной прокладке, т.к. наблюдается стекание пропиточного состава;
- конструкция кабеля имеет большой вес, т.к. обязательным элементом конструкции является металлическая оболочка, которая защищает пропитанную бумагу, теряющую свойства изоляции при попадании влаги.

Все вышеперечисленные недостатки не присущи кабелям, изоляция которых состоит из полиолефиновых материалов. Самым распространенным и широко используемым в кабельной продукции полиолефином, является полиэтилен (ПЭ).

В начальной стадии обработки термопластичный полиэтилен имеет серьезные недостатки, основным

их которых это ухудшение механических свойств, при нагреве до температуры плавления материала. Чтобы решить данную задачу производители применяют сшитый полиэтилен, причем «сшивка» происходит на молекулярном уровне. При этом в процессе сшивки, образуются поперечные связи между макромолекулами полиэтилена, которые создают трехмерную структуру материала. За счет такого строения, полиэтилен имеет высокие показатели электрических и механических характеристик, большой диапазон использования рабочих температур, меньшую гигроскопичность. Есть несколько технологий сшивания термопластичных материалов. Для кабелей до 1 кВ используется самый распространенный способ - сшивание через привитые органofункциональные группы, в качестве таких групп используют силаны. Этот способ еще называют силанольная сшивка. Сшивание полиэтилена происходит с использованием пара или воды, температура которых достигает 80-90 °С. Под воздействием влаги, тепла и применением катализатора, совершается гидролиз силанольных групп и, как следствие, сшивка материала.

Этот способ сшивания полиэтилена невозможно применить для кабелей с изоляцией рассчитанной на напряжение 10 - 35 кВ, потому что в процессе обработки достаточно сложно добиться равномерности физико-механических свойств в радиальном направлении изоляции, а также по причине того, что изоляция кабелей высокого напряжения имеет значительно большую толщину, по сравнению с изоляцией кабелей низкого напряжения.

Для того чтобы сшить изоляцию кабелей на напряжение 10 - 35 кВ применяется другой способ - сшивание с использованием пероксидов. Этот процесс, в отличие от силанольной сшивки, происходит в сухой среде, а именно в среде инертного газа (азота), при воздействии высоких температур от 300 до 400 °С и давления в 8 - 12 атм., при этом сохраняются электрические характеристики высоковольтных кабелей.

Применение вышеописанных способов сшивки кабелей подтверждается и мировыми производителями, которые наладили технологию производства и практически полностью перешли на использование силовых кабелей на среднее и высокое напряжение с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Это можно объяснить тем, что кабели с бумажно-пропитанной изоляцией расцениваются и считаются как морально устаревшие.

Как показывает практика, применяя кабели с изоляцией из СПЭ на напряжение 6-10 кВ можно решить задачи по улучшению надежности электроснабжения потребителей путем оптимизации и реконструкции схем электрических сетей.

На сегодняшний день многие страны уже положительно оценили эксплуатационные характеристики кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ) на среднее и высокое напряжение и практически полностью перешли на их использование. Так, например, составляющая доля всего рынка силовых кабелей равняется в США и Канаде - 85%, в Германии и Дании - 95%, а в Японии, Франции, Финляндии и Швеции в распределительных сетях среднего напряжения используется только кабель с изоляцией из СПЭ.

Энергетические компании России, оценив положительные аспекты эксплуатации кабелей среднего и высокого напряжения с изоляцией из СПЭ, также ориентированы на использование данного типа кабелей при прокладке новых кабельных линий и замене либо капитальном ремонте старых. Кроме того, для осуществления соединений между кабелями с бумажно-пропитанной изоляцией и изоляцией из сшитого ПЭ применяются специально разработанные муфты. Это существенно уменьшает проблемы при ремонтах и реконструкциях электрических сетей.

Прокладку кабеля осуществляет бригада в количестве 5-7 человек.

Примерная схема расстановки рабочих при протяжке кабеля:

- барабан, на тормозе - 1 человек;
- сход кабеля с барабана - 1 человек;
- спуск кабеля в траншею (вход, выход из туннеля) - 1 человек;
- на лебедке - 2 человека;
- сопровождение конца кабеля - 2 человека.

Кроме того, необходимо предусмотреть по одному человеку:

- на каждом углу поворота;
- на каждом проходе в трубах через перегородки или перекрытия, у входа в камеру или здание.

При одновременном тяжении трех кабелей за устройством для группирования кабелей должны находиться 2 человека для скрепления кабеля в треугольник.

Скорость прокладки не должна превышать 30 м/мин и должна выбираться в зависимости от характера трассы, погодных условий и усилий тяжения.

При превышении допустимой величины усилия тяжения необходимо остановить прокладку и проверить правильность установки и исправность линейных и угловых роликов, наличие смазки (воды) в трубах, а также проверить кабель на возможное заклинивание в трубах. Дальнейшая

протяжка кабеля возможна только после устранения причин превышения допустимых усилий тяжения.

При спуске кабеля в траншею или входе в туннель необходимо следить, чтобы кабель не соскальзывал с роликов и не терся о трубы и стенки в проходах. На входе в трубы необходимо следить за тем, чтобы не повреждались защитные покровы кабелей о край трубы.

При повреждении оболочки кабеля необходимо остановить прокладку, осмотреть место повреждения и принять решение о способе ремонта оболочки.

Сопровождающие конец кабеля должны следить за тем, чтобы кабель шел по роликам, при необходимости подправляют ролики, а также направляют конец кабеля.

Кабель вытягивается таким образом, чтобы при укладке его по проекту расстояние от верха концевой муфты или от условного центра соединительной муфты было не менее 2 м. При определении запаса следует учитывать, что остатка кабеля на барабане должно хватить для монтажа муфты. Отсоединить тяговый трос и снять чулок или захват с конца кабеля. В случае, если на барабане находится кабель для нескольких участков трассы, или если длина кабеля существенно больше длины участка, необходимо обрезать кабель.

После обрезки кабеля необходимо герметизировать концы кабелей капированием. Для более надежной герметизации концов кабелей возможно применить двойное капирование. Внутреннюю капу осадить на электропроводящий слой по изоляции кабеля, а наружную капу - на внутреннюю капу и на оболочку кабеля. Возможно, также перед капированием нанести на обрез кабеля слой расплавленного битума.

При необходимости концы кабеля завести в камеры, колодцы, кабельные помещения. При этом необходимо соблюдать допустимые радиусы изгиба кабеля. Снять кабель с роликов, уложить и закрепить его по проекту.

При прокладке в траншее произвести присыпку кабеля песчано-гравийной смесью или мелким грунтом толщиной не менее 100 мм и провести испытания оболочки кабеля.

#### ***Раздел 4. Эксплуатация воздушных и кабельных линий***

##### ***4.1. Сдача воздушных линий в эксплуатацию***

После окончания работ по сооружению ВЛ заказчик совместно с генеральным подрядчиком назначает рабочую комиссию, которая производит техническую приемку линий. При этом генеральный подрядчик предъявляет комиссии полный комплект исполнительной документации.

Приемку ВЛ осуществляют в соответствии с положениями СНУ 1.03.04-2000 «Приемка законченных строительством объектов. Основные положения» и СНиП 3.05.06—85 «Электротехнические устройства», ПУЭ, а также требованиями Правил приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов распределительных сетей напряжением 0,38—20 кВ.

На ВЛ, принимаемую в эксплуатацию, должен быть составлен паспорт. При этом запрещается принимать ВЛ с недоделками, препятствующими ее нормальной эксплуатации, и отступлениями от проекта, не согласованными с заказчиком и проектной организацией.

Окончательно принимает ВЛ в эксплуатацию Государственная приемочная комиссия, в состав которой входят представители заказчика и всех организаций, участвовавших в сооружении линии, эксплуатационной организации, проектировщиков, технической инспекции профсоюза, пожарной охраны, банка, органов охраны окружающей среды и др.

На основании актов рабочей комиссии и осмотра ВЛ Государственная комиссия определяет качество работ, готовность линии к сдаче в эксплуатацию и выдает письменное разрешение на ее включение.

Сдачу-приемку в эксплуатацию законченной строительством и монтажом ВЛ осуществляют при наличии следующих документов: акта приемки трассы; журнала работ по сооружению бетонных фундаментов под опоры; журнала установки фундаментов и забивки свай под опоры; журнала сборки опор; журнала установки опор; акта приемки установленных опор ВЛ под монтаж проводов и тросов; протокола контрольной проверки стрел провеса проводов и габаритов ВЛ; журнала сращивания проводов и тросов на ВЛ; протокола осмотра разрядников; акта осмотра пересечений; паспорта высоковольтной ВЛ; протоколов измерений сопротивления заземления; актов скрытых работ, а также ведомости отклонений от проекта в процессе выполнения работ.

Подача напряжения производится эксплуатационным персоналом после письменного уведомления генерального подрядчика о том, что все работники с линии сняты и предупреждены о предстоящем включении. При бесперебойной нормальной работе ВЛ в течение суток после включения Государственная приемочная комиссия оформляет акт передачи ее в эксплуатацию.

Вдольтрассовые ЛЭП для магистральных трубопроводов можно предъявлять к сдаче и принимать в эксплуатацию отдельными участками, ограниченными с обеих сторон подстанциями, переключательными пунктами, трансформаторными пунктами или участками, врезанными в действующие линии. По договоренности с заказчиками разрешается предъявлять к осмотру и

проверке отдельные законченные строительством и монтажом участки от потребителя до потребителя (например, от СКЗ до СКЗ), не ожидая окончания работ по всей линии. Приемка ЛЭП в эксплуатацию осуществляется рабочими и государственными комиссиями.

Основанием для создания рабочей комиссии служит письменное извещение генеральным подрядчиком (совместно с электромонтажной организацией) заказчика о готовности линии к сдаче в эксплуатацию. При этом подрядчики несут ответственность за сдачу заказчику законченной строительством линии, подготовленной к комплексному опробованию и постановке под напряжение.

Заказчик на основании извещения подрядчика назначает рабочую комиссию, в состав которой входят представители заказчика (председатель комиссии), генерального подрядчика, субподрядчика проектной организации, профсоюзной организации, заказчика государственного санитарного и пожарного надзора, газовой инспекции и других заинтересованных организаций.

Рабочая комиссия проводит техническую приемку ЛЭП, т.е. тщательный осмотр, проверку документации, испытание.

Организации, осуществляющие строительство ЛЭП, представляют рабочей комиссии следующие материалы: список организаций, принимавших участие в строительстве, с указанием лиц, ответственных за проведение работ; ведомость объектов, предъявляемых к сдаче, с их краткой характеристикой; комплект рабочих чертежей с подписями лиц, ответственных за производство работ, с внесенными в установленном порядке изменениями (исполнительные чертежи); ведомость отклонений от проекта с указанием причин, вызвавших эти отклонения, и ссылкой на обосновывающие их документы; трехлинейную схему линии с нанесением расцветки фаз; акт приемки трассы линии; журнал работ по устройству фундаментов и заземлению; журналы работ по сборке и установке опор; акты приемки установленных опор под монтаж проводов; журналы соединений проводов, монтажа натяжных, петлевых соединительных и ремонтных зажимов; протоколы контрольной проверки стрел провеса проводов и габаритов линии; акты осмотров и замеров габаритов на пересечениях ЛЭП, составленные совместно с владельцами пересекаемых сооружений; протоколы измерений сопротивления заземления, соединений проводов, испытаний и осмотров разрядников.

При наличии на ЛЭП кабельных вставок и переходов на кабельные прокладки представляется следующая документация: проект кабельной линии со всеми согласованиями, исполнительная трасса кабельной линии в масштабе 1:500, акты приемки траншей, акты осмотра кабельной канализации в траншеях перед закрытием, акты на скрытые работы по прокладке труб, паспорта и протоколы заводских испытаний кабеля (при их отсутствии - протоколы испытаний кабеля до его прокладки на монтажной площадке), протоколы испытаний кабеля перед сдачей в эксплуатацию, акты (журналы) разделки кабельных муфт и концевых заделок, протоколы прогрева кабелей перед прокладкой в зимнее время. Вся документацию составляют строительные-монтажные организации в процессе строительства ЛЭП и подписывают ее ответственные руководители - прорабы, мастера и исполнители работ - бригадиры, электромонтеры-кабельщики (на монтаж муфт), а также представители технического надзора заказчика.

При приемке линии в акте рабочей комиссии отмечаются все недоделки и дефекты, которые должны быть устранены, после чего ЛЭП осматривают вторично, составляют протокол о готовности ее к включению и предъявляют территориальной инспекции Госэнергонадзора.

На основании актов рабочей комиссии, изучения документации и осмотра ЛЭП территориальная инспекция Госэнергонадзора определяет качество работ, готовность линии к сдаче в эксплуатацию и выдает письменное заключение о возможности постановки линии под напряжение.

Затем все документы с заключением инспекции Госэнергонадзора предъявляются в районные электрические сети, которые, рассмотрев их, выдают наряд на включение ЛЭП.

Включение ЛЭП под напряжение осуществляется эксплуатационным персоналом после письменного уведомления строительной-монтажной организации о том, что с линии ее работники сняты и предупреждены о предстоящем включении.

При нормальной работе ЛЭП в течение суток после включения, линия считается принятой и рабочая комиссия оформляет акт передачи ее в эксплуатацию. Один экземпляр акта о приемке ЛЭП в эксплуатацию передается строительной-монтажной организации.

Государственные приемочные комиссии назначаются соответствующими Министерствами и ведомствами-заказчиками для приемки в эксплуатацию участков трубопровода, в комплекс которых входит ЛЭП, как объект энергетического назначения.

Помимо документации, предъявляемой подрядчиком рабочей комиссии, заказчик предъявляет Государственной приемочной комиссии следующие материалы:

- акт рабочей комиссии о приемке ЛЭП в эксплуатацию;
- утвержденную проектно-сметную документацию;
- документы об отводе земельных участков, согласованные с соответствующими организациями;

- заводскую документацию на основное оборудование;
- паспорт ЛЭП;

документацию по пусконаладочным работам.

#### **4.2. Эксплуатация кабельных линий в условиях Восточной Сибири**

При техническом обслуживании кабельных линий (КЛ) периодически проводят их осмотры с целью визуального обнаружения неисправностей и дефектов. КЛ на напряжение до 35 кВ, проложенные открыто, должны осматриваться не реже 1 раза в 6 месяцев; проложенные в земле - не реже 1 раза в 3 месяца. Не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должны проводиться административно-техническим персоналом. Внеочередные осмотры КЛ должны проводиться в период паводков и после ливневых дождей, когда возможны сдвиги почвы и попадание грунтовых вод в подземные кабельные сооружения, а также после отключения КЛ релейной защитой.

При осмотрах трасс КЛ, проложенных в земле, проверяется наличие знаков привязки линии к постоянным ориентирам (или пикетов на незастроенной территории), обозначающих трассу. На трассе КЛ не должно быть вспучивания или проседания грунта, не должно производиться каких-либо работ, раскопок, складирования строительных материалов, свалок мусора.

Правилами охраны электрических сетей для КЛ, проложенной в земле, устанавливается охранная зона в размере 1 м с каждой стороны от крайних кабелей. Любые работы в охранной зоне КЛ должны выполняться с разрешения и под наблюдением организации, эксплуатирующей кабель.

В местах выхода кабеля из земли, например на стену здания или опору ВЛ, должна быть защита кабеля от механических повреждений. Осмотры КЛ, проложенных в кабельных сооружениях (тоннелях, эстакадах и других), должны проводить два человека. В первую очередь проверяется с помощью газоанализатора отсутствие в кабельных сооружениях газов, состояние освещения и вентиляции.

Проверяется общее состояние кабельных сооружений, наличие средств пожаротушения, отсутствие посторонних предметов. Все металлические конструкции кабельных сооружений должны быть покрыты негорючим антикоррозийным составом.

Кабельные туннели должны быть оборудованы средствами для отвода ливневых и почвенных вод. Эти средства должны находиться в исправном состоянии.

По температуре внутри кабельных сооружений косвенно контролируется тепловой режим кабелей. Температура воздуха внутри сооружений должна превышать температуру наружного воздуха не более чем на 10°C.

На открыто проложенных кабелях должны быть стойкие к воздействию окружающей среды бирки, прикрепляемые в начале и конце кабеля и через 50 м. На этих бирках указываются: марка и сечение кабеля, напряжение, номер или другое условное обозначение линии. На бирках муфт должны быть отмечены номер муфты и дата ее монтажа. Проверяется состояние антикоррозийного покрова металлических оболочек кабелей, расстояния между кабелями, состояние соединительных и концевых кабельных муфт, отсутствие следов вытекания масла или кабельной мастики.

Все замеченные при осмотрах дефекты и неисправности КЛ заносятся в листок осмотра. Эти дефекты и неисправности в зависимости от их характера устраняются при текущем техническом обслуживании. Повреждения аварийного характера должны быть устранены немедленно.

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию устанавливается допустимая токовая нагрузка. Эта нагрузка определяется по условию, что температура жил кабеля будет не выше длительно допустимой температуры 9 ДОП, нормируемой.

Для кабелей:

с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида 0ДОП= 70°C;

с изоляцией из сшитого полиэтилена 9ДОП = 90°C;

с резиновой изоляцией 0ДОП =65°C.

Перегрев изоляции кабеля выше 0ДОП заметно ускоряет процесс ее старения и, следовательно, сокращает срок службы кабеля.

Непосредственное измерение температуры жилы кабеля представляет значительные трудности. Поэтому для проверки теплового режима кабель нагружают током и снимаются показания термодатчиков, установленных на стальной броне (оболочке или шланге) кабеля. В практической эксплуатации действительную токовую нагрузку кабеля I сопоставляют с длительно допустимым током I доп. Принимаемые по справочным данным поправочные коэффициенты учитывают реальную температуру охлаждающей среды, количество кабелей в земляной траншее, удельное тепловое сопротивление грунта, срок службы кабеля и другие факторы.

При эксплуатации КЛ допускаются кратковременные перегрузки, например, на период ликвидации аварии (Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.-Спб.: АЛЮ ОУ УМИТЦ, 2003). Допустимые перегрузки кабелей напряжением до 10 кВ в зависимости от вида

изоляции составляют: кабели с бумажной изоляцией - на 30%; изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида - на 15%; резины - на 18%; сшитого полиэтилена - на 25; для кабелей со всеми видами изоляции, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%. Указанные перегрузки допускаются продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток. Суммарная продолжительность перегрузки в год не должна превышать 100 ч.

Для кабелей напряжением 20-35 кВ с бумажной изоляцией перегрузки не допускаются (Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.-Спб.: АЛЮ ОУ УМИТЦ, 2003). Контроль нагрузочного режима КЛ осуществляется снятием графиков нагрузки, выполняемым не реже 2 раз в год. Причем один раз контроль осуществляется в период зимнего максимума нагрузки.

Особое внимание при техническом обслуживании КЛ уделяется кабельной изоляции. Одним из средств контроля состояния изоляции является измерение ее сопротивления, выполняемое мегаомметром. Отсчет величины сопротивления изоляции осуществляется приблизительно через 1 минуту после начала процесса измерения. Сопротивление изоляции кабелей на напряжение до 1 кВ должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции кабелей на напряжение выше 1 кВ не нормируется.

Электрическая прочность изоляции КЛ проверяется испытанием повышенным выпрямленным напряжением. Испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой жиле кабеля, при этом две другие жилы кабеля и его металлическая оболочка (экран) должны быть заземлены. Испытательное напряжение поднимается плавно со скоростью 1... 2 кВ/с .

У кабелей с пластмассовой защитной оболочкой (шлангом) дополнительным испытаниям повышенным выпрямленным напряжением подвергается защитная оболочка. Испытательное выпрямленное напряжение -10 кВ в течение 1 мин. подается между металлической оболочкой (экраном) и землей. При неуспешных испытаниях отыскивается место повреждения пластмассовой оболочки и выполняется ее ремонт.

На вертикальных участках кабелей напряжением 20...35 кВ с бумажной изоляцией контролируется осушение изоляции. Этот контроль осуществляется с помощью термометров, укрепленных на броне кабеля в верхней, средней и нижней частях вертикального участка. Разность показаний термометров более чем на 2...3°C свидетельствует о сильном осушении изоляции и начавшемся процессе ее пробоя. В этом случае вертикальный участок кабеля должен быть выведен из эксплуатации и заменен. У одножильных кабелей, собранных в трехфазную группу, измеряется токораспределение. Неравномерность распределения токов по фазам должна быть не более 10%.

После отсоединения кабеля от оборудования, профилактических испытаний, монтажа или перемонтажа кабельных муфт должны быть проверены фазировка кабеля и целостность его жил. Сущность фазировки заключается в проверке соответствия фаз *A*, *B* и *C* кабеля фазам *A*, *B* и *C*, например, распределительного устройства, к шинам которого подключается кабель после отсоединения. Определение целостности жил выполняется мегаомметром. Измерения сопротивления проводят между каждой парой фаз с одного конца кабеля. Жилы кабеля на другом конце замыкаются между собой. При целых жилах кабеля мегаомметр при всех измерениях должен показать нулевое сопротивление. Несмотря на периодический осмотр кабельных трасс и проведение профилактических испытаний, при эксплуатации имеют место повреждения (случайные отказы) КЛ. Как правило, это пробой изоляции, реже - разрыв фаз.

Поврежденный кабель отсоединяется с обоих концов от оборудования и с помощью мегаомметра определяется *характер повреждения*: измеряется сопротивление изоляции между каждой фазой и заземленной металлической оболочкой и между каждой парой фаз. Измерения проводят с одного конца кабеля. Фазные жилы другого конца кабеля разомкнуты (для определения замыканий) или замкнуты и заземлены (для определения обрывов).

Результаты измерений могут не выявить характер повреждения, поскольку переходное сопротивление в месте повреждения может быть достаточно высоким, в частности, из-за затекания места пробоя изоляции маслосканифольным составом (заплывающий пробой) в кабелях с бумажной пропитанной изоляцией. Для снижения переходного сопротивления изоляция кабеля в месте повреждения прожигается. Для этого на кабель подается напряжение, достаточное для пробоя изоляции в месте повреждения. После некоторого времени повторения пробоев переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается, разрядное напряжение снижается, а ток разряда увеличивается. Изоляция прожигается этим током, переходное сопротивление в месте повреждения уменьшается. После определения характера повреждения выбирается способ и аппаратура для определения места повреждения кабеля.

По точности определения места повреждения различают относительные и абсолютные методы. *Относительные методы* имеют определенную погрешность и позволяют определить лишь зону повреждения. Это импульсный, петлевой и емкостной методы. Точное место повреждения позволяют найти *абсолютные методы* такие, как индукционный и акустический.

*Импульсным методом* определяется зона однофазного или многофазного замыкания, зона обрыва любого количества фазных жил. В поврежденную линию посылается эталонный электрический импульс. По экрану измерительного прибора, проградуированному в мкс, измеряется интервал времени между моментом подачи импульса и моментом прихода импульса, отраженного от места повреждения.

Скорость распространения электромагнитных волн в силовых кабелях практически не зависит от сечения и материала жил и составляет  $160 \pm 3$  м/мкс. Расстояние до места повреждения вычисляется как  $l_x = 80l_x$ , м.

*Петлевой метод* применяется для определения зоны однофазных и двухфазных замыканий на землю. Этот метод основан на измерении омического сопротивления жил кабеля до места повреждения.

На одном конце кабеля замыкаются нормальная и поврежденная жилы (образуется петля). Измерения проводятся с другого конца кабеля. Для измерения сопротивлений  $K_2$  и  $K_4$  может использоваться, например, мост постоянного тока.

*Индукционный метод* позволяет определить место многофазных замыканий в кабеле после успешного прожига изоляции в месте повреждения. Метод основан на улавливании магнитного поля, создаваемого вокруг кабеля протекающим по нему током. Улавливание поля производится с помощью специальной поисковой катушки, имеющей магнитный сердечник для концентрации поля.

По двум поврежденным жилам кабеля пропускается ток высокой частоты (800... 1000 Гц) от звукового генератора. Вокруг кабеля образуется магнитное поле высокой частоты. Поместив в это поле поисковую катушку, соединенную через усилитель с наушниками, можно прослушивать звуковой сигнал. Обслуживающий персонал, продвигаясь по трассе КЛ, прослушивает этот звуковой сигнал.

*Акустический метод* позволяет определить место однофазных и многофазных замыканий в кабеле при заплывающем пробое. В поврежденную жилу (в поврежденные жилы) периодически подаются импульсы постоянного напряжения, например, от накопительного конденсатора. В месте повреждения возникают разряды, вызывающие акустический шум. Уровень этого шума прослушивается с поверхности земли, например, с помощью стетоскопа или прибора с пьезодатчиком-преобразователем механических колебаний в электрические. При практическом поиске мест повреждения КЛ используется сочетание относительных и абсолютных методов. С помощью относительного метода определяется зона повреждения, а затем в этой зоне отыскивается место повреждения абсолютным методом. КЛ ремонтируются при их повреждениях, например при пробое изоляции кабеля, а основной операцией при ремонте КЛ является установка новой или замена существующей кабельной муфты. Таким образом, при эксплуатации КЛ используется система аварийно-восстановительного ремонта (система АВР).

При повреждении кабеля обслуживающий персонал должен отыскать место повреждения, а при прокладке кабеля в земляной траншее - раскопать участок траншеи в этом месте. Раскопки должны вестись осторожно, а при глубине более 0,4 м - только лопатами. Объем работ при текущих и капитальных ремонтах КЛ определяется по результатам предшествующих осмотров, испытаний и измерений. Для планирования ремонтов КЛ ведется следующая эксплуатационно-техническая документация: паспорта КЛ; листки осмотров; кабельный журнал; акты скрытых работ с указанием пересечений и сближения кабелей со всеми подземными коммуникациями; акты на монтаж кабельных муфт; протоколы измерения сопротивления изоляции; протоколы испытаний изоляции КЛ повышенным напряжением; протоколы измерения сопротивлений заземляющих устройств; журналы неисправностей КЛ; журналы учета работ на КЛ и другие документы.

На основании этих документов составляется многолетний график работ, в котором указывается перечень всех кабельных линий и годы их вывода в ремонт в соответствии с техническим состоянием. На основании многолетнего графика составляются годовые графики работ.

При капитальном ремонте КЛ выполняются следующие основные работы: выборочное шурфление кабельных траншей с оценкой состояния кабелей и муфт; полное вскрытие кабельных каналов с исправлением раскладки кабелей, устранением коррозии оболочек, чисткой каналов, заменой или ремонтом конструкций для крепления кабелей; переразделка дефектных муфт; частичная или полная замена участков КЛ; ремонт заземляющих устройств; окраска металлических конструкций в кабельных сооружениях. При окончании ремонтных работ проводятся испытания КЛ. Кроме того, кабели испытываются под нагрузкой в течение 24 ч.

Все работы, выполненные при капитальном ремонте КЛ, принимаются по акту. Акты со всеми приложениями хранятся в паспорте кабельной линии.

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Провода и трассы ВЛ. Область использования.	2	-
2		Изоляторы и поддерживающая арматура ВЛ.	2	-
3		Опоры линий электропередачи. Типы опор для нормальных и особых условий эксплуатации.	3	-
4		Способы раскатки и подвески проводов и тросов ВЛ.	3	-
5	3.	Типы кабелей для различных условий эксплуатации.	2	-
6		Типы соединительных и концевых муфт.	2	-
7		Прокладка кабелей в различных условиях.	3	-
<b>ИТОГО</b>			<b>17</b>	<b>-</b>

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Составление технологических карт по строительству воздушных линий: на разбивку трассы.	2	-
2		Составление технологических карт по строительству воздушных линий: на рубку леса и очистку трассы.	2	Работа в малой группе (1 час.)
3		Составление технологических карт по строительству воздушных линий: на подготовку подъездных путей.	2	Работа в малой группе (1 час.)
4		Составление технологических карт по строительству воздушных линий: вязка деревянных опор.	2	Работа в малой группе (1 час.)
5		Составление технологических карт по строительству воздушных линий: подготовка котлованов под фундаменты.	2	Работа в малой группе (1 час.)
6	3.	Выбор способа определения места повреждения КЛ.	2	Работа в малой группе (1 час.)
7		Составление технологических карт по строительству воздушных линий: на соединение и оконцевание кабелей разных типов.	3	-
8		Осмотр трассы КЛ.	2	-
<b>ИТОГО</b>			<b>17</b>	<b>5</b>

### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ПК</i>				
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>1.</b> Организация электромонтажных работ. Основная документация.		6	+	1	6	Лк, ПЗ, ЛР,СР	экзамен
<b>2.</b> Монтаж воздушных линий.		48	+	1	48	Лк, ПЗ, ЛР,СР	экзамен
<b>3.</b> Монтаж кабельных линий электропередачи.		44	+	1	44	Лк, ПЗ, ЛР,СР	экзамен
<b>4.</b> Эксплуатация воздушных и кабельных линий		19	+	1	19	Лк, ПЗ, ЛР,СР	
	<b>всего часов</b>	<b>117</b>	<b>117</b>	<b>1</b>	<b>117</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Емцев, А.Н., Фадеев В.А. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций. уч.пос. – Братск: БрГУ, 2014. – 254 с.
2. Сибикин Ю.Д. Обслуживание электроустановок промышленных предприятий. Справочное изд-е. – М.: ВШ, 1971. – 424 с. илл.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Полуянович, Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие/Н.К. Полуянович. –Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 400 с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР	32	1
2.	Сибикин, Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: уч. пос. /Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.:Директ-Медиа, 2014. – 463 с. ISBN 978-5-4458-5745-7 То же [Электронный ресурс] – <a href="URL://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=230560">URL://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=230560</a>	Лк, ЛР, ПЗ, СР	ЭР	1
3.	Емцев, А.Н. Монтаж и эксплуатация кабельных линий: учебное пособие/А.Н. Емцев, С.А. Васильева. – Братск: БрГУ, 2008. – 110с.	ЛР, ПЗ, СР	144	1
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей. – М.: НЦ ЭНАС, 2003. – 298 с.	Лк, ЛР	7	0,4
5.	Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4-500 кВ/Под ред. Е.Г. Гологорский. – М.: НЦ ЭНАС, 2003, -344 с.	ЛР, ПЗ, СР	10	0,5
6.	Правила устройства электроустановок. – СПб.: Деан. 2001. – 926 с.	ЛР, Лк, СР	8	0,4
7.	Сибикин, Ю.Д. Техническое оборудование, ремонт электрооборудования и систем промпредприятий: учебник/ Ю.Д.Сибикин, М.Ю.Сибикин.– М.: Академия, 2004, -432 с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР	10	0,5
8.	Емцев, А.Н. Аппараты и схемы электрической части станций и подстанций: учебное пособие А.Н. Емцев, В.А. Фадеев– Братск: БрГУ, 2014. – 254 с.	ЛР, ПЗ, СР	49	1
9.	Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 04-35 кВ. В 3 т. Т1: справочное издание/ Под ред. И.Т. Горюнова– М.: Папирус Про 1999-608 с.	ЛР, ПЗ, СР	4-Т1	0,2
10.	Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 04-35 кВ и 110-1150 кВ. В 3 т. Т2: справочное издание/ Под ред. И.Т. Горюнова– М.: Папирус Про 2003-640 с.	ЛР, ПЗ, СР	4- Т2	0,2
11.	Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 04-35 кВ и 110-1150 кВ. В 3 т. Т3: справочное издание/ Под ред. И.Т. Горюнова– М.: Папирус Про 2004-688 с.	Лк, СР	5- Т3	0,2

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog>.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru>.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com>.
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/>.
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/>.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение данной дисциплины предполагает, помимо посещения лекционных, лабораторных и практических занятий, активную самостоятельную работу.

Самостоятельная работа обучающихся включает: проработку лекционного материала по конспектам, учебной и технической литературе; подготовку к лабораторным и практическим занятиям.

Литература, имеющаяся в библиотеке, позволяет качественно подготовиться к занятиям. При работе в библиотеке важно комплексно подходить к рассмотрению вопросов, изучая все материалы, рекомендованные преподавателем.

Интерактив проводится в виде работы в малых группах по практическим занятиям.

Форма отчетности к лабораторным и практическим работам: письменный отчет на листах формата А4 с оформлением согласно указаниям ЕСКД и кафедры.

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ

#### Лабораторная работа №1

##### **Провода и трасы воздушных линий электропередачи. Область использования**

Цель работы: ознакомиться с типами проводов и поддерживающей арматурой воздушных линий электропередач.

- Содержание работы: 1) изучить типы проводов воздушных линий электропередачи;  
2) познакомиться с конструкцией поддерживающих изоляторов ВЛ разных классов напряжения;  
3) выявить особенности монтажа ВЛ с изолированными проводами.

## Краткие теоретические сведения о проводах и поддерживающих конструкциях ВЛ.

### Устройство область применения проводов и тросов ВЛ

Воздушные линии электропередач могут выполняться с одним или несколькими проводами в фазе; во втором случае фаза называется расщепленной.

Диаметр проводов, их сечение и количество в фазе, а также расстояние между проводами расщепленной фазы определяются расчетом. По конструктивному исполнению делают одно- и многопроволочные провода и полые провода.

*Однопроволочные* провода состоят из одной круглой проволоки. Они дешевле многопроволочных, но имеют меньшую механическую прочность.

*Стальные* однопроволочные провода (ПСО) применяют редко из-за высокого удельного электрического сопротивления стали. Обычно они используются при небольших нагрузках в сельскохозяйственных сетях.

*Алюминиевые* однопроволочные провода вообще не выпускаются промышленностью из-за низкой механической прочности.

*Многопроволочные алюминиевые* провода обычно применяются в сетях на 0,38 кВ. При более высоких напряжениях используют *сталеалюминиевые* провода марок АС, АСКС, АСК и других в зависимости от способа их исполнения. Например, АСК состоит из алюминиевых проволок и стального сердечника из стальных оцинкованных проволок, изолированных двумя лентами из полиэтилентерефталатной плёнки, заполненной смазкой. Стальные многопроволочные провода обозначаются ПМС.

Конструкции и общий вид неизолированных проводов приведены на рис. 1.1, а. Однопроволочный провод (рис. 1.1, б) состоит из одной круглой проволоки. Многопроволочные провода из одного металла (рис. 7.1, в) состоят из нескольких свитых между собой проволок. При увеличении сечения растёт число проволок. В многопроволочных проводах из двух металлов - сталеалюминиевых проводах (рис. 1.1, г) – внутренние проволоки (сердечник провода) выполняется из стали, а верхние – из алюминия.

Стальной сердечник увеличивает механическую прочность, а алюминий является токопроводящей частью провода, так как поверхностный эффект на переменном токе вытесняет линии тока к поверхности проводника.

Полые провода (рис. 1.1, д) изготавливают из плоских проволок, соединённых друг с другом в паз, что обеспечивает конструктивную прочность провода. У таких проводов больший по сравнению со сплошным диаметр, благодаря чему повышается напряжение появления коронирующего разряда на проводах и значительно снижаются потери энергии на корону. Полые провода применяются на воздушных линиях редко. Они главным образом используются для ошиновки подстанций 330 кВ и выше. Для снижения потерь электроэнергии на корону ВЛ при напряжении более 330 кВ каждая фаза воздушной линии расщепляется на несколько проводов.

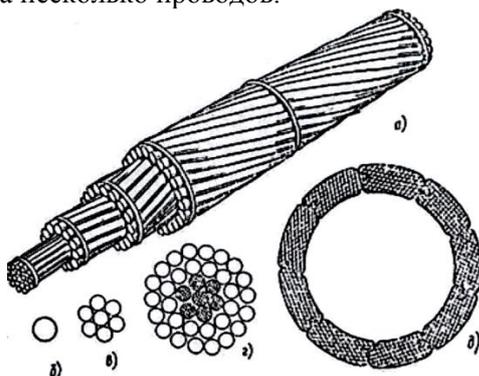


Рис. 1.1 Конструкции проводов воздушных линий:

а - общий вид многопроволочного провода; б - сечение однопроволочного провода; в, г - сечения многопроволочных проводов из одного и двух металлов; д - сечение пустотелого провода

Материал проводов должен иметь высокую электрическую проводимость. На первом месте по проводимости стоит медь, затем алюминий; сталь имеет значительно более низкую проводимость. Провода и тросы должны быть выполнены из металла, обладающего достаточной прочностью. По механической прочности на первом месте стоит сталь. Материал проводов и тросов должен быть стойким по отношению к коррозии и химическим воздействиям.

*Медь* при своих высоких качествах - хорошей проводимости, большой механической прочности и коррозионной стойкости - дорога и дефицитна. Поэтому в настоящее время медные провода для

выполнения воздушных линий не применяются. Их использование допускается в контактных сетях, сетях специальных производств (шахт, рудников и др.).

*Алюминий* – наиболее распространенный в природе металл. Его удельная проводимость составляет 65,5% проводимости меди. Большая проводимость, легкость и распространенность в природе алюминия привели к эффективному использованию его в качестве токопроводящего металла для проводов и кабелей. Основным недостатком алюминия - относительно малая механическая прочность.

*Алюминиевые провода* марок А и АКП из-за недостаточно высоких физико-механических свойств используются, как правило, лишь для подвески на ВЛ напряжением до 35 кВ с небольшими пролетами и в условиях слабололédных районов.

*Провод марки А* состоит из алюминиевых проволок одного диаметра (число проволок от 7 до 61), скрученных концентрическими повивами; АКП -провод марки А, но его межпроволочное пространство заполнено нейтральной смазкой повышенной термостойкости, противодействующей появлению коррозии. Коррозионно-стойкий провод АКП применяется для воздушных линий вблизи морских побережий, солёных озёр и химических предприятий.

*Провода из сплавов алюминия* (АН - нетермообработанный, АЖ -термообработанный сплав) имеют большую механическую прочность и примерно такую же проводимость, как и провода марки А. С успехом могут применяться как на ВЛ 6-35 кВ (провода марки АН), так и на ВЛ до 110 кВ (провода марки АЖ).

*Сталеалюминиевые провода* наиболее широко применяются на воздушных линиях. Проводимость стального сердечника не учитывается, а за электрическое сопротивление принимается только сопротивление алюминиевой части. В соответствии с ГОСТ 839-80 выпускаются сталеалюминиевые провода марок АС, АСО, АСУ (нормальной, облегчённой и усиленной конструкции). Провод марки АС состоит из стального сердечника и алюминиевых проволок. Он предназначен для ВЛ при прокладке их на суше, кроме районов с загрязнённым вредными химическими соединениями воздухом. Коррозионностойкие провода АСКС, АСКП, АСК предназначены для ВЛ, проходящих по побережьям морей, солёных озёр и в промышленных районах с загрязнённым воздухом; АСКС и АСКП - это провода марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника (С) или всего провода (П) заполнено смазкой повышенной термостойкости.

В обозначении марки провода вводится номинальное сечение алюминиевой части провода и сечение стального, например АС 120/19 или АСКС 150/34.

По условиям короны при отметках до 1000 м над уровнем моря ПУЭ рекомендует применять на воздушных линиях провода по табл. 1.1.

Таблица 1. 1

Рекомендуемые провода для воздушных линий

Напряжение	Сечение провода
110 кВ	АС 70/11
150 кВ	АС 120/19
220 кВ	АС 240/39
330 кВ	АС 600/72
500 кВ	3хАС 300/66, с расщеплённой фазой
-	2хАС 700/86, с расщеплённой фазой

Неизолированные сталеалюминиевые провода нового поколения со сниженным активным сопротивлением переменному току.

Погонное активное сопротивление провода переменному току существенно зависит от параметров скрутки повивов. Основным фактором, определяющим коэффициент добавочных потерь энергии в проводе, является обусловленный скруткой продольный магнитный поток в стальном сердечнике. С ним связаны потери энергии от гистерезиса и вихревых токов в стальных проволоках, а также от неравномерного распределения тока по отдельным повивам.

Вследствие противоположного направления скрутки смежных повивов в проводах общепринятой конструкции магнитодвижущие силы, действующие в сердечнике и создаваемые токами повивов, частично взаимно компенсируются. При чётном числе алюминиевых повивов результирующий продольный магнитный поток оказывается мал и не влияет на активное сопротивление провода.

Однако в проводах с одним и тремя повивами алюминиевых проволок стальной сердечник намагничивается значительным магнитным потоком и добавочные потери энергии в диапазоне нормальных нагрузок составляют соответственно 20–50 и 3–15 %.

Необходимость использования проводов с нечётным числом повивов алюминия – это следствие ограничений, накладываемых на допустимое значение диаметра алюминиевых проволок. При диаметре свыше 4,5 мм снижается удельная прочность и гибкость алюминиевой проволоки, а при диаметре 1,5 мм усложняется технология изготовления проволоки и провода в целом.

Активное сопротивление сталеалюминиевых проводов с нечётным числом повивов можно снизить компенсацией продольного магнитного потока в сердечнике или использованием *сердечника из новой немагнитной стали*. Для компенсации магнитного потока необходимо уменьшить разницу между суммарными поперечными сечениями разнонаправленных алюминиевых повивов, например, за счёт применения в них проволок разного диаметра.

В трёхповивных проводах наилучший эффект достигается при относительном увеличении диаметра проволок второго повива и уменьшении диаметра проволок первого (внутреннего) повива. Компенсация магнитного потока в стальном сердечнике путём снижения относительной доли тока в первом повиве приводит к уменьшению сопротивления провода в целом.

На рис. 1.2. показаны поперечные сечения энергосберегающих трёхповивных модифицированных и стандартных проводов

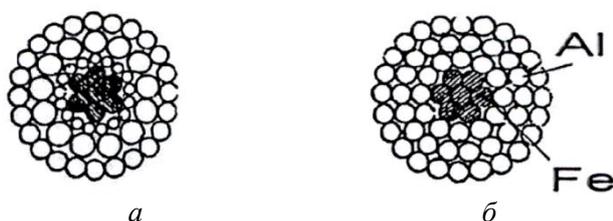


Рис. 1.2 Конструкция трёхповивных проводов:

а) - модифицированного АСМ 400/51; б) - серийного АС 400/51.

За счёт применения модернизированных трёхповивных проводов можно снизить потери электроэнергии на воздушных линиях на 2 – 13 %.

Другим эффективным средством снижения активного сопротивления сталеалюминиевого провода может быть применение сердечника из немагнитной или маломангнитной азотсодержащей стали. В этом случае (независимо от числа повивов алюминия и параметров скрутки) добавочными потерями энергии в проводе, обусловленными сердечником, пренебрегают. Поэтому можно сохранить более технологичную конструкцию сталеалюминиевых проводов.

Наибольший эффект достигается для проводов с одним повивом алюминия. Их активное сопротивление снижается на промышленных частотах на 20–50 %, при повышенных – в 3–4 раза.

#### Самонесущие изолированные провода (СИП)

Провода самонесущие изолированные предназначены для передачи и распределения электрической энергии в воздушных силовых и осветительных сетях на переменное напряжение до 0,6/1 кВ номинальной частотой 50 Гц в районах с умеренным и холодным климатом в атмосфере воздуха типов II и III по ГОСТ 15150. Вид климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1, 2, 3 по ГОСТ 15150. При напряжениях до 1 кВ (рис. 1.3,а) такой провод состоит из трех фазных многопроволочных алюминиевых жил 1. Четвертая жила 2 является несущей и одновременно нулевой.

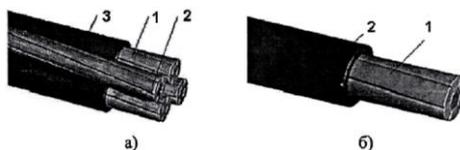


Рис. 1.3 Самонесущие изолированные провода:

а – на напряжение до 1 кВ; б – на напряжение свыше 1 кВ.

Фазные жилы скручены вокруг несущей таким образом, чтобы вся механическая нагрузка воспринималась несущей жилой, изготавливаемой из прочного алюминиевого сплава АВЕ. Фазная изоляция 3 выполняется из термопластичного светостабилизированного или сшитого светостабилизированного полиэтилена. По требованию заказчика провода всех сечений могут изготавливаться с дополнительными изолированными жилами сечением 16 мм<sup>2</sup> или 25 мм<sup>2</sup> для подключения сетей освещения, а также провода с сечением фазных жил 16 мм<sup>2</sup> и 25 мм<sup>2</sup> – без нулевой несущей жилы. Благодаря своей молекулярной структуре, такая изоляция обладает очень высокими термомеханическими свойствами и большой стойкостью к воздействию солнечной

радиации и атмосферы. В некоторых конструкциях СИП нулевая несущая жила выполняется с изоляцией.

Конструкция СИП для напряжений выше 1 кВ приведена на рисунке 1.3, б. Такой провод выполняется однофазным и состоит из токоведущей сталеалюминиевой жилы 1 и изоляции 2, выполненной из сшитого светостабилизированного полиэтилена. ВЛ с СИП по сравнению с традиционными ВЛ имеют следующие преимущества:

- меньшие потери напряжения (улучшение качества электроэнергии), благодаря меньшему, приблизительно в три раза, реактивному сопротивлению трехфазных СИП;
- не требуют изоляторов;
- практически отсутствует гололедообразование;
- допускают подвеску на одной опоре нескольких линий различного напряжения;
- меньшие расходы на эксплуатацию, благодаря сокращению, приблизительно на 80%, объемов аварийно-восстановительных работ;
- возможность использования более коротких опор благодаря меньшему допустимому расстоянию от СИП до земли;
- уменьшение охранной зоны, допустимых расстояний до зданий и сооружений, ширины просеки в лесистой местности;
- практическое отсутствие возможности возникновения пожара в лесистой местности при падении провода на землю;
- высокая надежность (5-кратное снижение числа аварий по сравнению с традиционными ВЛ);
- полная защищенность проводника от воздействия влаги и коррозии.

Стоимость ВЛ с самонесущими изолированными проводами выше, чем традиционных ВЛ.

Провода ВЛ напряжением 35 кВ и выше защищаются от прямого удара молнии грозозащитным тросом, закрепляемым в верхней части опоры. При использовании грозозащитных тросов в качестве высокочастотных каналов связи вместо стального троса используется сталеалюминиевый провод с мощным стальным сердечником, сечение которого соизмеримо или больше сечения алюминиевой части.

#### *Грозозащитные тросы*

Грозозащитный трос (тросовый молниеотвод) - заземлённый провод в воздушных линиях электропередач, служащий для защиты токопроводящих проводов от прямых ударов молнии. Грозозащитный трос подвешивается над токоведущими проводами и заземляется у каждой опоры. Обычно грозозащитные тросы делают из стальных оцинкованных провололок; сечение его от 50 до 70 мм. Защищенность токопровода зависит от угла защиты: при угле меньше 20° поражение молнией становится маловероятным. В линиях на металлических опорах с напряжением 110 кВ и выше грозозащитные тросы подвешивают обычно по всей длине линии только на подходах к подстанциям.

Грозотрос стальной ГОСТ 3063-80 – спиральный одинарной свивки с точечным касанием провололок. Конструкция 1х19 (рис. 1.4, а).

Грозотрос стальной ГОСТ 3064-80– спиральный одинарной свивки с точечным касанием провололок. Конструкция 1х37(рис. 1.4, б).

Стальные канаты этого ГОСТа называют грозозащитными тросами. Диаметр троса от 1,0 мм до 37,0 мм.



Рис. 1.4 Стальной грозотрос: а – ГОСТ 3063-80; б – ГОСТ 3064-80

Грозозащитный трос типа ТК применяются для напряженных условий эксплуатации, где знакопеременные изгибы и пульсирующие нагрузки незначительны или полностью отсутствуют расчалочные и грозозащитные канаты, временные лесосплавные крепления, различные поддерживающие. Грозозащитный трос этих ГОСТов предназначены для устройств оттяжек мачт, перемычки заземлений металлических конструкций, грозозащитного троса на высоковольтных линиях электропередач, подвески орудий рыболовства, тросовой системы в троллейбусной контактной сети.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе : проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какую нагрузку несет сердечник провода ЛЭП?
2. Какие мероприятия приводят к снижению активного сопротивления проводов ВЛ?
3. Какие провода рекомендуется использовать на ВЛ в прибрежных зонах, вблизи озер и др. водных преград?
4. Особенности крепления проводов с изоляцией из сшитого полиэтилена в зонах содов и парков?
5. Какие провода рекомендуются для ЛЭП 35 кВ? Какая схема расположения проводов на этих ВЛ желательна?
6. В чем отличие изоляторов для обычных ЛЭП от изоляторов используемых в зонах с сильной загрязненностью?

**Лабораторная работа №2**

**Изоляторы и поддерживающая арматура ВЛ**

Цель работы: ознакомиться с изоляторами и поддерживающей арматурой воздушных линий

Содержание работы: использование современных изоляционных материалов для опорных и подвесных изоляторов

*Виды изоляторов*

Изоляторы и линейная арматура должны отвечать требованиям соответствующих государственных стандартов и технических условий. При их приемке следует проверять:

- наличие паспорта предприятия-изготовителя на каждую партию изоляторов и линейной арматуры, удостоверяющего их качество;
- отсутствие на поверхности изоляторов трещин, деформаций, раковин, сколов, повреждений глазури, а также покачивания и поворота стальной арматуры относительно цементной заделки или фарфора; - отсутствие у линейной арматуры трещин, деформаций, раковин и повреждений оцинковки и резьбы. Места повреждения оцинковки допускается закрашивать.

Штыревые изоляторы. На рис. 2.1 приведены штыревые фарфоровые изоляторы, на рис. 2.2 – подвесные.

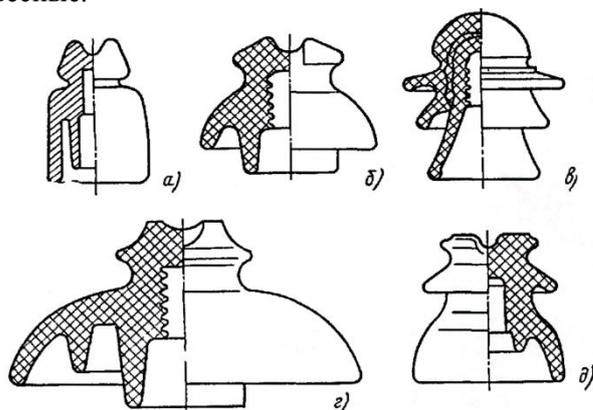


Рис. 2.1 Рис. 2.1. Штыревые изоляторы: а – ТФ для ВЛ 0,38; б – ШС-6 или ШС-10 для ВЛ 6—10 кВ; в – ШД-20 или ШД-35 для ВЛ 20—35 кВ; г – ШФ10-В с длиной пути утечки 330 мм для ВЛ 10 кВ; д – ШФ10-Г с длиной пути утечки 265 мм для ВЛ 10 кВ.

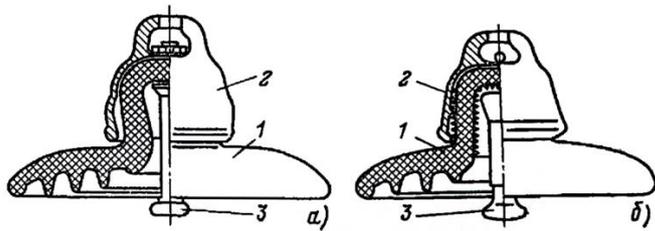


Рис. 2.2 Подвесные изоляторы: Подвесные изоляторы:  
*a* – с заделкой клинового типа; *б* – с заделкой арочного типа; 1 – тарелка; 2 – шапка изолятора; 3 – стержень.

Штыревые изоляторы применяют на ВЛ до 35 кВ включительно, подвесные – на ВЛ 35 кВ и выше. Изоляторы доставляют на монтаж в решетчатых ящиках. Отбраковку изоляторов производят визуально перед отправкой их на трассу. Предприятие-изготовитель снабжает каждую партию изоляторов документом, удостоверяющим их качество.

Изоляторы должны отличаться высокой электрической и механической прочностью, а также теплостойкостью, поскольку они подвергаются влиянию изменений температуры воздуха.

Широкое распространение получили малогабаритные подвесные фарфоровые изоляторы типа ПМ-4,5 высотой 140 мм (высота изоляторов типа П-4,5 170 мм). Применение малогабаритных изоляторов позволяет уменьшить длину гирлянд (рис. 2.3), а следовательно, во многих случаях высоту и массу опоры.

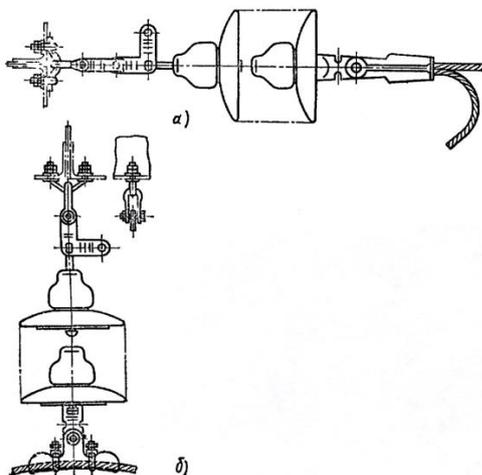


Рис. 2.3 Гирлянды изоляторов:  
*a* – одиночная натяжная с зажимом типа клин-коуш; *б* – поддерживающая гирлянда с глухим поддерживающим зажимом

На рис. 2.4 показан длинностержневой подвесной стеклянный изолятор. В местностях с повышенным загрязнением воздуха уносами промышленных предприятий и вблизи морских побережий применяют грязестойкие подвесные изоляторы.

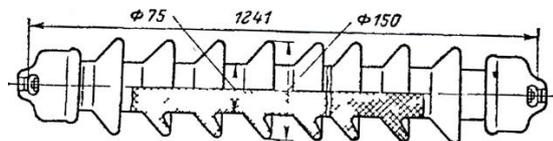


Рис 2.4. Подвесной длинностержневой стеклянный изолятор.

Перед монтажом изоляторы тщательно осматривают.

Изоляторы, имеющие трещины, отколы, повреждение глазури, погнутые и поврежденные пестики, бракуют. Очистку изоляторов от грязи, краски, цемента производят с помощью тряпки, смоченной в бензине, и деревянной лопаточки. Металлический инструмент применять нельзя во избежание повреждения глазури.

#### *Достоинства и недостатки различных типов изоляторов для ЛЭП*

В современной энергетике передача электроэнергии от мест её производства к потребителям осуществляется по воздушным линиям электропередачи (ЛЭП) напряжением до 750 кВ и выше. Большое значение имеет надежность работы линий электропередачи и всего комплекса оборудования: трансформаторов, генераторов, коммутационной аппаратуры, компенсирующих устройств и т.д. В значительной мере решение этой задачи обеспечивается надежной работой

изоляции электрических систем и оборудования, в частности правильным выбором типа изоляторов, которые в будущем будут эксплуатироваться на проектируемой линии.

По материалу применяемого диэлектрика изоляторы делятся на фарфоровые, стеклянные и полимерные. Самыми распространенными изоляторами, в настоящее время, являются фарфоровые и стеклянные, причем изоляторов из закаленного стекла в настоящее время выпускают больше, чем фарфоровых. Это объясняется тем, что изоляторы из закаленного стекла имеют ряд преимуществ перед фарфоровыми: технологический процесс их изготовления может быть полностью автоматизирован и механизирован; прозрачность стекла позволяет легко обнаружить при внешнем осмотре мелкие трещины и различные внутренние дефекты; применение стеклянных изоляторов позволяет отказаться от проведения в процессе эксплуатации периодических профилактических испытаний гирлянд под напряжением, так как каждое повреждение закаленного стекла приводит к разрушению изолирующей тарелки, которое легко обнаружить при обходе линии электропередачи эксплуатационным персоналом.

Наибольшей механической прочностью обладают полимерные (стеклопластиковые) изоляторы, что делает их применение, особенно при ультравысоких напряжениях, используемых в электроэнергетике, весьма перспективными. К числу преимуществ полимерных изоляторов также можно зачислить - высокую устойчивость к атмосферным загрязнениям, гидрофобность, простоту и удобство монтажа, высокую стойкость к перенапряжениям, высокая вандалоустойчивость, а также полимерные изоляторы обладают сниженным весом (более чем на 90%) по сравнению со стеклянными и фарфоровыми изоляторами.

Однако наряду с преимуществами также преобладают и недостатки в эксплуатации полимерных изоляторов - технология их изготовления еще недостаточно стандартизирована и отсутствует общепринятая единая система производства, отсутствие материала, который бы в достаточной мере удовлетворил требованиям, предъявляемым к нему, а также практически отсутствует опыт длительной эксплуатации данного вида изолятора.

У многих специалистов, эксплуатирующих электрооборудование, наиболее часто обсуждаемым вопросом является долговечность полимерного изолятора. В настоящее время, в зарубежных странах, с целью изучения свойств долговечности эксплуатации изолятора, проводится исследования по искусственному старению стеклопластика. Следует отметить, что результаты значительно расходятся с практическими данными.

Из произведенных опытов стало понятно что, долговечность тесно связана со степенью чистоты на поверхности изоляторов, и надо отметить, что для продления срока эксплуатации необходимо все-таки прибегать к очистке от образующихся загрязнений. Очистку изоляторов производят разнообразными способами - прибегают к обмыву под высоким давлением цельнолитых и модульных полимерных изоляторов, множество конструкций полимерных изоляторов позволяет применять периодическую сухую чистку, причем материалом для чистки может послужить обыкновенная дробленая кукуруза. В случае сильного загрязнения поверхности защитной оболочки изолятора можно прибегнуть к чистке ветошью или мягкой щеткой с применением воды. Мнения по вопросу повышенной грязестойкости у полимерных изоляторов специалистов многих стран расходятся, хотя как показывает практика, в районах с минимальным количеством загрязнений в атмосфере и экологически чистых районах после проведенных наблюдений необходимо отметить, что загрязнения имеют место скапливаться на поверхности полимерного изолятора, находящегося в эксплуатации и подвешенного в гирлянде ВЛ.

Еще одной проблеме, которой уделяется повышенный интерес, это явление «хрупкого излома» стержня изолятора. «Хрупким изломом» называется явление, при котором происходит химическая реакция между стеклопластиком и активными химическими веществами, в особенности кислотными растворами. Объясняя другими словами, хрупкое разрушение происходит при обмене ионами стеклянной решетки с ионами кислот, в сочетании с действием и механической нагрузки. Следует добавить, что активные вещества в различной концентрации находятся в воздухе и активно вступают в реакцию при обычном атмосферном воздействии. Так, например, вследствие прохождения электрических разрядов во влажном воздухе, так называемые токи утечки, образуется азотная кислота, которая вступает в реакцию с ионами стеклянной решетки полимерного изолятора. Как отмечают многие исследователи, занимающиеся изучением свойств достоинств и недостатков полимерных изоляторов, химическому разрушению более подвержены районы, у которых наблюдается повышенное содержание в атмосфере промышленных и химических выбросов, а также прилегающие районы с постоянно обдуваемыми их ветрами, в составе которых присутствует повышенное содержание множества видов солей. Одним из достоинств полимерных изоляторов является надежность и удобство транспортировки. Однако и здесь присутствуют свои особенности. Некоторые из них:

- длительное пребывание ребер в деформированном состоянии может привести к потере их геометрической конфигурации;
- попадание на защитную оболочку изолятора агрессивных и загрязняющих веществ, не характерных для эксплуатационных загрязнений, может привести к частичной или полной потере эксплуатационных качеств;
- механические воздействия на защитную оболочку могут стать причиной её разгерметизации или повреждений, а также излома стержня, что приведет к потере работоспособности изолятора.

Поэтому, предлагается использовать специальную транспортную тару. Это могут быть сплошные или решетчатые ящики, морские и железнодорожные контейнеры или специально разработанная тара для условий, которые исключают попадание агрессивных веществ (кислот, щелочей, растворителей, морской воды и т. д.), а также загрязнений и повреждений составных частей, упаковки и транспортной тары изготовителя.

Зарубежные же специалисты выдвинули вариант транспортировки одного изолятора в контейнере из трубы ПВХ материала, но, к сожалению, это создает определенные неудобства. Допускается транспортирование изоляторов в открытых кузовах автомобилей и других транспортных средств, в т.ч. без упаковки и транспортной тары изготовителя при условии наличия защиты от загрязнения (например, брезента и т.п.). При отсутствии транспортной тары рекомендуется хранение изоляторов в вертикальном положении. Однако, во всех случаях транспортирования и хранения должны приняты меры для исключения деформирования и повреждения составных частей изоляторов, например, посредством раскрепления за оконцеватели каждого из них деревянными брусками, планками, и т.п., ограничивающими их перемещение и контакт между собой.

По информационным данным зарубежных специалистов рекомендуется проводить испытания перед вводом в эксплуатацию напряжением в 1,5 раза больше эксплуатационного. Эта рекомендация связана со случаями перекрытия вновь установленных и введенных в эксплуатацию полимерных изоляторов. Следует отметить, что зарубежными исследователями ведется статистика в табличной форме, в которой охарактеризованы причины использования полимерных изоляторов.

Таким образом, видно, что причина, которая побуждала бы массово использовать данный вид изолятора, отсутствует. Также по информационным данным необходимо отметить, что большинство зарубежных стран, за исключением европейских, признают повышенные антивандальные свойства, удобства транспортировки, а также достоинства при эксплуатации в экологически загрязненных районах, однако в то же время экономические причины не являются преобладающими. Все выше описанные проблемы, к сожалению, мало обсуждаются в отечественной литературе. Это связано с уровнем производства полимерных изоляторов, поскольку изготовитель, исходя из логических размышлений, может потерять рынок сбыта, тем самым не стремится показывать недостатки, и пытается избежать излишнего интереса к проблемным вопросам со стороны потребителя.

На фоне множества рекламных акций достоинств полимерных изоляторов у потребителя сложилось ошибочное мнение, что полимерный изолятор является универсальным и сфера его применения практически не ограничена и что керамические изоляторы, эксплуатация которых ведется уже десятилетиями, являются устаревшими и не соответствуют предъявляемым к ним требованиям. Необходимо отметить, что сложившаяся ситуация может повлечь за собой серьезные проблемы с вытекающим отсюда последствиями.

Не возможно не упомянуть и о сравнительных свойственных характеристиках стеклянных и полимерных изоляторов. Принято считать, что основными недостатками стеклянных изоляторов являются ненадежная транспортировка, недостаточная антивандальная устойчивость и низкая ударопрочность. Причем ударопрочность стеклянных изоляторов повысить практически невозможно, то проблемы антивандализма и транспортировки подлежат дальнейшим обсуждениям.

Под проблемой антивандализма скрывается невозможность стеклянных изоляторов противостоять расстрелам, точнее преднамеренной стрельбе по ним оружием, в частности охотничьего ружья. Но по свидетельским данным персонала, эксплуатирующего данный вид изолятора эта проблема существования, так называемых «расстрелов», является сильно преувеличенной. Гирлянда с полным отсутствием изоляторов или частично в большом количестве осыпавшимися изоляторами явление довольно редкое. В большинстве случаев это отсутствие в гирлянде одного, реже двух рядом расположенных стеклянных изоляторов. Это можно объяснить тем, что на расстоянии 30-40 метров охотничья дробь рассеивается в диаметре около одного метра. Но при более точном выстреле вероятность повреждения более двух изоляторов довольно высокая. Из полученного опыта, можно сказать то, что дробь или пуля, попадающая в ребро юбки полимерного изолятора, либо застрянет, либо пройдет «навывлет». А, попав дробью в стержень, последний разгерметизируется, при этом еще и повреждается оболочка. Однако, как показали испытания изолятора типа ФСК-70-6-27,5-А4, этот изолятор в сухом виде может выдержать испытательное напряжение 140 кВ, а если изолятор ко

всему еще, и увлажнен, то он перекроется при напряжении порядка 100-105 кВ. Таким образом, из полученных данных делается вывод, что характеристика снижается на 25—28%.

В то же время, производить осмотр подвергшихся «расстрелам» полимерных изоляторов необходимо с применением специальных оптических приборов, позволяющих рассмотреть с земли и обнаружить повреждения, практически очень сложно. Поэтому чтоб антивандальные свойства реально проявили себя в действии необходимо устанавливать их на небольшом расстоянии от поверхности земли.

Анализируя случаи повреждения линейных стеклянных изоляторов, которые в последнее время участились, необходимо принять во внимание, что данный вид изоляторов эксплуатируется 30 и более лет, и требует замены. Однако наряду с этими причинами существуют и другие. Одна из них произошла в 90-е годы XX в. в те времена, когда происходил развал бывшего СССР. В тот период истории происходила коммерциализация энергетической отрасли. Когда всеобщее внимание было направлено на обсуждение и решение политических вопросов произошло ослабление контроля, которое привело к появлению фирм, которые «спекулировали» продавая старые изоляторы, под видом новых. Такие изоляторы не проходили положенных испытаний перед вводом в эксплуатацию и необходимо признать, что порой на рынок продаж шел некондиционный товар и некачественные подделки. И как следствие такая продукция имела место попасть в эксплуатацию на ВЛ. Но даже с учетом этих обстоятельств, согласно сравнительной характеристике количества отказов в год между стеклянными и полимерными изоляторами цифры не значительно разнятся.

И в заключение следует отметить, что из общего количества эксплуатируемых полимерных изоляторов приходится лишь только 1% установленных изоляторов на ВЛ, и при этом больше 90% - это изоляторы классов напряжений не выше 35 и 110 кВ. Сравнивая количество эксплуатируемых полимерных изоляторов со стеклянными, которых в несколько больше и это обуславливается соответственно большим количеством отказов, естественно создается впечатление о повышенной аварийности стеклянных изоляторов.

#### *Поддерживающие и натяжные зажимы*

Поддерживающие зажимы применяются для крепления СИП на промежуточных и угловых опорах линии. Зажимы для СИП с нулевым несущим проводом имеют срывной элемент, предотвращающий повреждение провода при воздействии на него критических механических нагрузок. Подвижное звено обеспечивает подвижность поддерживающего зажима в осевом направлении. Это увеличивает срок службы СИП за счет снижения циклических изгибающих воздействий на несущий провод при ветровой нагрузке. Зажимы изготовлены из материалов с высокой степенью устойчивости к механическим повреждениям, воздействию погодноклиматических условий и ультрафиолетовому излучению.

Применение поддерживающих зажимов на угловых опорах должно осуществляться при углах отклонений провода от прямолинейного направления до 50° при расположении опоры на внешней стороне угла и до 30° при расположении опоры внутри угла (см. рис. 2.5). При больших углах отклонения применяются два натяжных анкерных зажима (двойное анкерное крепление).

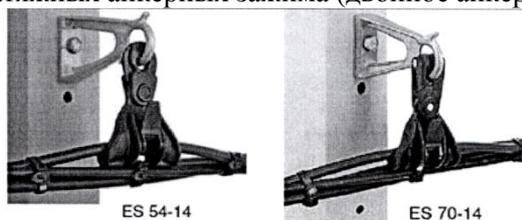


Рис. 2.5 ES Комплект для промежуточной подвески

Подвесные зажимы применяются для крепления СИП с изолированным несущим нулевым проводом на промежуточных и угловых опорах при углах отклонений до 50° при подвеске с внешней стороны линии и при углах отклонений до 30° при подвеске внутри линии. При больших углах отклонения применяются два натяжных анкерных зажима.

Комплект включает в себя поддерживающий зажим в сборе с кронштейном для крепления на опоре. Эти зажимы разделяются на глухие, выпускающие и с ограниченной прочностью заделки. Характеристики ES комплектов приведены в табл.2.1

Характеристики ЕС комплектов

Обозначение	Диаметр несущего провода (мм)	Минимальная разрушающая нагрузка (кН)
ES 54-14	8,5-17	12
ES 70-14	8,5 - 17	16

Глухие зажимы состоят из лодочки и зажимного устройства. Провод вложен в лодочку и прижат плашками с болтами. В зажимах типа ПГК (Поддерживающий Глухой Качающийся) лодочка шарнирно связана с подвеской и может качаться относительно оси, находящейся на уровне провода, подвеска также шарнирно связана с гирляндой изоляторов через ушко. В зажимах типа ПГН лодочка крепится к гирлянде шарнирно без подвески через ушко. В некоторых зажимах старых конструкций и сёдлах, применяемых в контактной сети железной дороги, лодочка снабжена гнездом для крепления непосредственно к пестиком последнего изолятора гирлянды.

*Выпускающие зажимы.* Выпускающие зажимы отличаются от глухих способом подвески лодочки, обеспечивающим её сбрасывание при возникновении разности тяжёлых по проводу в соседних пролётах, вызывающей отклонение поддерживающей гирлянды на угол 34-40 градусов. Применение этих зажимов в населённой местности запрещено. Также запрещено использовать выпускающие зажимы при новом строительстве и при реконструкции ЛЭП.

*Зажимы с ограниченной прочностью заделки.* Сходны с глухими зажимами, но затяжка прижимных плашек у них осуществляется таким образом, что при усилиях, превышающих некоторую заданную величину, происходит проскальзывание провода в лодочке. Распространённым типом зажима с ограниченной прочностью заделки является зажим ПОН.

Натяжные зажимы применяются для крепления проводов к натяжным гирляндам анкерных опор высоковольтной линии.

Существуют следующие типы натяжных зажимов: *болтовые, прессуемые и клиновые.*

*Болтовые зажимы.* Состоят из корпуса, болтов и плашек. Корпус изготавливается из ковкого чугуна, болты изготавливаются из стали. Плашки изготавливаются из ковкого чугуна или стали, также существуют алюминиевые плашки для снижения магнитных потерь на зажимах (позволяет снизить потери в 3–4 раза по сравнению со стальными). Провод вкладывается в корпус зажима и закрепляется U-образными болтами и плашками. Прочность заделки болтовых зажимов достигает 98 % прочности провода. Две основных конструкции болтовых зажимов: с болтами со стороны петли и со стороны пролёта. Зажимы с болтами, размещёнными со стороны пролёта также изготавливаются с антивибрационным бандажом – дополнительным болтовым креплением, расположенным со стороны петли. В зажимах с креплением провода со стороны петли существует проблема переламывания провода в результате «пляски». Болтовые зажимы применяются на ЛЭП 35-110 кВ для проводов сечением до 240 квадратных миллиметров. В настоящее время на ЛЭП применяются следующие типы болтовых зажимов: старая серия НБ (зажимы с 3,4,5, и 7 U-образными болтами, один из них является антивибрационным бандажом, в семиболтовом зажиме их два), НБН и новая серия НБ (зажимы с 2,3 и 4 болтами, расположенными со стороны петли).

*Прессуемые зажимы.* Прессуемые зажимы применяются на ЛЭП 220—1150 кВ для проводов сечением 300 квадратных миллиметров и более. Зажим состоит из алюминиевого корпуса и стального анкера, анкер служит для крепления провода к цепной арматуре. При креплении в зажиме провод разрезается, часть провода со стороны пролёта пропускается через корпус и запрессовывается в анкер, затем провод с анкером протягивается в корпус, провод из петли вставляется в корпус и он опрессовывается. Существуют прессуемые зажимы с разъёмным корпусом. Корпус является проводящей деталью. Наиболее часто применяемым типом прессуемых зажимов является зажим НАС.

*Клиновые зажимы.* Принцип работы зажима основан на заклинивании провода в корпусе зажима с помощью специального клина. Корпус и клин изготавливаются из ковкого чугуна. Существует 2 вида таких зажимов: НКК и НК. В зажиме НКК провод пропускают через корпус и изгибают петлей, в которую вкладывают клин-коуш и заклинивают петлю в зажиме. В зажиме НК провод вкладывается в корпус и заклинивается треугольным клином. Зажимы НК применяются на ЛЭП 10-35 кВ, реже — 110 кВ. Зажимы НКК применяются на ЛЭП 6-10 кВ и для крепления грозозащитных тросов.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе : проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

## Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

## Дополнительная литература

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какие усилия испытывает материал подвешенного изолятора тарельчатого типа при нормальной работе на ЛЭП?
2. Устройство подвешенного изолятора? В чем отличие изоляторов для зон с повышенным загрязнением атмосферы от обычных изоляторов?
3. Полимерные изоляторы. Области их применения. Достоинства и недостатки изоляторов.
4. Как оформляется гирлянда подвесных изоляторов? Выбраковка изоляторов при формировании гирлянд?

### **Лабораторная работа №3**

#### **Опоры линий электропередачи.**

#### **Типы опор для нормальных и особых условий эксплуатации**

Цель работы: ознакомиться с конструкциями деревянных, железобетонных и металлических опор.

Содержание работы: 1) изучить достоинства и недостатки опор воздушных линий электропередачи; 2) изучить особенности опор изготовленных из различных материалов.

#### *Краткие теоретические сведения по опорам ВЛ из различных материалов*

##### *Деревянные опоры*

Широкое применение деревянных опор обусловлено главным образом небольшой стоимостью древесины, ее достаточно высокой механической прочностью, а также природным круглым сортаментом, обеспечивающим простоту конструкций и наименьшее сопротивление ветровым нагрузкам. Высокие электроизоляционные свойства древесины позволяют применять на деревянных опорах меньшее количество подвесных изоляторов, чем на металлических или железобетонных, а на ВЛ до 10 кВ использовать легкие и дешевые штыревые изоляторы. Кроме того, в некоторых случаях отпадает необходимость в подвеске грозозащитного троса и заземлении этих опор. В качестве фундаментов для деревянных опор используют железобетонные пасынки или сваи.

Деревянные опоры примерно в 1,5 раза дешевле железобетонных и металлических, но менее долговечны. Для продления срока службы древесины опор подвергают противогнилостной обработке (антисептированию) на специальных заводах. Перспективным является использование опор из клееной древесины, конструкции которых разрабатываются в последнее время. Такую древесину изготавливают из сосновых досок, пропитанных масляным антисептиком и склеенных между собой. Применение клееной древесины позволяет повысить срок службы опор, ликвидировать скрытые пороки, а также использовать короткомерные столбы.

В РФ и других странах, богатых лесными ресурсами (США, Канаде, Швеции, Финляндии), на деревянных опорах сооружают ВЛ напряжением до 220 кВ. В США на деревянных опорах построены опытные участки ВЛ 330 и 460 кВ, а в РФ аналогичные опоры разработаны для ВЛ 330 и 500 кВ.

*Технические свойства древесины.* Для изготовления деревянных опор применяют сосну, лиственницу и режу - ель. Древесина сосны и лиственницы содержит много смолы и поэтому хорошо противостоит действию влаги. Стойки опор изготавливают из стволов деревьев. Нижняя часть ствола называется комлем, а верхняя, более тонкая – отрубом. Естественную конусность ствола от отруба к комлю называют сбегом.

Прочность древесины в значительной степени зависит от влажности. При уменьшении влажности в деревянных опорах из-за усушки древесины нарушаются соединения: ослабляются гайки и бандажи. Чтобы получить древесину, пригодную для изготовления опор (с влажностью 18–22 %), ее сушат. Основным способом является атмосферная, т.е. естественная сушка на воздухе, которая хотя и является длительной, но дает наилучшие результаты. В последние годы применяют высокотемпературную сушку древесины в петролатуме, а также сушку токами высокой частоты.

На прочность древесины влияют также гниль, сучки, трещины, косослой и другие повреждения. Самым опасным пороком является гниль, возникающая от поражения древесины грибами. Загнившая древесина покрывается мелкими трещинами, становится трухлявой и распадается от легкого удара. Наиболее интенсивное гниение происходит при температуре 20–35 °С и влажности 25–30%.

Для защиты от гниения древесину пропитывают маслянистыми и минеральными антисептиками. Лучшее всего поддается пропитке сосна; наружные слои лиственницы и ели пропитываются антисептиками очень плохо. В качестве маслянистых антисептиков обычно применяют чистое креозотовое масло или креозотовое масло в смеси с мазутом, который служит растворителем. Недостатками маслянистых антисептиков являются их вредное воздействие на кожу и слизистые оболочки человека, а также горючесть. Маслянистыми антисептиками пропитывают готовые элементы деревянных опор на заводе. При сборке опор на трассе все места, подвергавшиеся обработке, дополнительно покрывают более безопасными минеральными антисептиками: фтористым натрием, динитрофенолом, уралитом, которые разводят в воде. В ряде зарубежных стран (США, Канаде) для пропитки древесины широко применяется раствор пентахлорфенола в мазуте или керосине. Разрабатываются и испытываются и другие синтетические материалы, служащие одновременно для антисептирования и защиты древесины от возгорания.

Средний срок службы непропитанной древесины составляет примерно пять лет. Пропитка столбов маслянистыми антисептиками увеличивает этот срок до 15–25 лет. Поэтому для опор ВЛ разрешается применять только пропитанные заводским способом сосновые и еловые бревна, а в исключительных случаях - непропитанную лиственницу воздушной сушки, имеющую влажность не более 25%. Опоры временных ВЛ (например, для электроснабжения строительных площадок, земснарядов и др.) также могут быть изготовлены из непропитанных столбов. Во всех случаях диаметр бревен в верхнем отрубе основных элементов опор (стоек, пасынков и траверс) должен быть для ВЛ 1, 6–35, 110 кВ и выше соответственно не менее 14, 16 и 18 см. Диаметр столбов для вспомогательных элементов для ВЛ до 1 кВ должен быть не менее 12 см, а для ВЛ выше 1 кВ - не менее 14 см.

Недостатком деревянных опор является их относительно легкая возгораемость, причиной которой могут быть пожары, удары молнии и токи утечки, возникающие при загрязнении или пробое изоляторов. Для защиты от низовых пожаров расчищают от травы и кустарника площадку радиусом 2 м вокруг каждой опоры или окапывают ее противопожарной канавкой глубиной 0,4 м и шириной 0,6 м. Токи утечки обычно вызывают возгорание опоры в местах крепления изоляторов к траверсе или сочленения деревянных деталей. Хорошая затяжка болтов и плотное прилегание металлических деталей к древесине обеспечивают уменьшение электрического сопротивления и снижение токов утечки до безопасных значений. За рубежом для защиты опор от возгорания применяют химические составы (антипирены), повышающие огнестойкость древесины.

*Опоры ВЛ до 1 кВ.* На ВЛ до 1 кВ устанавливают унифицированные деревянные опоры трех типов: одностоечные (рис. 3.1, а, б), одностоечные с подкосами (рис. 3.1, в) и А-образные (рис. 3.1, г). Одностоечные опоры используют в качестве промежуточных, а одностоечные с подкосами и А-образные (так называемые сложные) - в качестве угловых, анкерных, концевых и ответвительных. Разработаны две серии таких опор: для подвески 5–8 и 8–12 проводов с креплением соответственно на крюках и штырях.

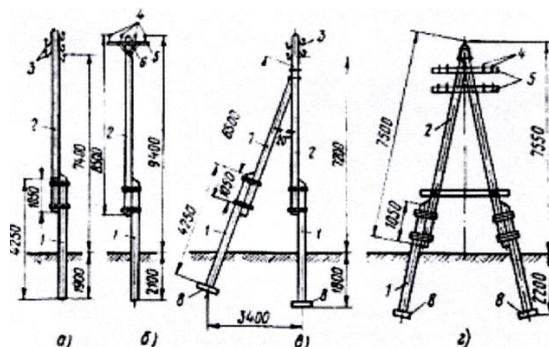


Рис. 3.1 Деревянные опоры ВЛ до 1 кВ:

а, б – одностоечные промежуточные с креплением проводов на крюках и штырях, в – одностоечная угловая с подносом и креплением проводов на крюках, г – А-образная угловая с креплением проводов на штырях: 1 – приставка, 2 – стойка, 3 – крюк, 4 – штыри, 5, 6 – траверса и ее раскос, 7 – подкос опоры, 8 – ригель.

Основными элементами опор всех типов являются стойки 2, приставки 1 и подкосы 7. Стойки и подкосы изготовляют из деревянных пропитанных столбов длиной 6,5–11 м с диаметром в верхнем

отрубе не менее 14 см. Для увеличения срока службы опор применяют, как правило, стандартные железобетонные приставки ПТ длиной 4,25 и 6 м, а в отдельных случаях -деревянные длиной 4,5 м. Устанавливают также опоры без приставок (с цельными стойками и подкосами). В слабых грунтах прочность заделки опор повышают, закрепляя в их основаниях железобетонные плиты или деревянные ригели 8.

Для сопряжения (рис. 3.2, а-в) деревянных 3 и железобетонных 9 приставок со стойками 1 используют проволочные бандажы 2 и припасовочные хомуты 6. Бандажы для одностоечных опор выполняют из восьми витков стальной оцинкованной проволоки диаметром 4–6 мм, а для сложных – из 12 и стягивают скручиванием или стяжными болтами 5 с фасонными шайбами 4. Длина сопряжения стоек одностоечных опор с деревянными и железобетонными приставками составляет соответственно 1350 и 1050 мм, а сложных – 1500 и 1350 мм.

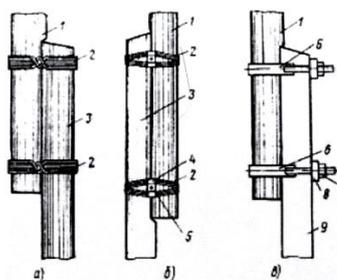


Рис. 3.2 Сопряжение приставок со стойками опор ВЛ до 10 кВ:

а, б – деревянных проволочными бандажми, в – железобетонной припасовочными хомутами; 1 – стойка, 2 – проволочный бандаж, 3, 9 – деревянная и железобетонная приставки, 4 – бандажная шайба, 5 – стяжной болт, 6 – припасовочный хомут, 7 – гайка, 8 – планка.

Подкосы со стойками и верхушки А-образных опор соединяют болтами. Траверы изготовляют из пропитанной древесины и оснащают штырями и раскосами. Стандартные траверы имеют прямоугольное сечение 100x80 мм; траверы круглого сечения диаметром 140 мм применяют только на конечных опорах с 12 проводами. Крепят траверы к стойкам сквозным болтом и двумя раскосами (см. рис. 3.1, б). Расстояние между проводами на траверах промежуточных опор должно быть 400 мм, а на угловых и анкерных – 550 мм. Крюки на опорах располагают с обеих сторон стойки в шахматном порядке; при этом расстояние между ними (по одной стороне) должно быть на промежуточных и сложных опорах соответственно 400 и 600 мм. Верхний крюк устанавливают на расстоянии 200 мм от верхушки опоры.

**Опоры ВЛ 6-10 кВ.** На ВЛ 6-10 кВ устанавливают унифицированные свободностоящие деревянные опоры трех типов: одностоечные - промежуточные; А-образные -концевые, анкерные, ответвительные; трехстоечные (А-образные с подкосами) -угловые анкерные. А-образные фермы анкерных и концевых опор устанавливают по оси ВЛ, а угловых - по биссектрисе угла поворота линии.

На рис. 3.3 показаны основные типы деревянных опор ВЛ 6-10 кВ с железобетонными и деревянными приставками и подвеской проводов на крюках и траверах. Одностоечные опоры (рис.6.3, а) состоят из стойки 2, приставки 1 и крюков 3. Для подвески проводов больших сечений вместо крюков устанавливают траверу 6 со штырями 4 и оголовков 5 (рис. 3.3, б). А-образные и трехстоечные опоры (рис. 3.3, в-д) помимо стоек и приставок имеют подтраверсники 9, с помощью которых траверы крепятся к стойкам, а также поперечины 10 (усиливающие жесткость А-образной фермы), ригели 8 и подкосы 11. Кроме того, на ВЛ 6-10 кВ устанавливают опоры длиной 11 м без приставок (с цельными стойками).

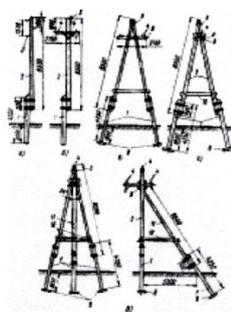


Рис. 3.3 Деревянные опоры ВЛ 6-10 кВ:

а, б – промежуточные с креплением проводов на крюках и на траверсе с оголовком, в – угловая промежуточная с креплением проводов на траверсе, г – ликовая, д – угловая анкерная

Детали опор всех типов унифицированы: стойки имеют длину 8,5 м, железобетонные приставки – 4,25 и 6 м, деревянные приставки – 4,5 м. Из деталей угловых анкерных опор (рис. 3.3, д) можно собрать анкерные (рис. 3.3, г) и концевые. На ВЛ 6-10 кВ сопряжение стоек с приставками выполняют так же, как на ВЛ до 1 кВ (см. рис. 3.2). Стойки промежуточных опор сопрягают с деревянными приставками, двумя бандажами из стальной оцинкованной проволоки по восемь витков в каждом, а стойки сложных опор – четырьмя бандажами по 12 витков. Длина сопряжения для промежуточных опор составляет 1350 мм, а для сложных – 1100 и 1350 мм. Железобетонные приставки сопрягают со стойками как проволочными бандажами, так и припасовочными хомутами. Верхушки А-образных опор (рис. 3.4) соединяют оголовком 3 и болтами 4.

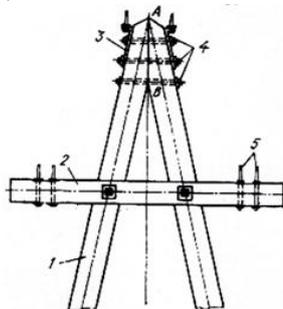


Рис. 3.4. Верхушка угловой опоры:

1 - стойка, 2 - траверса, 3 - металлический оголовок, 4 - болты, 5 – штыри

При креплении проводов на анкерных опорах с подвесными изоляторами на их траверсах и верхушках устанавливают металлические накладки.

Опоры ВЛ 35 кВ для легких проводов. На одноцепных ВЛ 35 кВ с легкими проводами устанавливают деревянные опоры трех типов: одностоечные – промежуточные; А-образные – угловые промежуточные, анкерные и концевые; трехстоечные (А-образные с подкосом) – угловые анкерные и ответвительные. Конструкция одностоечных и А-образных опор ВЛ 35 кВ со штыревыми изоляторами такая же, как опор ВЛ 6-10 кВ (см. рис. 3.3, б–д). При креплении проводов на подвесных изоляторах применяют одностоечные опоры с угловой траверсой (рис. 3.5, а). Деревянные стойки имеют длину 8,5; 9 или 11 м, железобетонные приставки – 6 м, а деревянные – 4,5 или 6,5 м.

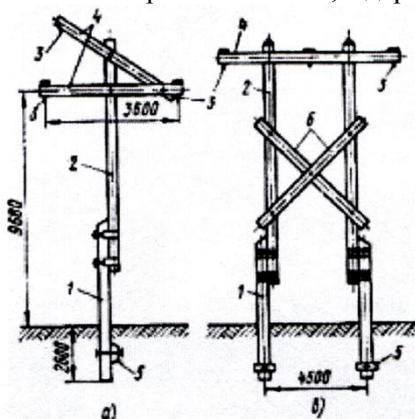


Рис. 3.5 а – с угловой траверсой для ВЛ 35 кВ, б – П-образная с раскосами для ВЛ 35-110 кВ:  
1 – приставка, 2 – стойка, 3 – узел крепления гирлянды изоляторов, 4 – траверса, 5 – ригель, 6 – раскосы

Сопряжение железобетонных приставок со стойками выполняют хомутами (см. рис. 3.2, в). Деревянные приставки (двойные для одностоечных опор и одинарные для А-образных) сопрягают со стойками бандажами из 16 витков проволоки диаметром 4- 6 мм. В слабых грунтах промежуточные опоры устанавливают с ригелями.

Опоры рассчитаны на подвеску одной цепи стальных, сталеалюминиевых и алюминиевых проводов сечением соответственно до 25, 70 и 95 мм. В населенной местности применяют двойное крепление проводов на штыревых изоляторах и одинарное на подвесных.

Опоры ВЛ 35 кВ для тяжелых проводов, ВЛ 110 и 220 кВ. На таких ВЛ устанавливают унифицированные опоры двух типов: П-образные – промежуточные и АП-образные – анкерные и угловые. П-образные опоры представляют собой свободностоящий портал (рис. 3.5, б), имеющий две стойки 2, горизонтальную траверсу 4 и внутренние перекрестные связи – раскосы 6 для усиления жесткости П-образной фермы. При подвеске троса применяют опоры с траверсой, смещенной вниз на 2 м.

Опоры ВЛ 35-110 кВ имеют стойки длиной 11 м, а также одинарные деревянные траверсы и приставки. Для усиления заделки опор в грунт устанавливают ригели 5. Длина стоек ВЛ 220 кВ равна

13 м, а их приставки и траверсы двойные. Разработаны также П-образные опоры ВЛ 110 кВ с цельной стойкой длиной 16 м (без приставок). Для исключения земляных работ в слабых и средних грунтах иногда применяют опоры на сваях-пасынках, которые погружают в грунт специальными механизмами.

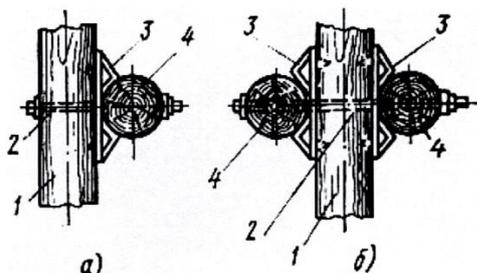


Рис. 3.6 Крепление траверс на стойках опор ВЛ: а – 35-110 кВ, б – 220 кВ, 1 – стойке, 2 – болт, 3 – седло, 4 – траверса

Стойки соединяют с приставками проволочными бандажами, для затяжки применяют специальные стяжные болты и фасонные шайбы. Траверсы 4 (рис. 3.6, а, б) соединяют со стойкой 1 болтами 2 и специальными металлическими деталями – седлами 3 для уменьшения количества врубок. Провода на опорах располагают горизонтально на подвесных изоляторах. Расстояние между фазами ВЛ 35 кВ принято 3 м, ВЛ 110 кВ – 4 м и ВЛ 220 кВ – 5 м. Для присоединения гирлянд изоляторов и тросов применяют специальные детали крепления.

АП-образные опоры (рис. 3.7) представляют собой пространственные деревянные конструкции, выполненные из двух А-образных ферм 1, соединенных между собой в плоскости Л траверсами 4 и 5, раскосами 6 и 9 и поперечинами 7 и 10 в двух ярусах. Если АП-образную опору устанавливают на прямом участке, раскосы в плоскости П не ставят и А-образные фермы связывают поперечинами только в одном ярусе. В отличие от П-образных опор стойки соединяют с деревянными приставками встык с помощью накладок 8 и болтов.

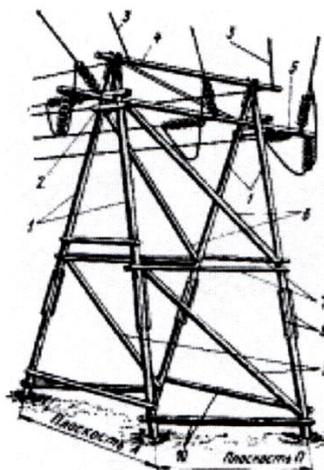


Рис. 3.7. АП - образная тросовая опора ВЛ 35-110 кВ:

1 – А-образные фермы, 2 – подтраверсник, 3 – грозозащитный трос, 4, 5 – траверсы для крепления тросов и проводов, 6, 9 – раскосы верхнего и нижнего ярусов, 10 – поперечины верхнего и нижнего ярусов, 8 – деревянные накладки.

Траверса 5 АП-образных опор ВЛ 35-110 кВ проходит внутри угла, образованного стойками, и крепится к ним подтраверсными брусками 2 и металлическими поковками без врубок. Раскосы к стойкам и приставкам также присоединяют поковками, а поперечины крепят сквозными болтами. Траверсы угловых опор смещены относительно оси ВЛ в сторону внешнего угла.

АП-образные опоры ВЛ 220 кВ отличаются от АП-образных опор ВЛ 35–110 кВ главным образом размерами. Траверса АП-образной опоры для ВЛ 220 кВ – двойная, состоящая из двух бревен длиной 13 м. Обе половины траверсы расположены снаружи А-образных ферм на подтраверсниках. Приставки имеют длину 7,5 м.

#### *Конструкции и эксплуатация железобетонных опор*

Железобетонные опоры по сравнению с металлическими более долговечны и экономичны в эксплуатации, так как требуют наименьшего ухода и ремонта. Основным преимуществом железобетонных опор по сравнению с остальными является уменьшение расхода стали на 40–75% в зависимости от типа опор. По способу изготовления железобетонные опоры можно разделить на две основные группы: опоры, бетонируемые на месте их установки, и опоры заводского изготовления.

За рубежом построен ряд линий с железобетонными опорами, изготовленными на месте. При больших расстояниях и продолжительной зиме на большей части территории России бетонирование опор на месте нецелесообразно. Поэтому в отечественной практике линейного строительства применяются железобетонные опоры заводского изготовления. На основании проектных разработок установлены конструкции основных строительных элементов железобетонных опор – стоек и траверс, наиболее удобные для транспортировки и монтажа.

Для линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше стойки опор и траверсы порталных опор приняты в виде centrifугированных железобетонных труб, конических или цилиндрических. Для линий электропередачи напряжением 35 кВ приняты или centrifугированные стойки или стойки из вибробетона, а для линий более низкого напряжения – только из вибробетона.

Centrifугированные стойки по форме выполняются двух видов – коническими и цилиндрическими. Конические стойки имеют длину 22,6 м при наружном диаметре в комле 560 мм и 26,0 м при диаметре в комле 650 мм. Для свободстоящих анкерных угловых опор изготавливается укороченная стойка длиной 19,5 м в опалубке стойки диаметром 650 мм.

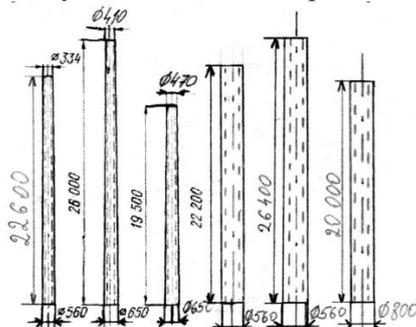


Рис. 3.8 Стойки железобетонных опор

Цилиндрические стойки имеют длину 22,2 и 26,4 м – обе при наружном диаметре стойки 560 мм. В качестве стойки для свободстоящих анкерных угловых опор может быть также использована цилиндрическая свая длиной 20 м с наружным диаметром 800 мм.

Таблица 3.1.

Основные размеры применяемых стоек

Форма стойки	Типо-размер	Длина, м	Наружный диаметр, мм		Толщина стенки, мм	
			нижний	верхний	внизу	вверху
Коническая	1	22,6	560	334	70–90	50–70
	2	26,0	650	410	70–80	50–60
	3	19,5	650	470	70–80	55–65
	4					
Цилиндрическая	4	22,2	560		50	80
	5	26,4	560		50	70
Цилиндрическая свая	6	20,0	800		65	

Масса стоек длиной 22,6 и 22,2 м находится в пределах 5 т. Масса стоек длиной 26,0 и 26,4 м не превышает 7 т. Масса сваи диаметром 800 мм составляет 8 т.

На рис. 3.8 показаны конструкции стоек, основные размеры которых приведены в табл. 3.1.

На линиях 35 кВ применяются свободстоящие промежуточные опоры. На рис. 3.9 показана одноцепная промежуточная опора с вибрированной стойкой, предназначенная для подвески проводов марки до АС 95/16. Двухцепная промежуточная опора с centrifугированной стойкой СК-2 представлена на рис. 3.10.

Анкерные угловые опоры для одноцепных линий 35 кВ выполняются с centrifугированными стойками и оттяжками. Общий вид такой опоры показан на рис. 3.10. Траверсы этих промежуточных и анкерных опор – металлические, оцинкованные. Для двухцепных опор линий 35 кВ в качестве анкерных используются опоры 110 кВ. На линиях электропередачи 35 кВ широко применяются промежуточные угловые опоры (рис. 3.11).

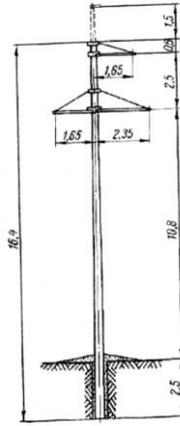


Рис. 3.8. Промежуточная одноцепная опора ВЛ 35 с вибростойкой

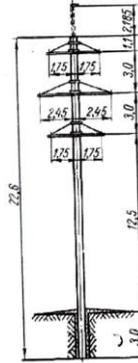


Рис. 3.9 Двухцепная промежуточная опора с центрифугированной стойкой

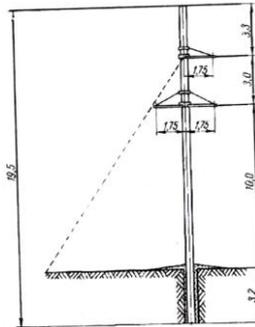


Рис. 3.10 Анкерная угловая одноцепная опора ВЛ 35 кВ с центрифугированной стойкой

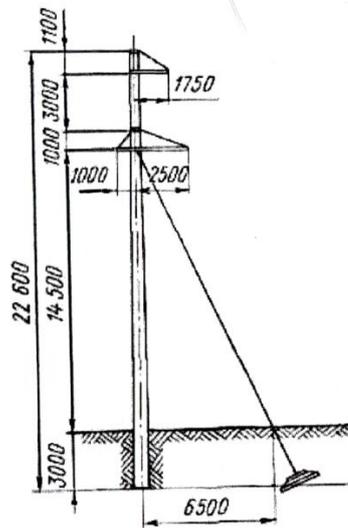


Рис. 3.11 Промежуточная угловая опора 35 кВ

Промежуточные одноцепные и двухцепные опоры 110–150 кВ выполняются одностоечными свободностоящими на конических стойках. На одноцепных опорах принято треугольное расположение проводов, на двухцепных – расположение по шестиугольнику (так называемое расположение «бочкой»). Травесы опор – металлические оцинкованные. В свое время были рассмотрены варианты железобетонных травес для опор линий 110 кВ, но они оказались весьма трудоемкими и, главное, увеличивали вес верхней части, создавая дополнительный «паразитный» момент от вертикальных нагрузок на прогибах.

Общий вид одноцепной унифицированной опоры линии 110 кВ дан на рис. 3.12, а двухцепной – на рис. 3.13.

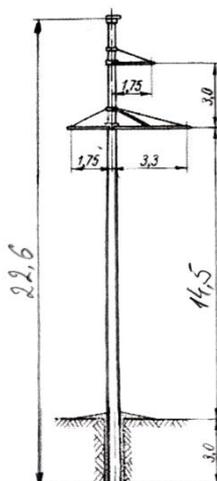


Рис. 3.12 Промежуточная одноцепная опора ВЛ 110 кВ

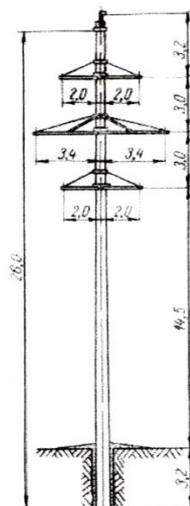


Рис. 3.13 Промежуточная двухцепная опора ВЛ 110 кВ

Крепление травес к стволу может быть выполнено с помощью болтов, пропущенных через специальные отверстия в стволе, (рис. 3.14), или с помощью стальных хомутов, охватывающих ствол и имеющих цапфы для крепления на них концов поясов травес (рис. 3.15).

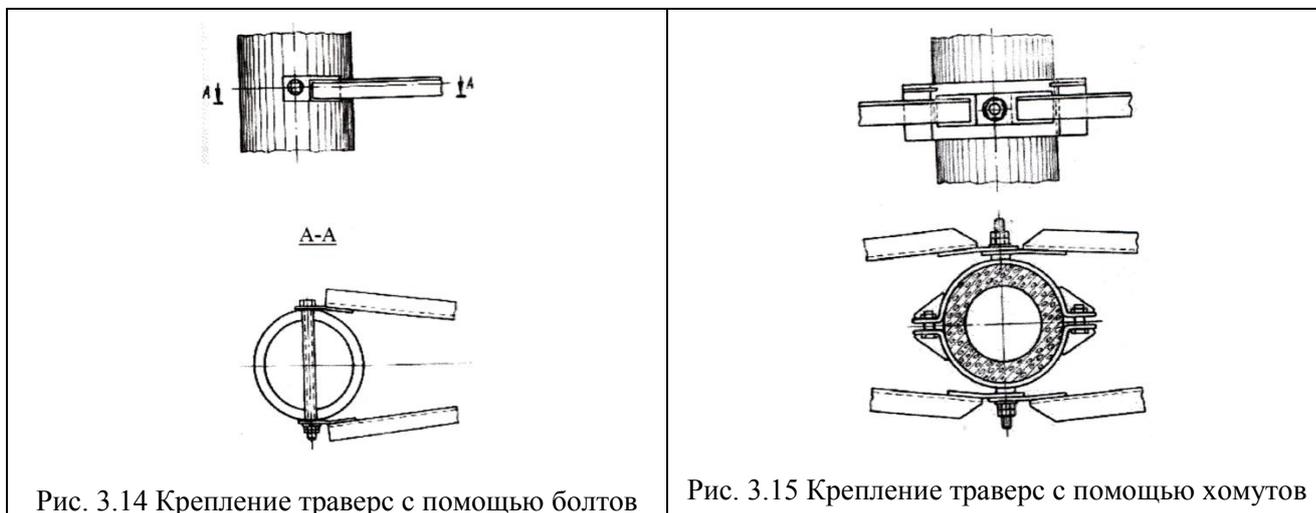


Рис. 3.14 Крепление траверс с помощью болтов

Рис. 3.15 Крепление траверс с помощью хомутов

Металлические траверсы подвергаются горячей оцинковке, поэтому они выполняются либо из отдельных стержней, собираемых на болтах, либо со сваркой элементов встык. Оцинкованные траверсы не требуют ухода в процессе эксплуатации, во всяком случае, довольно долгое время, обеспечивая, таким образом, капитальность построенной линии электропередачи.

Крепление гирлянд к траверсам промежуточных железобетонных опор выполняется с помощью стандартной арматуры (скоба КГП) и показано на рис. 3.16.

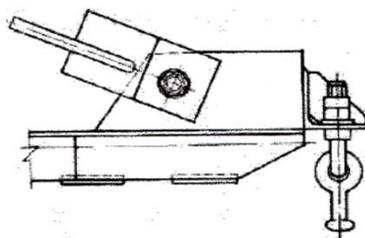


Рис. 3.16 Крепление гирлянды на траверсе железобетонных опор

Анкерные угловые одноцепные опоры – одностоечные, с расщепленными оттяжками, обеспечивающими прочность и жесткость при действии не только изгибающих, но и крутящих моментов, применяются на линиях электропередачи 110 кВ. Схема такой опоры с деталями основных узлов показана на рис. 3.17.

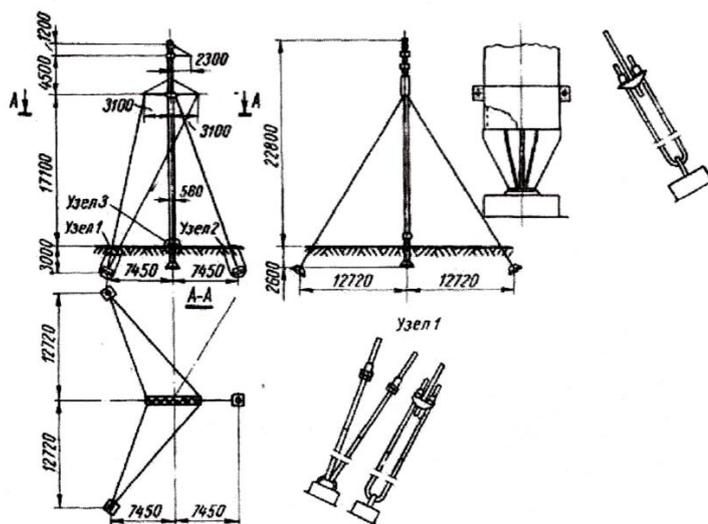


Рис. 3.17 Анкерная угловая одноцепная одностоечная железобетонная опора ВЛ 110 кВ на оттяжках

Одноцепные промежуточные опоры линий электропередачи 220 кВ также выполняются одностоечными с треугольным расположением проводов. Для ствола опоры используется коническая стойка длиной 26 м, диаметром в комле 650 мм. Траверсы опоры крепятся хомутами или болтами. Для подвески гирлянды к траверсе применяются стандартные детали. На рис. 3.17, а показана промежуточная опора линии 220 кВ с проводами до АС 400/51 включительно. Анкерные угловые опоры для линий 220 кВ на железобетонных промежуточных опорах выполняются стальными.

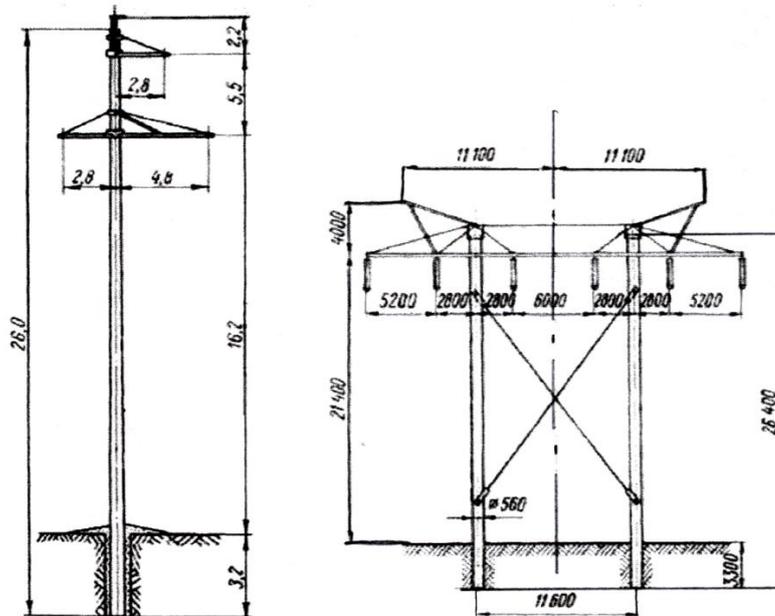


Рис. 3.17 Промежуточная железобетонная опора ВЛ 220 кВ:  
*a* – одноцепная; *б* – двухцепная порталная

Одностоечные двухцепные опоры линий 220 кВ становятся неэкономичными вследствие очень небольшой высоты подвески нижнего провода даже при использовании стойки длиной 26,0 м.

Двухцепные опоры линии 220 кВ выполняются порталными с горизонтальным растяжением проводов, с металлическими траверсами на двух цилиндрических стойках 26,4 м. Портальная двухцепная опора представлена на рис. 3.17, *б* однако она, несмотря на ее экономические преимущества, сложна в монтаже. Поэтому в ряде случаев более целесообразно применять в качестве двухцепной опоры две спаренные одноцепные опоры, установленные друг против друга с фиксирующей распоркой. Схема такой опоры дана на рис. 3.18.

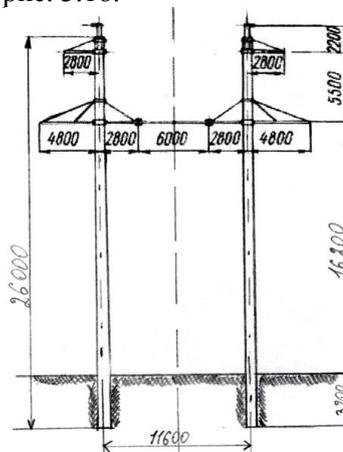


Рис. 3.18 Промежуточная спаренная опора ВЛ 220 кВ

При горизонтальном расположении проводов на линиях 330–500 кВ применяются порталные промежуточные опоры на оттяжках (рис 3.19).

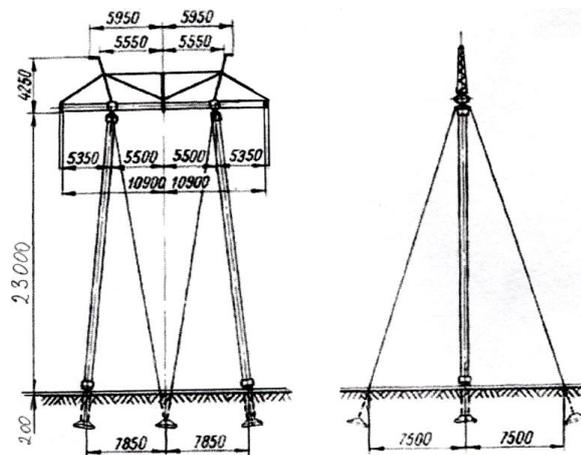


Рис. 3.19 Промежуточная железобетонная опора ВЛ 500 кВ

Стойки и траверсы опор выполняются из железобетонных цилиндрических труб диаметром 560 мм. Длина стоек всех опор одинакова и равна 22,2 м. Траверса опоры линий 330 кВ имеет длину 18,4 м, линий 500 кВ – 22,2 м. Траверса и стойки в плоскости портала соединяются шарнирно, в этих же узлах крепятся и верхние концы оттяжек. Стойки нижними концами посредством шарниров опираются на грибовидные фундаменты, колонны которых имеют такой же наклон, как и стойки. На нижний конец стойки надет специальный башмак, в плите которого имеются сферическая выточка и центральное отверстие. Плита башмака опирается на выпуклую стальную литую плиту, лежащую на колонне железобетонного подножника, через которую проходит фиксирующий штырь. При опирании башмака на плиту подножника штырь входит в центральное отверстие башмака и препятствует соскальзыванию стойки.

#### Металлические опоры

Металлические опоры обычно изготавливают из стали, а иногда - из алюминиевых сплавов. Большая механическая прочность стали позволяет создавать мощные и высокие металлические опоры, выдерживающие огромные механические нагрузки. Однако такие опоры значительно дороже железобетонных и деревянных. Кроме того, их недостатком является небольшая коррозионная стойкость. Менее подвержены влиянию внешней среды опоры из алюминиевых сплавов, но высокая стоимость ограничивает их широкое применение. Область применения металлических опор практически не ограничена. Стальные опоры устанавливают на линиях электропередачи всех напряжений, проходящих в районах с тяжелыми климатическими условиями, на труднодоступных трассах и в горных местностях. Угловые и анкерные металлические опоры устанавливают на ВЛ 110-500 кВ вместе с промежуточными железобетонными, а также в качестве переходных на переходах большой протяженности. Основные элементы. Стальные опоры по конструкции могут быть одностоечными (башенными) и порталными, а по способу закрепления на фундаментах - свободностоящими и с оттяжками. При этом одностоечные опоры, имеющие размеры нижней части более ширины железнодорожного вагона (2,7 м), называют широкобазыми, а менее - узкобазыми. Основными элементами металлических опор (рис. 3.20) являются ствол 1, траверсы 2 и тросостойка 3. Некоторые опоры имеют оттяжки 4.

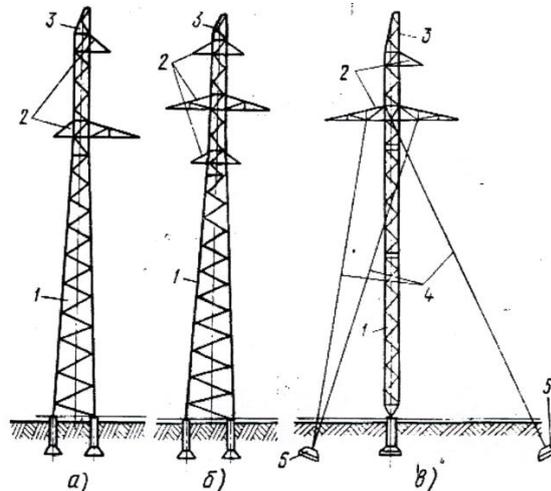


Рис. 3.20 Промежуточные металлические опоры: а, б – свободностоящие одно- и двухцепная башенного типа; в – одноцепная с оттяжками

Конструкции металлических опор. Основными типами металлических опор ВЛ 35–500 кВ являются одностоечные свободностоящие одноцепные и двухцепные с вертикальным расположением проводов, а также порталные с оттяжками. Для одноцепных линий, проходящих по труднодоступным трассам, разработаны одностоечные опоры с оттяжками.

Промежуточные опоры ВЛ 35-110 кВ (см. рис.3.20, а, б) изготавливают одно- и двухцепными. Свободностоящие промежуточные опоры имеют сварную верхнюю часть прямоугольной конструкции с параллельными поясами. Нижние секции болтовые. Провода на одноцепной опоре располагают треугольником, а на двухцепной – "бочкой". Траверсы двухцепных опор такого же типа, как и одноцепных. На тросовых участках ВЛ на вершине ствола монтируют тросостойки. Закрепляют опоры на фундаменте двумя анкерными болтами, имеющимися на каждом из четырех подножников.

Промежуточные опоры с оттяжками (см. рис. 3.20, в) применяют только на одноцепных ВЛ 110 кВ. Эти опоры имеют три двойные расщепленные оттяжки. Нижние концы двух оттяжек крепят попарно к общему анкеру, а верхние – к серединам нижних траверс. Третью оттяжку, расположенную в плоскости траверс, крепят непосредственно к стволу со стороны, где расположены две траверсы (верхняя и нижняя). Оттяжки располагают под углом 120° одна к другой.

Промежуточные опоры ВЛ 220 и 330 кВ аналогичны опорам 110 кВ, показанным на рис.3.20, а, б, и обычно имеют болтовую конструкцию, за исключением некоторых сварных деталей (например, опорных башмаков, траверс), но отличаются от опор 110 кВ расстоянием между проводами и длиной траверс. Кроме того, на линиях 330 кВ используют порталные промежуточные опоры с оттяжками.

Анкерно-угловые опоры ВЛ 35-330 кВ изготавливают свободностоящими башенного типа. Из-за больших нагрузок поперечные размеры ствола этих опор значительно увеличены, а высота подвески нижнего провода уменьшена. Окраска и оцинковка опор. Для защиты от коррозии металлические опоры окрашивают на заводах-изготовителях, окуная готовые сваренные секции в ванну с краской. Реже краску наносят кистями или пневматическими распылителями - пистолетами. Иногда опоры окрашивают на месте установки. Для грунтовки и окраски опор применяют масляную краску, лаки с алюминиевой пудрой и эмали.

Более надежной защитой стальных опор от коррозии является горячая оцинковка. Предварительно обезжиренные конструкции очищают в травильной ванне с раствором серной кислоты, промывают горячей проточной водой, покрывают флюсом и опускают в вертикальную цилиндрическую ванну с расплавленным свинцом. В верхней части ванны на поверхности свинца плавает слой расплавленного цинка. При подъеме из ванны нагретая свинцом конструкция проходит через слой жидкого цинка, который образует на ее поверхности пленку толщиной, 0,10–0,12 мм.

Способ защиты металла опоры от коррозии во многих случаях определяет выбор вида соединения элементов решетки. Так, окраска опор позволяет применить как болтовые, так и сварные соединения, в том числе и внахлест с приваркой элементов по двум сторонам. В то же время горячая оцинковка не допускает сварку деталей внахлест, так как кислота, применяемая для травления элементов перед оцинковкой, может затечь в их зазоры и впоследствии разрушить соединение.

Ввиду дефицитности цинка начато опытно-промышленное внедрение покрытий из алюминия, механическая прочность и адгезия которых не уступают цинковым.

Степень готовности металлических опор. Количеством отправленных с завода деталей и частей определяется степень (группа) заводской готовности опоры и характеризуется объемом работ по ее сборке на трассе ВЛ:

I группа – с завода поступают отдельные элементы (россыпью) или отдельные части секций; на трассе ВЛ опоры собирают из элементов и частей на болтах;

II – группа - с завода поступают отдельные пространственные секции и детали опор; на трассе ВЛ выполняется укрупнительная и общая сборка на болтах;

III группа - с завода поступают целые основные части, не требующие укрупнительной сборки на трассе; общая сборка выполняется на болтах.

Каждый элемент или часть опоры, отправляемые заводом, имеют условный шифр, называемый отправочной маркой. При комплектовании и сборке опор на трассе пользуются так называемым отправочным альбомом, в котором собраны чертежи отправочных марок опор.

Каждую опору можно представить из следующих составляющих: ствол, траверса, тросостойка, оттяжка, анкерная плита.

Ствол (рис. 3.21) обычно представляет собой четырехгранную усеченную решетчатую пирамиду, выполненную из профилей стального проката (уголка, полосы, листа), и состоит из пояса 1, решетки 2 и диафрагмы 3. Решетка, в свою очередь, имеет стержни-раскосы и распорки, а также дополнительные связи.

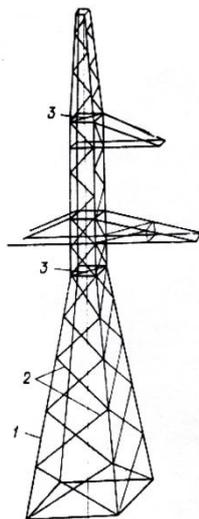


Рис. 3.21 Элементы ствола металлической опоры:

1 – пояс; 2 – решетка; 3 – диафрагма.

Соединения поясов между собой, диафрагм и стержней-раскосов с поясами могут быть сварными (выполненными внахлест) или болтовыми (рис. 3.22, а, б).

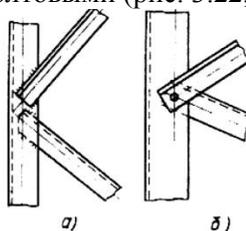


Рис. 3.22 Соединение стержней-раскосов с поясом опоры: а – внахлест; б – болтами.

В зависимости от способа соединения элементов опоры делят на сварные и болтовые и соответственно изготавливают в виде отдельных пространственных секций или небольших плоских оцинкованных элементов с отверстиями для последующей сборки на трассе ВЛ. Секции сварных опор собирают на месте установки с помощью накладок и болтов. Элементы болтовых опор, а также болты, шайбы и другие детали отгружают с заводов комплектно.

При транспортировке сварных опор крайне низко используется грузоподъемность машин (не более 10-30%). Болтовые опоры экономичны в перевозках, но требуют значительного увеличения трудозатрат на сборку (в 1,5-2 раза). Травесы одноствоечных опор имеют обычную плоскую рамную или пространственную конструкцию и выполнены из швеллеров. Для подвески грозозащитных тросов на вершине ствола опоры устанавливают тросостойку в виде решетчатой усеченной пирамиды. Тросостойки порталных опор, как правило, крепят на травесах. На концах травес и тросостоек металлических опор имеются отверстия или устанавливаются специальные детали для крепления цепной арматуры. Пояса стволов свободностоящих опор оканчиваются внизу опорными башмаками - пятами, которые крепятся к фундаментам анкерными болтами (рис. 3.22, а). Стволы опор с оттяжками крепятся к фундаментам специальными шарнирными пятами (рис. 3.22, б). Оттяжки таких опор одной стороной крепят к травесам (или стволу), а другой - к анкерным плитам (рис. 3.22, в). Узлы крепления оттяжек к анкерным плитам позволяют регулировать длину и натяжение оттяжек.

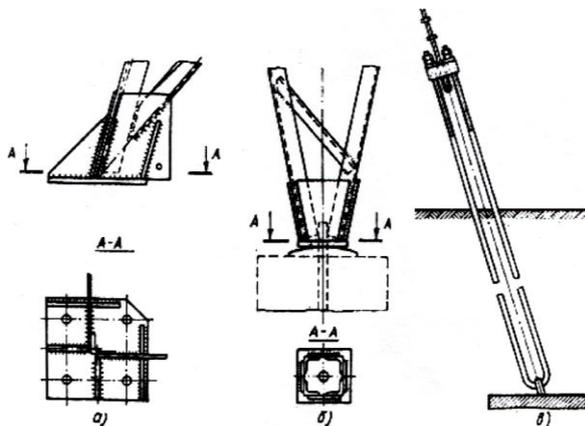


Рис. 3.22 Крепление башмаков (пят) металлических опор свободностоящих (а), с оттяжкой (б) и оттяжки к анкерной плите (в).

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе : проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

#### Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

#### Дополнительная литература

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Область применения опор из древесины. Сроки заготовки древесины стоек. Материал стоек.
2. Опоры металлические. В чем достоинство опор из металла.? Опоры ЛЭП из легких сплавов.
3. Опоры железобетонные. Формирование опор в условиях России. Зарубежная практика.
4. Какие меры защиты материала опор ЛЭП от воздействия окружающей среды для всех типов опор?
5. В чем отличие металлических опор свободстоящих от опор башенного типа?
6. Процесс сборки опоры из металла башенного типа. Подъем опоры.

### Лабораторная работа №4

#### Способы раскатки и подвески проводов и тросов ВЛ

Цель работы: знакомство со способами раскатки и подвески проводов и тросов воздушных линий.

Содержание работы: определить способы раскатки и подвески проводов и тросов с учетом окружающей среды.

#### *Краткий теоретический материал*

Неизолированные провода для ВЛ доставляют на деревянных барабанах. Барабаны с проводом устанавливают на специальной тележке, с помощью которой выполняют одновременно раскатку нескольких проводов и тросов. Раскатку проводов с барабанов производят при помощи тракторов или автомашин и ведут обычно от одной анкерной опоры до другой. При этом должны выполняться следующие требования.

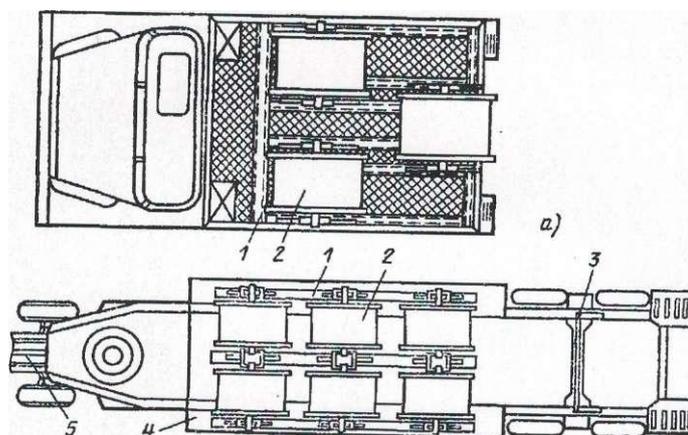


Рис. 4.1. Движущие средства для раскатки проводов:

а — трехбарабанный раскатчик на тягаче АТТ; б — шестибарабанный раскатчик на полуприцепе-трейлере; 1 — сварная рама; 2 — барабан с проводом; 3 — П-образная рама с роликами для предохранения проводов при раскатке; 4 — полуприцеп; 5 — седельное устройство тягача.

Раскатку проводов (канатов) по земле следует, как правило, производить с помощью движущихся тележек (рис. 4.1). Для опор, конструкция которых полностью или частично не

позволяет применять движущиеся раскатные тележки, допускается производить раскатку проводов (канатов) по земле с неподвижных раскаточных устройств с обязательным подъемом проводов (канатов) на опоры по мере раскатки и принятием мер против повреждения их в результате трения о землю, скальные, каменные и другие грунты. Раскатка и натяжение проводов и канатов непосредственно по стальным траверсам и крюкам не допускается. Раскатка проводов и канатов при отрицательных температурах должна производиться с учетом мероприятий, предотвращающих вмерзание провода или каната в грунт.

При раскатке проводов отмечают места обнаруженных дефектов проводов. В дальнейшем перед натяжкой провода в этих местах выполняют ремонт проводов, при этом согласно «Противоаварийному предписанию» Госинспекции по эксплуатации Минэнерго восстановительный ремонт проводов осуществляют: при повреждении до 17 % алюминиевого повива - путем наложения проволочных бандажей, при повреждении до 34 % — монтажом ремонтных зажимов, выше 34 % - заменой отрезком нового провода.

Провода ВЛ с подвесными изоляторами закладывают у каждой промежуточной опоры в раскатные (монтажные) ролики (рис. 4.2), предварительно закрепленные на гирляндах изоляторов.

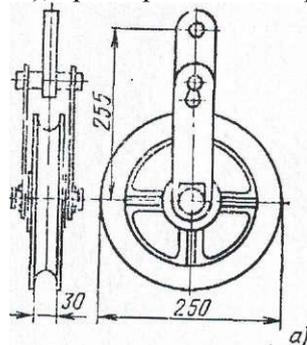


Рис. 4.2. Ролики монтажные для раскатки проводов: а — одинарный ролик; б — монтажный раскаточный подвес для четырех одновременно раскатываемых проводов.

Затем провода поднимают вместе с гирляндами и роликами на опору; одновременно поднимают на опору и тросы, также заложенные в ролики. После этого провода и тросы раскатывают до следующей промежуточной опоры.

При монтаже ВЛ на штыревых изоляторах до подъема проводов на опоры их предварительно раскатывают по земле или же провода раскатывают по роликам, подвешенным к крюкам (траверсам). В Литовэнерго применено устройство для монтажа проводов на промежуточных опорах ВЛ 10 кВ, показанное на рис. 4.3., а. Оно надевается трубкой 4 на штырь для изолятора и закрепляется на опоре струбиной 1. Для угловых опор применяется устройство, показанное на рис. 4.3.д. Оно крепится с помощью упоров и рычага, размещенных на основании устройства 1. На кронштейне 7 приварены три скобы 8, которыми поддерживаются направляющие бронзовые ролики 9.

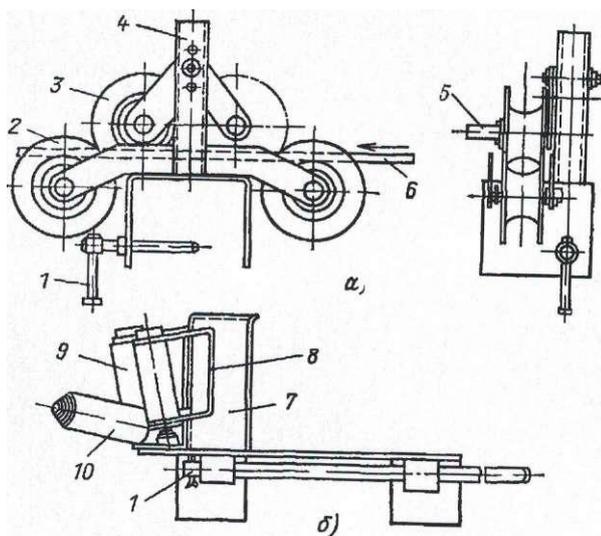


Рис. 4.3. Раскаточные роликовые устройства для проводов ВЛ со штыревыми изоляторами: а — для промежуточных опор; б — для угловых опор ВЛ 10 кВ; 1 — устройство для закрепления на опоре; 2, 3 - нижний и верхний раскаточные ролики; 4 — трубка для надевания устройства на штырь изолятора; 5 — рукоятка верхнего ролика; 6 — раскатываемый провод; 7 — кронштейн; 8 — скобы; 9 — бронзовые ролики; 10 — ролики, на которые укладывается раскатываемый провод.

При раскатке проводов через железные и шоссейные дороги, а также при пересечении ВЛ линий

слабого тока в местах пересечения устанавливают специальные деревянные рогатки или опоры с натянутым между ними тросом, что обеспечивает безопасность движения по дорогам и предохраняет пересекаемые провода от замыкания. Монтаж проводов и канатов на переходах через инженерные сооружения следует производить в соответствии с Правилами охраны электрических сетей напряжением свыше 1 кВ с разрешения организации-владельца пересекаемого сооружения в согласованные с этой организацией сроки. Раскатанные через автодороги провода и канаты надлежит защищать от повреждений путем подъема их над дорогой, закапывания в грунт или закрытия щитами. В случае необходимости в местах, где возможны повреждения проводов, должна быть выставлена охрана.

При монтаже ВЛ с большим числом переходов применяют инвентарные телескопические устройства для защиты переходов. Устройство изготовляют из металлических труб разного диаметра, входящих одна в другую. В трубах сделаны соосные отверстия для болтового соединения их между собой при изменении высоты устройства. На месте монтажа перехода ВЛ телескопическое устройство выдвигается на необходимую длину и собирается на болтах. После этого его устанавливают автокраном в пробуренный цилиндрический котлован глубиной 2,5—3 м. По окончании монтажа перехода устройство демонтируют, разбирают и перевозят на место монтажа другого перехода.

#### *Соединение проводов и тросов*

Соединения проводов ВЛ напряжением до 20 кВ следует выполнять:

а) в петлях опор анкерно-углового типа: зажимами — анкерными и ответвительными клиновыми; соединительными овальными, монтируемыми методом обжатия; петлевыми плашечными при помощи термитных патронов, а проводов разных марок и сечений — аппаратными прессуемыми зажимами;

б) в пролетах: соединительными овальными зажимами, монтируемыми методом скручивания.

Соединения проводов ВЛ напряжением выше 20 кВ необходимо выполнять: а) в шлейфах опор анкерноуглового типа, сталеалюминевых проводов сечением 240 мм<sup>2</sup> и выше — при помощи термитных патронов и опрессовкой с помощью энергии взрыва; сталеалюминевых проводов сечением 500 мм<sup>2</sup> и выше — при помощи прессуемых соединителей; проводов разных марок — болтовыми зажимами; проводов из алюминиевого сплава — зажимами петлевыми плашечными или соединителями овальными, монтируемыми методом обжатия; б) в пролетах: сталеалюминевых проводов сечением до 185 мм<sup>2</sup> и стальных канатов сечением до 50 мм<sup>2</sup> — овальными соединителями, монтируемыми методом скручивания; стальных канатов сечением 70—95 мм<sup>2</sup> — овальными соединителями, монтируемыми методом обжатия или опрессования с дополнительной термитной сваркой концов; сталеалюминевых проводов сечением 240—400 мм<sup>2</sup> — соединительными зажимами, монтируемыми методом сплошного опрессования и опрессования с помощью энергии взрыва; сталеалюминевых проводов сечением 500 мм<sup>2</sup> и более — соединительными зажимами, монтируемыми методом сплошного опрессования.

В каждом пролете ВЛ напряжением выше 1 кВ допускается не более одного соединения на каждый провод или канат.

Опрессовку соединительных, натяжных и ремонтных зажимов следует выполнять и контролировать согласно требованиям ведомственных технологических карт, утвержденных в установленном порядке. Прессуемые зажимы, а также матрицы для опрессовки зажимов должны соответствовать маркам монтируемых проводов и канатов. Не допускается превышать номинальный диаметр матрицы более чем на 0,2 мм, а диаметр зажима после опрессовки не должен превышать диаметра матрицы более чем на 0,3 мм. При получении после опрессовки диаметра зажима, превышающего допустимую величину, зажим подлежит вторичной опрессовке с новыми матрицами. При невозможности получения требуемого диаметра, а также при наличии трещин зажим следует вырезать и вместо него смонтировать новый.

Соединение проводов двух смежных пролетов на ВЛ с подвесными изоляторами может быть выполнено на анкерной опоре в петле между двумя натяжными гирляндами изоляторов. Однако во всех случаях, когда это возможно, провод на анкерной опоре не разрезают, а пропускают в следующий анкерный пролет, закрепляя его сначала в одном натяжном зажиме, а потом (после натяжки провода в анкерном пролете) в другом натяжном зажиме по другую сторону анкерной опоры. Между двумя натяжными зажимами оставляют неразрезную петлю.

Перед монтажом соединения на провода накладывают бандажи на расстоянии, равном длине соединителя плюс 70—80 мм, торцы проводов подравнивают ножовкой или клещами со специальными вкладышами — ножами, затем на концы проводов накладывают вторые бандажи на расстоянии 50 мм от первых бандажей (ближе к концу провода). Соединение проводов выполняют в следующем порядке: чистой тряпкой, смоченной в бензине, очищают концы проводов от грязи и заводской смазки; смазывают поверхность всех проволок вазелином или защитной смазкой; расплетают повивы провода на длине, равной длине соединителя; стальной щеткой счищают пленку

окиси с поверхности проволок всех повивов; внутреннюю поверхность соединителя очищают от грязи чистой тряпкой, смоченной в бензине, и смазывают ее чистым вазелином или защитной смазкой; стальным ершом очищают внутреннюю поверхность соединителя и удаляют опилки чистой сухой тряпкой; протирают чистой сухой тряпкой поверхность проволок всех повивов соединяемых проводов; скручивают проволоки в повивы; соединяемые провода вводят в овальную гильзу так, чтобы концы их вышли из соединителя на 25—30 мм, и специальными клещами (рис. 4.2.1) выполняют насечки на гильзе в шахматном порядке в той последовательности, которая указана цифрами на рис. 4.2.2., проставленными в лунках, образующихся после обжима. Так, например, первое обжатие производят в том месте, где поставлена цифра 1, второе - там, где поставлена цифра 2, и т.д.

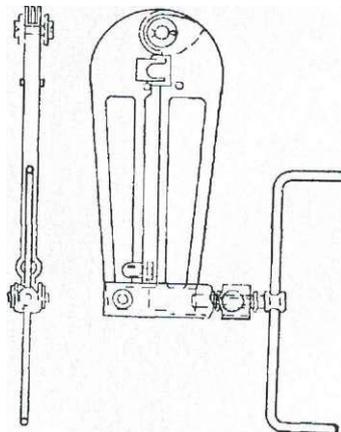


Рис. 4.2.1. Клещи для обжатия овальных соединителей типа МИ-19А

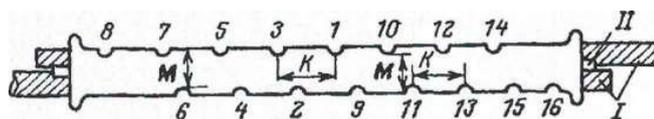


Рис 4.2.2. Обжим овальных соединителей при монтаже сталеалюминевых проводов

После обжима проверяют отсутствие трещин на соединительном зажиме, и если обнаружат трещины, то зажим вырезают и соединение делают вновь. При отсутствии трещин измеряют размеры обжимов М, и если обжим недостаточен, то производят дополнительный обжим. Расстояния между лунками К (рис. 4.2.2) определяют по рискам, имеющимся на зажимах. Отклонение от рисок не должно быть больше  $\pm 10$  мм.

Аналогично производят соединение опрессовкой овальных соединителей при монтаже сталеалюминевых проводов (рис. 4.2.3). Опрессовку выполняют специальным прессом. После опрессовки соединительный зажим проверяют, как и после обжима.

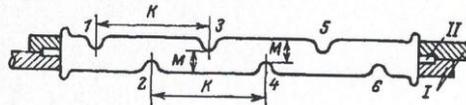


Рис 4.2.3.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе :  
проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

#### Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

#### Дополнительная литература

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Раскатка проводов на равнинных участках ВЛ? Способы раскатки?
2. Переход ВЛ через овраги, каньоны, водные преграды.
3. Подъем проводов на подвесные изоляторы. Раскатка проводов с одновременных подъемом.
4. Как производится фиксация проводов на опоре?

## Лабораторная работа №5

### Типы кабелей для различных условий эксплуатации

Цель работы: ознакомиться с типами кабелей в системах электроснабжения до и свыше 1кВ.

Содержание работы: 1) по заданию преподавателя выбрать силовой кабель для электроснабжения потребителя; 2) определить условия прокладки кабеля с учетом окружающей среды.

#### *Теоретические сведения по кабелям с различными видами изоляции*

Силовые кабели с алюминиевыми или медными жилами, с пропитанной бумажной изоляцией в алюминиевой или свинцовой оболочке, с защитными покровами или без них, предназначены для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на переменное напряжение до 35 кВ частоты 50 Гц для сетей с изолированной нейтралью. Кабели могут быть использованы в сетях переменного напряжения с заземленной нейтралью и сетях постоянного напряжения. При этом номинальное напряжение кабеля в сетях постоянного напряжения не должно более, чем в 2,5 раза превышать номинальное напряжение при работе в сетях переменного напряжения.

Силовые кабели удобно классифицировать по номинальному напряжению, на которое они рассчитаны; классификационными признаками могут служить также вид изоляции и конструктивные особенности кабелей (рис. 5.1)

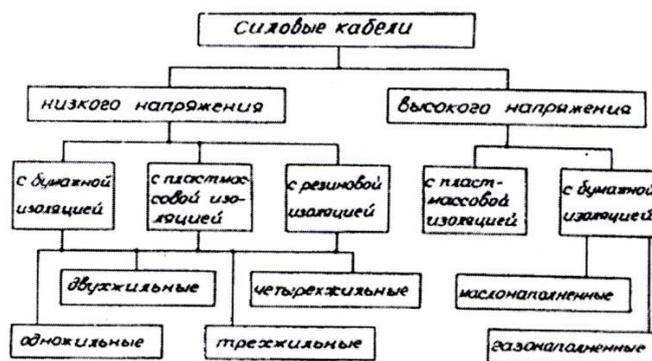


Рис. 5.1 Классификация силовых кабелей

Все силовые кабели по номинальному рабочему напряжению можно условно разделить на две группы. В группу низкого напряжения кабелей включены кабели, предназначенные для работы в электрических сетях с изолированной нейтралью переменного напряжения 1, 3, 6, 10, 20 и 35 кВ частотой 50 Гц. Эти же кабели могут быть использованы в сетях переменного напряжения с заземленной нейтралью и в сетях постоянного напряжения. Кабели низкого напряжения в зависимости от назначения выпускаются в одножильном, двухжильном, трехжильном и четырехжильном исполнении (рис. 5.2 - 5.4).

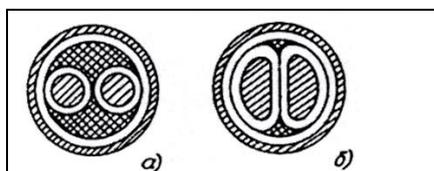


Рис. 5.2 Двухжильные кабели с круглыми (а) и сегментными (б) жилами

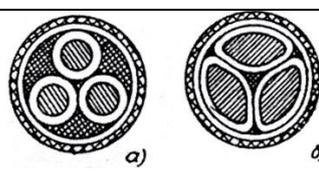


Рис. 5.3 Трехжильные кабели с круглыми (а) и секторными (б) жилами

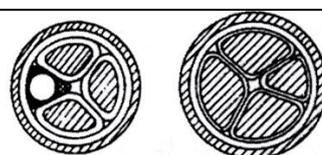


Рис. 5.4 Четырехжильные кабели

Одножильные и трехжильные кабели предназначены для работы в сетях напряжением 1–35 кВ, двух- и четырехжильные кабели используются в сетях напряжением до 1 кВ.

Четырехжильный кабель предназначен для четырехпроводимых сетей переменного напряжения, четвертая жила в нем является заземляющей или зануляющей, поэтому ее сечение, как правило, меньше сечения основных жил. В группу кабелей высокого напряжения включены кабели, предназначенные для работы в сетях переменного напряжения 110, 220, 230, 380, 500, 750 кВ и выше.

### Маркировка силовых кабелей

Обозначение кабелей с алюминиевыми жилами начинается с буквы А, а кабелей, каждая жила которых заключена в отдельную оболочку из свинца, – с буквы О. Для контрольных кабелей перед обозначением ставится буква К.

В соответствии с конструкцией силовые кабели обозначают так:

- первая буква указывает материал оболочки (С - свинец, А - алюминий, Н и НР - негорючая резина, ВР - поливинилхлорид);

- вторая буква - защитное покрытие (таб. 5.1).

Цифры после букв обозначают рабочее напряжение (кВ), на которое рассчитан кабель, количество жил и площадь поперечного сечения каждой жилы (мм<sup>2</sup>).

Таблица 5.1

Маркировка силовых кабелей

Буква или сочетание букв	Значение буквы или сочетания букв	Буква или сочетание букв	Значение буквы или сочетания букв
А	Алюминиевая жила	С	Свинцовая оболочка
АС	Алюминиевая жила и свинцовая оболочка	О	Отдельные оболочки поверх каждой фазы
АА	Алюминиевая жила и алюминиевая оболочка	В	Обедненно-пропитанная бумажная изоляция
Б	Броня из двух стальных лент с антикоррозийным защитным покровом	Ц	Бумажная изоляция, пропитанная нестекающим составом
Бн	То же, но с негорючим защитным покровом (не поддерживающим горение)	НР	Резиновая изоляция и оболочка из резины, не поддерживающей горение
Г	Отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки	В	Изоляция или оболочка из поливинилхлорида
л(2л)	В подушке под броней имеется выпрессованный шланг из поливинилхлорида (полиэтилена)	П	Изоляция или оболочка из термопластичного полиэтилена
Шв (Ши)	Защитный покров в виде выпрессованного шланга (оболочки) из поливинилхлорида (полиэтилена)	Пс	Изоляция или оболочка из самозатухающего полиэтилена (не поддерживающего горение)
К	Броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный покров	Пв	Изоляция из вулканизированного полиэтилена
п	Броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров	ББГ	Броня профилированной стальной ленты
У	Для кабелей, изготовленных после 01.04.85. Изоляция может работать при температурах 80, 70, 60°С соответственно для кабелей на напряжение 6, 10, 20, 35 кВ		

Устройство силовых кабелей представлено на рис 5.5.

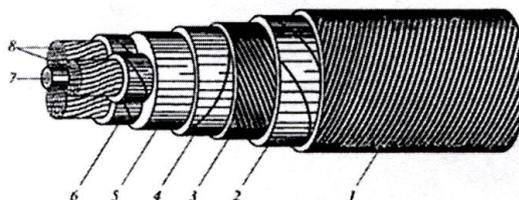


Рис. 5.5. Устройство силового кабеля:

1,4 – покровная и внутренняя оболочки; 2 – броня; 3 – подушка; 5 – поясная бумажная изоляция; 6 – жильная изоляция; 7, 8 – жилы.

### Примеры маркировки кабелей

Марка СБ обозначает кабель с бумажной пропитанной изоляцией с медными жилами в свинцовой оболочке (С) с броней из стальных лент (Б) с защитными покровами из кабельной пряжи, пропитанной битумом; СБГ - то же, но без защитных покровов ("голый"); СГ - то же, но без брони и защитных покровов; АСБ - то же, что СБ, но с алюминиевой жилой.

Силовые кабели с пропитанной бумажной изоляцией (с вязкой пропиткой) имеют значительные ограничения по номинальному напряжению из-за интенсивных ионизационных процессов при переменном напряжении, и поэтому применяются в распределительных сетях России при напряжениях до 35 кВ включительно (за рубежом при напряжениях до 60 кВ). В России силовые кабели с бумажной пропитанной изоляцией на напряжения до 35 кВ включительно выпускаются по

ГОСТ 18410-73 (производители - заводы Камкабель, Севкабель, Иркутсккабель, Москабель и др.). Как уже отмечалось, эти кабели являются наиболее массовым видом продукции. Их доля составляет около 95 % от всех типов применяемых кабелей в распределительных сетях.

Кабели с вязкой пропиткой на напряжения до 10 кВ включительно (см. рис. 5.6 и 5.7) чаще всего выполняются трехжильными с поясной изоляцией и секторными медными или алюминиевыми жилами сечением от 6 до 240 мм<sup>2</sup> и более (кабели марок ААГ, ААШв, АСБ, АСШв, СБ, СБШв и др.). Алюминиевые жилы могут быть однопроволочными во всем диапазоне сечений или многопроволочными уплотненными в диапазоне сечений от 70 до 240 мм<sup>2</sup>. Медные жилы изготавливаются в основном многопроволочными.

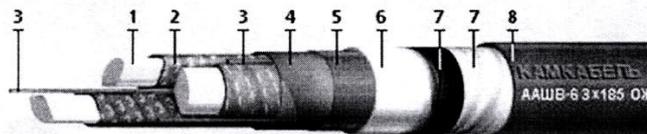


Рис. 5.6 Элементы конструкции кабеля с поясной изоляцией на напряжение до 10 кВ:

1 – жила однопроволочная или многопроволочная, алюминиевая или медная; 2 – фазная бумажная изоляция, пропитанная вязким или нестекающим составом; 3 – заполнение из бумажных жгутов; 4 – поясная бумажная изоляция, пропитанная вязким или нестекающим составом; 5 – экран из электропроводящей бумаги для кабелей на напряжение 6 кВ и более; 6 – алюминиевая или свинцовая оболочка; 7 – подслои из битума и пленки ПЭТ; 8 – наружный покров из ПВХ пластиката.

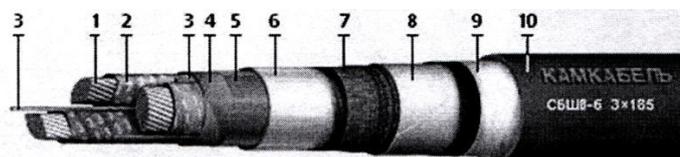


Рис. 5.7 Элементы конструкции кабеля с поясной изоляцией на напряжение до 10 кВ:

1-6 то же что и на рис. 5.6; 7 – подушка из битума и крепированной бумаги; 8 – броня из стальных лент; 9 – подслои из битума и ПЭТ пленки; 10 – наружный покров из ПВХ пластиката.

Изоляция кабелей состоит из лент кабельной бумаги на основе сульфатной целлюлозы толщиной 80, 120 и 170 мкм, пропитанной маслоканифольным составом. Для изготовления пропиточного состава используется кабельное масло или смесь нефтяных масел. В качестве загустителя используется канифоль, полиэтиленовый воск или полиизобутилен. Каждая фаза кабелей изолируется отдельно, а затем поверх скрученных изолированных жил накладывается общая, так называемая, поясная изоляция. В кабелях на напряжение 6 кВ и выше на поясную изоляцию накладывается экран из полупроводящей бумаги. Промежутки между изолированными жилами в кабеле заполняются жгутами из сульфатной бумаги.

В кабелях на напряжения 1 и 3 кВ толщина изоляции выбирается в основном из условия ее механической прочности. Для кабелей на напряжение 1 кВ толщина фазной изоляции составляет 0,75-0,95 мм, а толщина поясной изоляции - 0,5-0,6 мм, для кабелей 3 кВ – 1,35 и 0,7 мм соответственно. В кабелях на напряжения 6 и 10 кВ толщина изоляции выбирается с учетом напряженностей электрического поля в изоляции в рабочих и аварийных режимах (например, замыкание одной фазы на оболочку). Для кабелей 6 кВ толщина фазной и поясной изоляции составляет 2,0 и 0,95 мм, а для кабелей 10 кВ – 2,75 и 1,25 мм соответственно.

Основным недостатком бумажной пропитанной изоляции является ее большая гигроскопичность. Для защиты изоляции от увлажнения в процессе хранения, прокладки и эксплуатации кабели заключены в свинцовую или алюминиевую оболочку. В последнее время большинство кабелей изготавливаются в алюминиевой оболочке, т.к. алюминиевые оболочки достаточно герметичны, механически более прочны и более устойчивы к вибрационным нагрузкам по сравнению со свинцовыми оболочками. Однако кабели с алюминиевыми оболочками нельзя применять в условиях воздействия на них агрессивных сред.

Металлические оболочки, как правило, защищаются от коррозии и механических повреждений защитными покровами. Защитный покров кабелей состоит из подушки, брони и наружного покрова. Подушка защищает металлическую оболочку от коррозии, а также играет роль защиты от механических повреждений при наложении брони. Броня может быть выполнена из стальных лент и из стальных оцинкованных круглых или плоских проволок. Простейшая конструкция наружного покрова представляет собой чередующиеся слои битумного состава или битума, пропитанной кабельной пряжи или стеклянной пряжи, битумного состава и покрытия, предохраняющего витки кабелей от слипания на барабане (например, мелового покрытия). Наиболее надежными являются наружные покровы типа Шв и Шп, которые имеют следующую конструкцию: подклеивающий состав

на основе битума, пластмассовая лента и выпрессованный поливинилхлоридный или пластмассовый шланг. Для прокладки кабелей в помещения или местах с повышенной пожароопасностью битумные слои заменяются специальным негорючим составом (такие наружные покровы обозначаются индексом "нг" в марке кабеля, например кабель марки ААШнг). Применяются также наружные покровы пониженной горючести с пониженным дымо- и газовыделением (обозначаются индексом "нг-LS" в марке кабеля). Выбор типа защитного покрова определяется материалом оболочки кабеля, а также условиями его прокладки.

Кабели на напряжения 20 и 35 кВ изготавливаются либо в одножильном исполнении с круглыми алюминиевыми и медными жилами в свинцовой и алюминиевой оболочке (кабели марок ААГ, АСГ, СГ, ААШв), либо в трехжильном исполнении (см. рис. 2.8), при этом кабель скручивается из трех круглых изолированных жил, каждая из которых заключена в свинцовую оболочку (кабели марок АОСБ, ОСБ и др.).

Кабели с отдельно освинцованными жилами выпускаются с круглыми медными и алюминиевыми жилами сечением от 25 до 400 мм<sup>2</sup> для кабелей 20 кВ и сечением от 120 до 400 мм<sup>2</sup> для кабелей 35 кВ. Для кабелей этого типа применяют в основном многопроволочные уплотненные жилы. Для выравнивания электрического поля на поверхности жилы размещаются экраны из полупроводящей бумаги. Поверх изоляции также накладывается экран из полупроводящей бумаги, либо из металлизированной полупроводящей бумаги, либо из полупроводящей бумаги и алюминиевой или медной фольги.

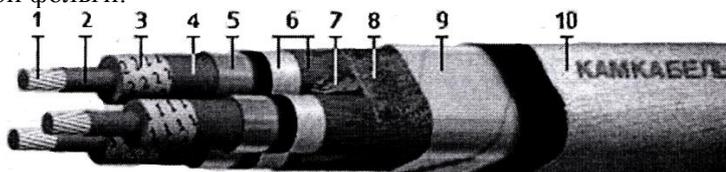


Рис. 2.8 Элементы конструкции кабелей с отдельно освинцованными жилами на напряжение 20 и 35 кВ:

1 – жила однопроволочная или многопроволочная, алюминиевая или медная; 2 – экран из электропроводящей бумаги; 3 – фазная бумажная изоляция, пропитанная вязким или нестекающим составом; 4 – экран из электропроводящей бумаги; 5 – свинцовая оболочка; 6 – защитный слой из крепированной бумаги и полиэтилентерефталатной пленки; 7 – заполнение из кабельной пряжи; 8 – подушка из кабельной пряжи; 9 – броня из стальных лент; 10 – наружный покров из волокнистых материалов.

В кабелях на напряжение 20 кВ толщина изоляции составляет 7,0 мм для жил сечением 25–95 мм<sup>2</sup> и 6,0 мм для жил сечением 120–400 мм<sup>2</sup>. В кабелях на напряжение 35 кВ толщина изоляции составляет 9,0 мм. Толщина свинцовой оболочки в зависимости от сечения жилы находится в пределах 1,4–2,8 мм. Отдельно освинцованные жилы скручиваются с заполнением промежутков между ними пропитанной кабельной пряжей или стеклопряжей. Снаружи скрученные жилы с заполнением обматывают кабельной пряжей, а затем на них накладывают защитные покровы.

За рубежом получили также распространение так называемые Н-кабели (по первой букве немецкого изобретателя Хохштедтера). В Н-кабеле три изолированные и экранированные жилы скручиваются вместе и помещаются в общую свинцовую и гофрированную алюминиевую оболочку. Н-кабели имеют несколько меньшие габариты и, соответственно, при этом уменьшается расход материалов на их изготовление. Однако по сравнению с ними кабели с отдельно освинцованными жилами являются более гибкими и имеют лучшие условия для теплоотвода.

Для прокладки на вертикальных и крутонаклонных трассах с большим перепадом уровней высот (более 15–25 м), где существует опасность стекания пропиточного состава в нижнюю часть трассы, применяются кабели с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом (кабели марок ЦААБШв, ЦААБл, ЦСБ, ЦАОСБГ и др.). Нестекающий пропиточный состав имеет большую вязкость, что практически исключает его перемещение вдоль кабеля. Кабели с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом, выпускаются на напряжение 6, 10 и 35 кВ в одножильном и трехжильном исполнениях. Их конструкции принципиально не отличаются от конструкции обычных кабелей с вязкой пропиткой, но толщина изоляции этих кабелей несколько больше. Кроме того, для увеличения электрической прочности изоляции кабелей на напряжение 35 кВ делается градирующей по толщине.

## Область применения кабелей с бумажной изоляцией

Рекомендуемая область применения	При отсутствии растягивающих усилий (при прокладке в земле и воде), при отсутствии опасности механических повреждений (при прокладке на воздухе)	При наличии растягивающих усилий (при прокладке в земле и воде), при наличии опасности механических повреждений (при прокладке на воздухе)
В земле с низкой коррозионной активностью	ААШв, ААБл, ААБ2л, АСБ, СБ, ЦААБл, ЦААБ2л, ЦАСБ, ЦСБ	АСКл
В земле со средней коррозионной активностью	ААШв, ААБ2л, АСБ, АСБл, СБ, СБл, ЦААБ2л, ЦАСБ, ЦАСБл, ЦСБДСБл	АСКл
В земле с высокой коррозионной активностью	ААШв, ААБ2л, АСБл, АСБ2л, СБл, СБ2л, ЦААБ2л, ЦАСБл, ЦСБл	
В земле с высокой коррозионной активностью с наличием блуждающих токов	АСБ2л, СБ2л	
В воде	-	АСКл
прокладка в воздухе		
В сухих помещениях В сырых помещениях	ААГ, ААШв ААШв, АСШв	ААБлГ ААБлГ, АСБ2лГ
В пожароопасных помещениях	ААГ, ААШв, ААШнг	ААБлГ, ААБлнГ, АСБлГ, АСБлнШнг
Во взрывоопасных зонах	ААГ, ААШв, ААБлГ, АСГ, АСБГ, АСШв, СГ, СБГ	АСБГ, СБГ
На эстакадах	ААШв, ААБлГ	ААБлГ, АСБлГ, СБ2лГ
В блоках	АСГ, СГ	АСГ, СГ

Кабели с вязким пропиточным составом без применения стопорных муфт не допускают прокладку па трассах с разностью уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля более 15-25 метров, при этом большие значения относятся к низковольтным кабелям с алюминиевой оболочкой и к бронированным. Кабели с нестекающим пропиточным составом допускают прокладку без ограничения разности уровней.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе : проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

## Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

## Дополнительная литература

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Устройство кабелей с бумажной изоляцией.
2. Кабели с изоляцией из сплошного полиэтилена. Достоинства. Недостатки.
3. Какие условия прокладки кабелей в зонах с агрессивной среды?
4. Прокладка кабелей по склонам гор и возвышенности.
5. Способы соединения кабелей? Прокладка работ по «лечению» кабелей.

Лабораторная работа №6**Типы соединительных и концевых муфт**

Цель работы: ознакомиться со типами соединительных и концевых муфт

Содержание работы: 1) получить сведения о назначении кабельных муфт; 2) выбрать тип соединительной муфты в зависимости от вида кабеля и условий его прокладки на территории промышленного предприятия или за его пределами.

## *Краткие теоретические сведения*

Кабельная муфта – устройство, предназначенное для соединения, ответвления кабелей и присоединения их к электроаппаратам или воздушным линиям электропередачи. Под кабельной концевой заделкой понимают устройство, предназначенное для присоединения кабеля к электроаппаратам внутренней установки, имеющим специальный защитный корпус. Кабельная концевая муфта — это устройство, предназначенное для присоединения кабелей к электроаппаратам наружной или внутренней установки или воздушным линиям электропередачи. Соединительная кабельная муфта — устройство, предназначенное для соединения кабелей.

Для соединения или оконцевания кабелей прежде всего необходимо произвести разделку заводской изоляции на конце кабеля. Она заключается в последовательном удалении: наружного джутового покрова, брони, бумажной или волокнистой подушки под броней, общей поясной изоляции и изоляции каждой жилы. Такая разделка кабеля называется ступенчатой. Размеры разделки зависят от напряжения, марки, сечения жил кабеля и приводятся в справочниках.

При монтаже муфт и заделок у кабелей с бумажной изоляцией предварительно проверяют наличие в ней влаги. Для этого с конца кабеля обрывают отдельные бумажные ленты и опускают их в парафин, разогретый до 140–150 °С. Если бумажная изоляция увлажнена, наблюдается легкое потрескивание и выделение пены. Для кабелей на напряжение 6–10 кВ применяют преимущественно два типа соединительных муфт: эпоксидные и свинцовые.

Эпоксидные соединительные муфты устойчивы к агрессивной среде и могут выполнять функции стопорных муфт для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией. Для их изготовления используют эпоксидные компаунды с добавлением наполнителя и отвердителя. Последний вводят в смесь компаунда с наполнителем непосредственно перед заливкой муфты для ускорения процесса затвердевания.

В комплект эпоксидной муфты на напряжение 6–10 кВ для кабелей с бумажной изоляцией входят литой эпоксидный корпус муфты из двух полумуфт, банка с компаундом в смеси с наполнителем, пузырек с отвердителем и набор необходимых вспомогательных материалов. Эпоксидные муфты при установке в туннелях, каналах и других кабельных сооружениях следует защищать кожухом из стальной трубы диаметром не менее 150 мм с толщиной стенки не менее 5 мм и длиной 1250 мм. Внутри трубу обкладывают двумя слоями листового асбеста толщиной 4–5 мм. Торцы трубы закрывают крышками из асбоцемента толщиной 20 мм. Свинцовые соединительные муфты применяют для кабелей напряжением 6–10 кВ со свинцовой и алюминиевой оболочками. Такие муфты изготавливают из свинцовых труб диаметром 60–110 мм и длиной 450–650 мм в зависимости от сечения и напряжения кабелей.

Разделку концов производят так же, как и при монтаже эпоксидных соединительных муфт. Затем надевают на кабель свинцовую муфту, соединяя его жилы пайкой или другим способом; место пайки или сварки очищают и промывают (прошпаривают) кабельной массой МП-1, нагретой до 120–130 °С (для удаления влаги). После этого восстанавливают заводскую изоляцию жил кабеля подмоткой кабельной бумагой, пропитанной маслом.

Бумажную изоляцию жил кабеля в месте их соединения восстанавливают с помощью роликов и рулонов из кабельной бумаги, поставляемых кабельными заводами вместе с пряжей для подмотки, и бандажей в герметических банках, заполненных пропиточной массой МП-1. Данные комплекты пронумерованы в зависимости от количества и размеров бумажных рулонов и роликов. Заливку свинцовых муфт выполняют кабельными массами марок МБ-70 (в земле), МБ-90 и маслоканифольными массами марки МК-45 при напряжении 10–35 кВ. Перед заливкой кабельную массу нагревают и заливают в предварительно подогретую муфту. После охлаждения и усадки кабельной массы ее подливают до полного заполнения муфты, после чего заливочные отверстия запаивают. Свинцовые соединительные муфты, устанавливаемые внутри сооружений, заключают в защитные стальные кожухи аналогично эпоксидным муфтам. Свинцовые муфты в земле защищают от механических повреждений чугунными кожухами негерметического исполнения типа Кз4 или кожухами из стеклопластика.

### *Стопорно-соединительные муфты*

Для ограничения перепадов уровней кабелей с бумажной пропитанной изоляцией в качестве стопорных муфт могут использоваться эпоксидные соединительные муфты. Применяются также специальные стопорные (СТ) и стопорно-переходные (СТП) муфты. Стопорное устройство таких муфт состоит из точеных медных или алюминиевых стержней, изолированных многослойной конусной обмоткой из бакелизированной бумаги. Три отдельных стопора монтируют вместе в текстолитовую или гетинаксную перегородку, имеющую латунную обойму. Стопорное устройство размещают в середине латунной муфты, к стенкам которой припаивают латунную обойму стопорной перегородки (рис. 6.1).

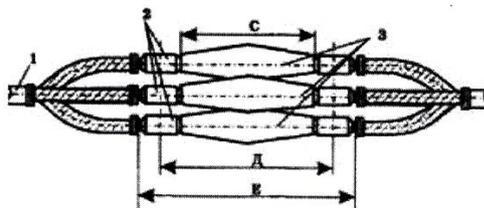


Рис. 6.1 Установка стопорного устройства при монтаже стопорных муфт: 1 – кабель; 2 – соединительная гильза; 3 – стопор

Жилы кабеля с помощью гильз соединяют пайкой со стержнем стопоров. Таким образом предотвращается стекание пропиточной массы по жилам кабелей.

Стопорную муфту заливают маслоканифольной массой марки МК-45. Для соединения кабелей напряжением до 1 кВ применяют чугунные муфты, а кабелей с пластмассовой изоляцией эпоксидные муфты.

*Концевые муфты наружной установки напряжением до 10 кВ*

Для оконцевания в наружных установках трехжильных кабелей с бумажной изоляцией и сечением жил до 240 мм на напряжение 6–10 кВ применяют концевые трехфазные муфты с алюминиевым (КНА), чугунным (КНЧ), или стальным (КНСт) корпусом.

Для кабелей на напряжение 6–10 кВ в основном применяют концевые муфты наружной установки типа КН, имеющие стальной корпус с фарфоровыми изоляторами, и концевые эпоксидные муфты типа КНЭ-10. В комплект последних входят: литой эпоксидный корпус муфты, литые эпоксидные изоляторы и необходимые для монтажа вспомогательные материалы.

Концевые заделки (рис. 6.2) предназначены для оконцевания кабелей внутри помещений, а также для наружных установок при условии полной защиты заделки от непосредственного воздействия атмосферных осадков, запыления и солнечных лучей. В настоящее время предпочтение отдается заделкам с применением термоусаживающихся полимерных материалов, эпоксидных компаундов и самосклеивающихся лент, а при их отсутствии – битумных воронок и др.

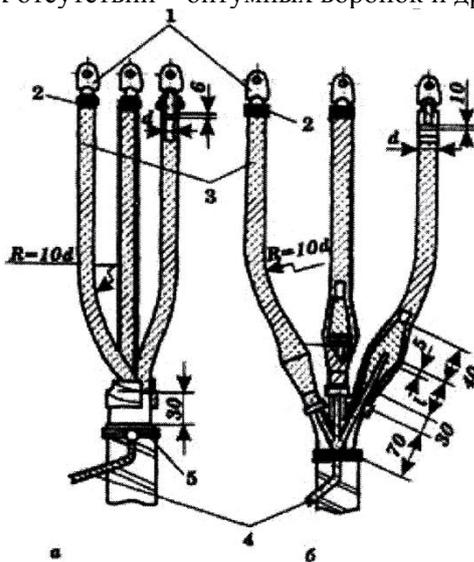


Рис. 6.2 Концевые эпоксидные заделки кабелей типов КВЭз (а) и ПКВ на напряжение 10 кВ (б): 1 – наконечник; 2 – подмотка из хлопчатобумажной ленты с промазкой эпоксидным компаундом; 3 – подмотка липкой лентой ПВХ; 4 – провод заземления; 5 – подмотка с экраном.

*Монтаж термоусаживаемых соединительных и концевых муфт*

В настоящее время на рынке России и Беларуси ряд производителей предлагают кабельную арматуру на основе термоусаживаемых материалов: «Райэнерго» (дочернее предприятие фирмы «Райхем»), фирма «Термофит» в г. Санкт-Петербурге, ОАО «Михневский завод электроизделий», АОЗТ «Подольский завод электромонтажных изделий» (АОЗТ ПЗЭМИ). Все виды муфт технологичные, экологически чистые, не требуют дополнительных затрат на варку массы и пропитку рулонов. На монтаж одной муфты из термоусаживаемых материалов бригадой из двух электромонтеров затрачивается времени более чем в 2 раза меньше, чем на монтаж муфты типа СС. Более чем в 2 раза сокращается расход газа при монтаже.

*Муфты фирмы «Райхем».*

Основой термоусаживаемой соединительной и концевой арматуры фирмы «Райхем» являются вулканизируемые полимеры, обладающие рядом уникальных свойств. Наряду с высокими изоляционными параметрами и герметичностью муфты фирмы «Райхем» обладают особой механической прочностью, стойкостью к воздействию окружающей среды и т. д.

Широкий диапазон термоусаживаемости отдельных частей позволяет использовать один типоразмер муфт для нескольких видов кабелей с пропитанной бумажной изоляцией (сечением жил 70–120 и 150–240 мм<sup>2</sup>), что значительно сокращает количество запасного материала.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе : проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

#### Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

#### Дополнительная литература

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие соединительные муфты на КЛ имеют место?
2. Стопорные муфты и область их использования?
3. С какой целью кабель в траншеях укладывается «змейкой»?
4. Способы устранения повреждений кабелей при осмотрах? Сроки осмотров.
5. Меры ТБ при осмотре трассы КЛ?

### **Лабораторная работа №7**

#### **Прокладка кабелей в различных условиях**

Цель работы: ознакомиться с прокладкой кабелей в различных условиях

#### Содержание работы:

##### *Краткие теоретические сведения*

Промышленное предприятие (цех), город (микрорайон), поселок, не имеющие своей электростанции, требуется присоединить к сетям энергосистемы с последующим распределением электроэнергии. Электрическая линия, выходящая за пределы электростанции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии называется линией электропередач. Электрические сети могут быть выполнены воздушными и кабельными линиями, шинпроводами и токопроводами.

Кабельная линия электропередачи (КЛ) - линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями. Как правило, кабельные линии прокладывают в местах, где затруднено строительство воздушных линий (ВЛ) - в городах, поселках, на территории промышленных предприятий. Они имеют определенные преимущества перед ВЛ - закрытая прокладка, обеспечивающая защиту от атмосферных воздействий (ветер, гроза, обледенение), КЛ имеют большую надежность и безопасность в эксплуатации. Поэтому, несмотря на их большую стоимость и трудоемкость сооружения, кабельные линии широко применяют в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения.

##### *Устройство и монтаж кабельных линий*

Кабели прокладывают в кабельных сооружениях, траншеях, блоках, на опорных конструкциях, в лотках (в помещениях, туннелях). Монтаж кабельных линий выполняют в соответствии с проектно-технической документацией, в которой указаны трасса линии и ее геодезические отметки, позволяющие судить о разности уровней отдельных участков трассы.

Линии электропередачи 6...10 кВ и выше выполняют специальным силовым кабелем. Конструкции силовых кабелей зависят от класса напряжения. Наиболее распространены трех- и четырехжильные силовые кабели с бумажной изоляцией. Для напряжения 10 кВ их выполняют с поясной изоляцией в общей свинцовой оболочке для всех жил, а для напряжений 20 и 35 кВ - с отдельно освинцованными жилами. Жилы кабеля состоят из большого числа обычно медных проводников малого сечения. Кабели напряжением до 6 кВ и сечением до 16 мм<sup>2</sup> изготавливают с круглыми жилами, напряжением выше 6 кВ и сечением более 16 мм<sup>2</sup> - с секторными жилами (в поперечном разрезе жила имеет форму сектора окружности).

На рис.7. 1 показан трехжильный кабель с секторными жилами на напряжение 10 кВ. Каждая жила изолирована от другой специальной кабельной бумагой 2, пропитанной специальной массой, в состав которой входят масло и канифоль. Все жилы от земли изолированы поясной изоляцией 4

также из пропитанной бумаги. Для обеспечения герметичности кабеля на поясную изоляцию накладывают свинцовую оболочку без швов. От механических повреждений кабель защищен броней 8 из стальной ленты, а от химических воздействий - асфальтированным джутом.

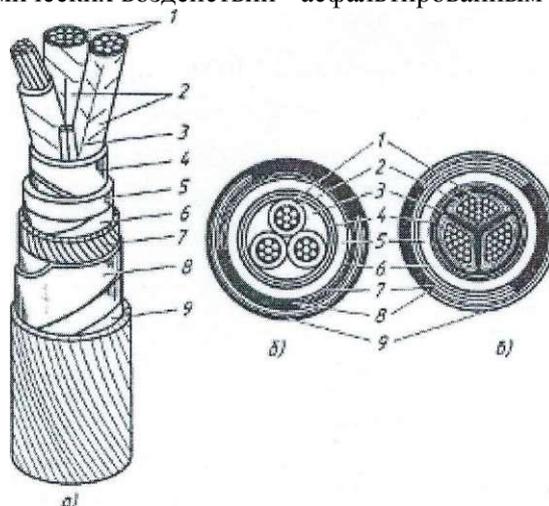


Рис. 7. 1. Трехжильный кабель с поясной изоляцией из пропитанной бумаги (а) и его разрезы (б - с круглыми жилами; в - с секторными жилами): 1 - жилы; 2 - изоляция жил; 3 - наполнитель; 4 - поясная изоляция; 5 - защитная оболочка; 6 - бумага, пропитанная компаундом; 7 - защитный покров из пропитанной кабельной пряжи; 8 - ленточная броня; 9 - пропитанная кабельная пряжа.

В последнее время выпускают кабели, у которых свинцовое покрытие заменено алюминиевым либо пластмассовым (сопрен, винилит). Конструктивное обозначение силовых кабелей состоит из нескольких букв: если первая буква А - жилы кабеля алюминиевые, если таковой нет - жилы из меди; вторая буква обозначает материал изоляции жил (Р - резина, В-поливинилхлорид, П - полиэтилен, для кабелей с бумажной изоляцией буква не ставится); третья буква обозначает материал оболочки (С - свинец, А- алюминий, Н и НР - негорючая резина-найрит, В и ВР - поливинилхлорид, СТ - гофрированная сталь); четвертая буква обозначает защитное покрытие (А - асфальтированный кабель, Б - бронированный лентами, Г - голый (без джутовой оплетки), К - бронированный круглой стальной оцинкованной проволокой, П - бронированный плоской стальной оцинкованной проволокой). Буква Н в конце обозначения говорит о том, что защитный покров негорючий, Т - указывает на возможность прокладки кабеля в трубах, Шв или Шп означают, что оболочка кабеля заключена в полнвинилхлоридный или полиэтиленовый шланг. Буква Ц в начале названия говорит о том, что бумажная изоляция пропитана массой на основе церезина.

*К монтажу кабельных линий применяется ряд требований.*

Кабели с пропитанной бумажной и поливинилхлоридной изоляцией можно прокладывать только при температуре окружающего воздуха выше 0°C, если температура в течение суток до начала прокладки падала ниже кабели перед прокладкой прогревают в отопляемом помещении или электрическим током, пропускаемым по жилам, закороченным с одной стороны, при этом обязательно контролируют температуру нагрева. Значения силы тока и напряжения, время прогрева и срок прокладки нагретого кабеля в траншее строго регламентированы.

Кабели раскатывают вдоль трассы с помощью движущегося транспорта (с барабана, расположенного на земле) или ручным способом. Монтаж кабелей в траншеях - наиболее распространенный и легко выполняемый способ их прокладки. Глубина траншей должна быть не менее 700 мм, а ширина - такой, чтобы расстояние между несколькими параллельно проложенными в ней кабелями напряжением до 10 кВ было не менее 100 мм, от стенки траншеи до ближайшего крайнего кабеля - не менее 50 мм. Глубину заложения кабеля можно уменьшить до 0,5 м на участках длиной до 0,5 м при вводе в здание, а также в местах пересечения кабеля с подземными сооружениями при условии защиты его асбоцементными трубами.

Для предохранения от механических повреждений кабели напряжением 6... 10 кВ поверх присыпки защищают красным кирпичом или железобетонными плитами; кабели напряжением 20...35 кВ - плитами; кабели напряжением до 1 кВ - кирпичами и плитами только в местах частых раскопок (их укладывают сплошь по длине траншеи с напуском над крайними кабелями не менее 50 мм).

В местах будущего расположения кабельных соединений траншеи расширяют, образуя котлованы или колодцы для соединительных муфт. На кабельной линии длиной 1 км допускается установка не более шести муфт. Котлован для единичной кабельной муфты напряжением до 10 кВ выполняется шириной 1,5 м и длиной 2,5 м, а для каждой монтируемой параллельно с первой муфты его ширину увеличивают на 350 мм. Соединения в кабельной муфте должны быть герметичными,

влагостойкими, обладать механической и электрической прочностью, а также противокоррозионной устойчивостью.

Прокладка кабелей в блоках применяется для их защиты от механических повреждений. Блок представляет собой подземное сооружение, выполненное из нескольких труб (асбоцементных, керамических и др.) или железобетонных панелей с относящимися к ним колодцами. При монтаже кабелей в бетонных блоках или блоках из асбоцементных труб повышается надежность их защиты, однако усложняется прокладка, значительно увеличивается стоимость линии и возникают дополнительные затраты на эксплуатацию кабельных колодцев. Кроме того, допустимые токовые нагрузки кабелей, находящихся в блоках, меньше, чем у кабелей, проложенных открыто или в земле, из-за худших условий охлаждения. Кабели часто прокладывают в небольших железобетонных каналах, закрытых сверху плитами. При большом количестве параллельно идущих кабелей строят туннели, проходные каналы или прокладывают блоки из труб. Прокладка силовых кабелей в кабельных блоках выполняется редко.

Прокладка кабелей на опорных конструкциях и в лотках выполняется в цехах производственных предприятий, по стенам зданий, в туннелях. Опорные кабельные конструкции изготавливают из листовой стали в виде стоек с полками, стоек со скобой, настенных полок. Специальные перфорированные и сварные лотки используют для прокладки проводов и небронированных кабелей по кирпичным и бетонным стенам на высоте не менее 2 м. Их обязательно заземляют не менее чем в двух местах и электрически соединяют между собой. Допускается совместная прокладка силовых кабелей, осветительных и контрольных цепей при условии разделения каждой из них стальными разделителями. Для кабельных муфт устраивают специальные лотки. Кабели должны быть жестко закреплены на прямых участках трассы через каждые 0,5 м при вертикальном расположении лотков и через каждые 3 м при их горизонтальном расположении, а также на углах и в местах соединений.

Для соединения кабелей при монтаже выполняют разделку их концов и соединение жил. Разделка конца кабеля состоит из последовательных операций ступенчатого удаления защитных и изоляционных частей и является частью монтажа муфт. Размеры разделки, зависящие от конструкции муфты, напряжения кабеля и сечения его жил. Соединение и ответвление токоведущих жил кабеля выполняют с помощью специальных инструментов, различных приспособлений и принадлежностей с соблюдением технологии, обеспечивающей надежный электрический контакт и необходимую механическую прочность. При выборе способа соединения учитывают материал и сечение соединяемых жил, конструктивные особенности муфт.

Пайку применяют для соединения жил кабелей классов напряжения 1,6 и 10 кВ. Пайку производят либо мощным, хорошо разогретым паяльником, либо путем помещения концов жил в специальные ванночки с расплавленным припоем. Для пайки кабелей используют обычно полужесткие и жесткие припои. Опрессовку применяют в основном для соединения алюминиевых жил кабелей до 1 кВ и выполняют с помощью гильз и опрессовочных механизмов - клещей и прессов. В гильзу с двух сторон помещают соединяемые жилы кабелей и гильзу сжимают. Под действием создаваемого прессующим механизмом давления металл гильз и жил спрессовывается, образуя монолитное соединение. Газовая и электрическая сварка служит для соединения алюминиевых жил кабеля сечением 16...240 мм<sup>2</sup>.

Термитная сварка - один из наиболее совершенных способов соединения алюминиевых жил кабелей, который выполняется с помощью специальных патронов типа А. Провода в патроне устанавливаются встык и его поджигают специальной спичкой. Внутри патрона находится термитный состав, при горении которого температура достигает нескольких тысяч градусов.

Кабели перед введением в эксплуатацию должны быть заземлены. В чугунных соединительных муфтах заземление выполняют двумя отрезками гибкого медного провода, соответствующего жилам кабеля сечения. Оболочку и броню кабелей соединяют таким же проводом, присоединяя его к контактной площадке муфты. В свинцовых муфтах заземление выполняют одним куском гибкого медного провода, присоединяемого пайкой и проволочными бандажами к оболочкам и броне обоих кабелей, а также к корпусу муфт. В эпоксидных муфтах технология присоединения провода заземления между оболочками и броней кабелей и разъёмными корпусами муфт зависит от конструкции последних, особенностей их монтажа и заливки компаундом.

Для соединения участков кабельной линии применяют кабельные муфты. Кабельные муфты разделяют по напряжению (до 1, 6, 10, 35 кВ), назначению (соединительная, ответвительная, концевая), габаритным размерам (нормальная, малогабаритная), материалу (чугунная, свинцовая, эпоксидная), форме (У-образная, Т-образная, Х-образная), месту установки (внутренняя, наружная), числу фаз (концевая трехфазная или четырехфазная). Для оконцевания кабелей вне помещений применяют концевые кабельные муфты, а внутри помещений - концевые заделки.

В качестве концевых муфт для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией используют мачтовые муфты КМ с заливкой кабельной массы или эпоксидные КНЭ, при напряжении

20.. 35 кВ - однофазные КНО или КНЭО, а для кабелей с пластмассовой изоляцией - КНЭ или ПКНЭ. Концевые заделки бывают в стальных воронках (тип КВБ), в воронках из эпоксидного компаунда (КВЭ), из поливинилхлоридных лент (КВВ), в резиновых перчатках (КВР). Для оконцевания токопроводящих жил кабелей применяют наконечники, присоединяемые опрессовкой, сваркой или пайкой. Наиболее надежным и распространенным способом оконцевания жил является опрессовка. Аллюминиевые жилы сечением 16...240 мм<sup>2</sup> оконцовывают опрессовкой трубчатыми наконечниками ТА или ТАМ, а медные жилы сечением 4...240 мм<sup>2</sup> - наконечником Т. Опрессовку выполняют местным вдавливанием трубчатой части наконечника с помощью специальных опрессовочных механизмов. При сварке применяют литые наконечники ЛА, а при пайке - медные наконечники серии П. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками; на бирках кабелей в начале и конце линии должны быть указаны марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии; на бирках соединительных муфт - номер муфты, дата монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды. Они должны быть расположены по длине линии через каждые 50 м на открыто проложенных кабелях, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через огнестойкие перегородки и перекрытия (с обеих сторон).

#### *Эксплуатация и ремонт кабельных линий*

Эксплуатацию электроустановок вообще и кабельных линий, в частности, осуществляют на базе системы планово-предупредительного обслуживания и ремонта (ППТОР). Эта система позволяет поддерживать нормальные технические параметры электроустановок, предотвращать (частично) случаи отказов, снижать расходы на ремонт. При эксплуатации кабельных линий должны быть организованы осмотры, текущее обслуживание, различные виды ремонтов и испытания.

Осмотры КЛ напряжением до 35 кВ должны проводиться в следующие сроки:

- трасс кабелей, проложенных в земле, - не реже 1 раза в 3 месяца;
- трасс кабелей, проложенных на эстакадах, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий, - не реже 1 раза в 6 месяцев;
- кабельных колодцев - не реже 1 раза в 2 года. Осмотры КЛ напряжением 110-220 кВ должны проводиться:
- трасс кабелей, проложенных в земле, - не реже 1 раза в месяц;
- трасс кабелей, проложенных в коллекторах и туннелях, - не реже 1 раза в 3 месяца

Для КЛ, проложенных открыт©, осмотр кабельных муфт напряжением выше 1000 В должен производиться при каждом осмотре электрооборудования. Периодически, но не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должен проводить административно-технический персонал. В период паводков, после ливней и при отключении КЛ релейной защитой должны проводиться внеочередные осмотры. Сведения об обнаруженных при осмотрах неисправностях должны заноситься в журнал дефектов и неполадок. Неисправности должны устраняться в кратчайшие сроки.

Туннели, коллекторы, каналы и другие кабельные сооружения должны содержаться в чистоте; металлическая неоцинкованная броня кабелей, проложенных в кабельных сооружениях, и металлические конструкции с неметаллизированным покрытием, по которым проложены кабели, должны периодически покрываться негорючими антикоррозионными составами. В кабельных сооружениях и других помещениях должен быть организован систематический контроль за тепловым режимом работы кабелей, температурой воздуха и работой вентиляционных устройств. Температура воздуха внутри кабельных туннелей, каналов и шахт в летнее время должна быть не более чем на 10°С выше температуры наружного воздуха. Хранение в кабельных сооружениях каких-либо материалов не допускается. Кабельные сооружения, в которые попадает вода, должны быть оборудованы средствами для отвода почвенных и ливневых вод.

Текущим ремонтом предусматривает проведение следующих работ: частичное вскрытие кабельных каналов; чистка их и замена конструкций крепления кабелей; исправление раскладки, рихтовка кабелей, устранение коррозии оболочек; ремонт кабельных каналов и траншей; замена отдельных плит перекрытия, устранение завалов, доливка кабельной мастики в кабельные муфты и воронки; окраска сухих разделок; переразделка дефектных муфт и воронок; определение целостности жил и проверка правильности фазировки. Капитальным ремонтом подразумевается: выборочное шурфление и вскрытие кабельных траншей, полное вскрытие кабельных каналов, частичная или полная замена участков кабельных линий; устройство дополнительной механической защиты в местах возможных повреждений кабелей; окраска кабельных конструкций; определение целостности жил и проверка правильности фазировки. КЛ должны периодически подвергаться профилактическим испытаниям повышенным напряжением постоянного тока. Необходимость внеочередных испытаний КЛ, например, после ремонтных работ или раскопок, связанных со вскрытием трасс, а также после автоматического отключения КЛ, определяется руководством Потребителя, в ведении которого находится кабельная линия.

Все работы по техническому обслуживанию электроустановок, проведению в них переключений, выполнению строительных, монтажных, наладочных, ремонтных работ, испытаний и измерений должны проводиться в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, а так же в соответствии с целым рядом других Правил и инструкций. Перед началом проведения работ должен быть выполнен комплекс организационных и технических мероприятий.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются: оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы. При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия: произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов; на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты; проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током; наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления); вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты. При производстве работ на кабельных линиях необходимо соблюдать целый ряд специфических требований. Вот некоторые основные из них.

Применение землеройных машин, отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелем допускается производить на глубину, при которой до кабеля остается слой грунта не менее 30 см. Остальной слой грунта должен удаляться вручную лопатами. Перед началом раскопок кабельной линии должно быть произведено контрольное вскрытие линии. В зимнее время к выемке грунта лопатами можно приступать только после его отогревания. При этом приближение источника тепла к кабелям допускается не ближе чем на 15 см. При рытье траншей в слабом или влажном грунте, когда есть угроза обвала, их стены должны быть надежно укреплены. В сыпучих грунтах работы можно вести без крепления стен, но с устройством откосов, соответствующих углу естественного откоса грунта. Грунт, извлеченный из котлована или траншеи, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки. Разработка и крепление грунта в выемках глубиной более 2 м должны производиться по плану производства работ.

В грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод и при отсутствии расположенных поблизости подземных сооружений рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления разрешается на глубину не более: 1 м - в насыпных, песчаных и крупнообломочных грунтах; 1,25 м - в супесях; 1,5 м - в суглинках и глинах. В плотных связанных грунтах траншеи с вертикальными стенками рыть роторными и траншейными экскаваторами без установки креплений допускается на глубину не более 3 м. В этих случаях спуск работников в траншеи не допускается. В местах траншеи, где необходимо пребывание работников, должны быть устроены крепления или выполнены откосы. На рабочем месте подлежащий ремонту кабель следует определить: при прокладке в туннеле, коллекторе, канале - прослеживанием, сверкой раскладки с чертежами и схемами, проверкой по биркам; при прокладке кабелей в земле - сверкой их расположения с чертежами прокладки.

Для этой цели должна быть предварительно прорыта контрольная траншея (шурф) поперек кабелей, позволяющая видеть все кабели. Во всех случаях, когда отсутствует видимое повреждение кабеля, следует применять кабелеискательный аппарат. Перед разрезанием кабеля или вскрытием соединительной муфты необходимо проверить отсутствие напряжения с помощью специального приспособления, состоящего из изолирующей штанги и стальной иглы или режущего наконечника.

В туннелях, коллекторах, колодцах, траншеях, где проложено несколько кабелей, и других кабельных сооружениях приспособление должно быть с дистанционным управлением. Приспособление должно обеспечить прокол или разрезание оболочки до жил с замыканием их между собой и заземлением.

Кабель у места прокалывания предварительно должен быть закрыт экраном. При проколе кабеля следует пользоваться спецодеждой, диэлектрическими перчатками и средствами защиты лица и глаз, при этом необходимо стоять на изолирующем основании сверху траншеи на максимальном расстоянии от прокалываемого кабеля. Прокол кабеля должны выполнять два работника: допускающий и производитель работ или производитель и ответственный руководитель работ; один из них непосредственно прокалывает кабель, а второй - наблюдает. Если в результате повреждений кабеля открыты все токоведущие жилы, отсутствие напряжения можно проверять непосредственно

указателем напряжения без прокола кабеля. Для заземления прокалывающего приспособления могут быть использованы заземлитель, погруженный в почву на глубину не менее 0,5 м, или броня кабеля. Присоединять заземляющий проводник к броне следует посредством хомутов; броня под хомутом должна быть зачищена. В тех случаях, когда броня подверглась коррозии, допускается присоединение заземляющего проводника к металлической оболочке кабеля. На кабельных линиях электростанций и подстанций, где длина и способ прокладки кабелей позволяют, пользуясь чертежами, бирками, кабелеискательным аппаратом, точно определить подлежащий ремонту кабель, допускается, по усмотрению выдающего наряд, не прокалывать кабель перед его разрезанием или вскрытием муфты.

Вскрывать соединительные муфты и разрезать кабель в тех случаях, когда предварительный прокол не делается, следует заземленным инструментом, надев диэлектрические перчатки, используя средства защиты лица и глаз, стоя на изолирующем основании. При пережатке барабана с кабелем необходимо принять меры против захвата его выступами частей одежды. Не допускается при прокладке кабеля стоять внутри углов поворота, а также поддерживать кабель вручную на поворотах трассы. Для этой цели должны быть установлены угловые ролики. Перекалывать кабель и переносить муфты следует после отключения кабеля.

Перекалывать кабель, находящийся под напряжением, допускается при условиях: перекалываемый кабель должен иметь температуру не ниже 5°C; муфты на перекалываемом участке кабеля должны быть укреплены хомутами на досках; для работы должны использоваться диэлектрические перчатки, поверх которых для защиты от механических повреждений должны быть надеты брезентовые рукавицы; работа должна выполняться работниками, имеющими опыт прокладки, под надзором ответственного руководителя работ, имеющего группу V, в электроустановках напряжением выше 1000 В и производителя работ, имеющего группу IV, в электроустановках напряжением до 1000 В.

Работу в подземных кабельных сооружениях, а также осмотр со спуском в них, должны выполнять по наряду не менее 3 работников, из которых двое - страхующие. Между работниками, выполняющими работу, и страхующими должна быть установлена связь. Для освещения рабочих мест в колодцах и туннелях должны применяться светильники напряжением 12 В или аккумуляторные фонари во взрывозащищенном исполнении. Трансформатор для светильников напряжением 12 В должен располагаться вне колодца или туннеля.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе : проработать материал лекций и рекомендованную литературу.

#### Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

#### Дополнительная литература

[4,5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Прокладка кабеля на территории промпредприятий.
2. Особенности прокладки КЛ на территории жилого массива.
3. Прокладка кабеля через водные преграды.
4. Состав бригады осмотрщиков КЛ? чем он лимитируется?
5. Какие требования должны выполняться по содержанию трассы КЛ?

#### Практическое занятие №1

#### **Составление технологических карт монтажа при строительстве ВЛ: на разбивку трассы**

Цель задания: получить представление о разбивке трассы как основной операции при выполнении работ по выполнению комплекса работ на сооружении воздушных линий.

Задания для самостоятельной работы: выбирать место расположения опор воздушных линий. Определить: какие необходимы инструменты для разбивки трассы; какое оборудование должно быть при разбивке трассы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

1. СНиП III-4-80
2. ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как осуществляется разбивка котлованов под опоры воздушных линий?
2. Какие расстояния выдерживаются при рубки леса вдоль трассы воздушных линий?
3. Размер пеньков по трассе воздушных линий?

### Практическое занятие №2

#### **Составление технологических карт монтажа по строительству ВЛ: на рубку леса и очистку трассы**

Цель работы: получить представление по объему работ при подготовке трассы воздушных линий в районах с лесными массивами.

Задания для самостоятельной работы: ширина зоны рубки леса; как выполняется подготовка трассы воздушных линий до 1000В в парковой зоне. Определить: какая техника используется при подготовке трассы воздушных линий; как обустраивается проезд техники вдоль трассы воздушных линий.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

3. СНиП III-4-80
4. ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Куда удаляются продукты лесопиления из зоны строительства воздушных линий?
2. Какие дополнительные работы возникают при строительстве воздушных линий в лесной зоне?

### Практическое занятие №3

#### **Составление технологических карт монтажа по строительству ВЛ: на подготовку подъездных путей**

Цель работы: получить представление по работам по сооружению подъездных путей вдоль трассы воздушных линий.

Задания для самостоятельной работы: подъездные пути вдоль трассы воздушных линий при различных условиях вдоль трассы: лесная зона, болотистая зона в лесу, болото, трасса в горах; как учитывается специфика местности и время года при сооружении подъездных путей

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

- 1.СНиП III-4-80
- 2.ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как используются подъездные пути при строительстве воздушных линий зимой и летом?
2. Как перевозятся грузы по трассе воздушных линий?  
Как организуются работы при строительстве воздушных линий на участках трассы в болотистой местности?

#### **Практическое занятие №4**

##### **Составление технологических карт монтажа по строительству ВЛ: вязка деревянных опор**

Цель работы: ознакомиться с технологией вязки опор воздушных линий из древесины.

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с порядком заготовки древесины для опор воздушных линий, сроки заготовки; защита древесины от гниения и возгорания в процессе эксплуатации; вязка опор ЛЭП; централизованная установка опор на полигонах и де централизованная установка опор в лесах; достоинства и недостатки методов формирования опор ВЛ 6-10кВ; вязка опор из древесины ВЛ35кВ, 110кВ, 220 кВ; установка опор воздушных линий из древесины ЛЭП до 1000В и выше.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

- 1.СНиП III-4-80
- 2.ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Как защищается древесина опор воздушных линий гниения?
2. Защита опор воздушных линий от поражения молнией?
3. Какие меры защиты ЛЭП с опорами из древесины от пожара?

#### **Практическое занятие №5**

##### **Составление технологических карт монтажа по строительству воздушных линий: подготовка котлованов под фундамент**

Цель работы: познакомиться с работой по подготовке котлованов под фундаменты опор на линиях разных типов и уровней напряжения.

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с типами фундаментов под опоры разных типов, как производится разбивка котлованов под фундаменты опор в грунтах нормального типа (суглинок, глина, супесь, чернозем); найти информацию по способам

крепления опор в грунтах различных категорий; фундамент опор ЛЭП в горах, болотах и др. аномальных условиях.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

1.СНиП III-4-80

2.ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что представляет фундамент опоры на болоте?
2. Фундаменты опор на склонах гор.
3. Фундаменты опор в районах вечной мерзлоты.
4. Как выполняется заземление опор?

### **Практическое занятие №6**

#### **Выбор способа определения места повреждения кабельных линий**

Цель работы: познакомиться со способами обнаружения повреждений кабельных линий.

Задание: познакомиться с методом петли; методом накладной рамки; методом колебательного разряда; емкостным методом, импульсным методом, индукционным методом, акустическим методом.

Порядок выполнения: найти наиболее подходящий метод обнаружения повреждения в заданных условиях. Обосновать выбор метода. Произвести необходимые измерения и определить место повреждения кабельных линий.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

1.СНиП III-4-80

2.ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Порядок определения места повреждения кабеля акустическим методом при соединении в повреждении 2 и 3 фаз?
2. Поиск трассы кабеля?
3. Организация работы на поврежденном кабеле?

### **Практическое занятие №7**

#### **Составление технологических карт монтажа по строительству воздушных линий: на соединение и оконцевание кабелей разных типов**

Цель работы: получить представление о соединении и окольцевании кабелей при монтаже и ремонте КЛ.

Задание: ознакомиться с конструкциями кабелей, их прокладкой, окольцеванием. Выяснить вероятностные причины повреждения кабелей в процессе монтажа, эксплуатации. Выбрать способ обнаружения места повреждения кабельных линий. Организовать вскрытие кабельной трассы. Организовать ремонт поврежденного кабеля с соблюдением ТБ.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

1. СНиП III-4-80
2. ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назначение и типы кабельных муфт.
2. Какие кабельные муфты применяются при прокладке кабелей между этажами сооружений?
3. ТБ при вскрытии поврежденного кабеля и начале работы на поврежденном кабеле.

### **Практическое занятие №8**

#### **Осмотр трассы кабельных линий**

Цель работы: ознакомиться с порядком осмотра кабельных линий при плановых и внеплановых работах.

Задание: плановые осмотры КЛ, погодные условия для осмотров. Причины внеплановых осмотров. Работы в кабельных колодцах, состав бригады, порядок осмотров. Осмотры концевых разделок кабелей. Осмотры КЛ через водные преграды.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практической работе: проработать лекционный материал и рекомендованной литературой, согласно теме практических занятий.

Рекомендуемые источники:

1. СНиП III-4-80
2. ПУЭ

Основная литература

[1,2,3] по разделу 7.

Дополнительная литература

[5,6,7,8,9,10] по разделу 7.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Минимальный состав бригады?
2. Как устранить нарушение прокладки кабеля в местах размыва трассы КЛ?
3. Какие возможны нарушения в зоне КЛ через водную преграду?
4. Какие нарушения возможны на выходе кабельной линии на воздушную?

### **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
- OpenOffice;
- LibreOffice;
- Adobe Reader;

- doPDF;
- 7-Zip.

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ  
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия (ЛР, ПЗ, СР)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Лк	Лекционная аудитория (1217)	Меловая доска	
ЛР	Лаборатория электрических аппаратов (1105)	Лабораторный Стенд по трансформаторам тока –1;	1÷7
ПЗ		Лабораторный Стенд по трансформаторам напряжения–1; Универсальный комплекс по исследованию электрических аппаратов до 1кВ в составе двух моделей (ЭА-2-СР и ЭА-1-СР); Высоковольтная ячейка КРУ-10 кВ –1 (К-IV); Высоковольтный выключатель ВМП-10– 1; Высоковольтный выключатель ВВ/TEL – 1; Высоковольтный выключатель ВМБ-10 – 1.	1÷8
СР	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ Компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	1. Организация электромонтажных работ. Основная документация.	1.1. Организация электромонтажных работ.	Экзаменационные вопросы 1.1. ÷ 1.4
			1.2. Структура электромонтажного предприятия	
			1.3. Задачи отдельных подразделений	
			1.4. Основная документация к выполнению ЭМР	
		2. Монтаж воздушных линий	2.1. Выбор трассы ВЛ. Пикетная разбивка трассы	Экзаменационные вопросы 2.1. ÷ 2.28.
			2.2. Строительные работы. Земляные работы. Фундаменты опор. Типы опор.	
			2.3. Провода воздушных линий. Напряжение ВЛ.	
		3. Монтаж кабельных линий электропередачи	3.1. Выбор трассы КЛ. Подготовительные работы на трассе. Способы прокладки кабели.	Экзаменационные вопросы 3.1. ÷ 3.11.
			3.2. Соединение и оконцевание кабелей. Кабельные муфты. Соединение кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.	
		4. Эксплуатация воздушных и кабельных линий	4.1. Сдача воздушных линий в эксплуатацию.	Экзаменационные вопросы 4.1. ÷ 4.5.
			4.2. Эксплуатация кабельных линий в условиях Восточной Сибири.	

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.		Готовность обеспечивать требуемые	1.1. Основные положения и директивные документы по выполнению электромонтажных работ. 1.2. Структура монтажной организации, функции подразделений (МУ и прорабских участков). 1.3. Капитальное строительство. Организация и подготовка электромонтажных работ. 1.4. Выполнение монтажных работ. Как оценивается степень готовности объекта к выполнению ЭМР.	1. Организация электромонтажных работ. Основная документация.
			2.1. Классификация ЛЭП по номинальным напряжениям. 2.2. Общие сведения о проводах и трассах воздушных линий.	2. Монтаж воздушных линий

	ПК-7	режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	<p><b>2.3.</b> Новые провода и трассы воздушных линий с уровнем напряжения до 1 кВ и выше 1 кВ.</p> <p><b>2.4.</b> Схемы расположения проводов и тросов на опорах ВЛ.</p> <p><b>2.5.</b> Рекомендуемые схемы расположения проводов на участках ЛЭП в сложных климатических условиях.</p> <p><b>2.6.</b> Деревянные опоры. Уровни напряжения ВЛ на деревянных опорах.</p> <p><b>2.7.</b> Технология изготовления и монтажа опор из древесины. Эксплуатация деревянных опор. «Слабые» места деревянных опор.</p> <p><b>2.8.</b> Технология изготовления и монтажа металлических опор ЛЭП. Типы опор ЛЭП разных классов на металлических опорах. Достоинства и недостатки металлических опор.</p> <p><b>2.9.</b> Железобетонные опоры ЛЭП. Технология изготовления железобетонных опор в России и зарубежная практика. Достоинства и недостатки железобетонных опор. Восстановление железобетонных опор в процессе эксплуатации.</p> <p><b>2.10.</b> Монтаж проводов ВЛ поточным методом.</p> <p><b>2.11.</b> Ремонт проводов и тросов во время монтажа и в процессе эксплуатации ВЛ.</p> <p><b>2.12.</b> Соединение проводов в пролетах и шлейфах при монтаже ВЛ. Термитная сварка.</p> <p><b>2.13.</b> Технология соединения алюминиевых и сталеалюминиевых проводов ВЛ.</p> <p><b>2.14.</b> Типы изоляторов ВЛ разных классов. Формирование гирлянд изоляторов для ВЛ разных классов.</p> <p><b>2.15.</b> Достоинства и недостатки материалов изоляторов ВЛ. Использование современных изоляционных материалов для опорных и подвесных изоляторов.</p> <p><b>2.16.</b> Основные виды линейной арматуры ВЛ. Поддерживающие и натяжные зажимы. Соединительная арматура.</p> <p><b>2.17.</b> Монтаж штыревых и подвесных изоляторов.</p> <p><b>2.18.</b> Изоляторы и арматуры проводов из сшитого полиэтилена.</p> <p><b>2.19.</b> Осмотры воздушных ЛЭП. На что обращается внимание?</p> <p><b>2.20.</b> Измерение напряжения на изоляторах гирлянды.</p> <p><b>2.21.</b> Общие сведения о защите ВЛ от перенапряжений.</p> <p><b>2.22.</b> Защита ВЛ трубчатыми разрядниками. Устройство. Эксплуатация.</p> <p><b>2.23.</b> Наведенные и индуктивные напряжения на смежных линиях.</p> <p><b>2.24.</b> Ремонтные работы на ВЛ в зоне действующих ЛЭП.</p> <p><b>2.25.</b> Технология определения габаритов подвески проводов ВЛ.</p> <p><b>2.26.</b> Образование гололеда на проводах ВЛ и его плавка.</p> <p><b>2.27.</b> Электрические схемы плавки гололеда.</p> <p><b>2.28.</b> Схлестывание проводов и тросов в</p>	
--	------	--	---	--

		<p>пролетах. Работы на ВЛ.</p> <p><b>3.1.</b> Кабельные линии. Их преимущества и недостатки в сравнении с ВЛ. Устройство кабелей до 35 кВ.</p> <p><b>3.2.</b> Классификация и маркировка силовых кабелей. Кабели с бумажной изоляцией.</p> <p><b>3.3.</b> кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.</p> <p><b>3.4.</b> Монтаж КЛ по территории промышленного предприятия. Особенности монтажа и эксплуатации.</p> <p><b>3.5.</b> Испытания кабельных линий после монтажа. Плановые испытания в процессе эксплуатации. Осмотры КЛ.</p> <p><b>3.6.</b> Способы соединения жил кабелей. Соединительные и концевые муфты. Типы муфт.</p> <p><b>3.7.</b> Монтаж соединительных и концевых муфт кабельных линий напряжением до 10 кВ.</p> <p><b>3.8.</b> технология монтажа соединительных и концевых муфт КЛ 6-10 кВ с использованием термоусаживаемых материалов.</p> <p><b>3.9.</b> Документация при приемке КЛ в эксплуатацию после монтажа.</p> <p><b>3.10.</b> Защита КЛ при эксплуатации. Способы обнаружений повреждений КЛ в траншеях.</p> <p><b>3.11.</b> Прокладка кабелей в траншее. Особенности прокладки КЛ в условиях Восточной Сибири и в зоне БАМ.</p>	<p><b>3.</b> Монтаж кабельных линий электропередачи</p>
		<p><b>4.1.</b> Сдача ВЛ в эксплуатацию.</p> <p><b>4.2.</b> эксплуатация ВЛ на деревянных, железобетонных и стальных опорах. «Слабые» места.</p> <p><b>4.3.</b> Ремонтные работы на ВЛ, расположенных в зоне влияния действующих ЛЭП.</p> <p><b>4.4.</b> Осмотры трассы КЛ. на что надо обратить внимание?</p> <p><b>4.5.</b> Эксплуатация КЛ в районах вечной мерзлоты.</p>	<p><b>4.</b> Эксплуатация воздушных и кабельных линий</p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> ПК-7:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные принципы работы электрических и электронных аппаратов на основе теоретических знаний;</li> <li>– классификацию аппаратов в зависимости от параметров электросети и уровней напряжения;</li> <li>– оборудование необходимое для электромонтажных работ;</li> </ul> <p><b>Уметь</b> ПК-7:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обеспечивать требуемые режимы</li> </ul>	<b>отлично</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует уверенное знание основных принципов работы и классификацию электрических и электронных аппаратов; умение обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса: владение методами и технологиями монтажа и эксплуатации основного электрооборудования.
	<b>хорошо</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует основное знание, но допускаются незначительные неточности.
	<b>удовлет- вори-</b>	Выставляется обучающемуся в том случае, если он демонстрирует слабое знание основ по

<p>и заданные параметры технологического процесса по заданной методике;</p> <p><b>Владеть</b></p> <p><i>ПК-7:</i></p> <p>– методами и технологиями монтажа и эксплуатации основного электрооборудования.</p>	<p><b>тельно</b></p> <p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>данной дисциплине.</p> <p>Выставляется обучающемуся в том случае, если он не владеет основными знаниями по данной дисциплине</p>
--	---	--

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Монтаж воздушных и кабельных линий направлена на ознакомление с принципами монтажа основного электрооборудования электрических сетей до 1000 кВ и выше; на получение теоретических знаний и практических навыков в эксплуатации электрооборудования для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Монтаж воздушных и кабельных линий предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- экзамен;
- самостоятельную работу.

В ходе освоения лекций студенты должны уяснить принципиальные особенности воздушных и кабельных линий. Особый упор д.б. сделан на ВЛ и КЛ выше 1 кВ. Так как данная дисциплина в большей мере соответствует специализации «Производство, передача и распределение электрической энергии», то в курсе вопросы изучаются с позиций высокого напряжения. В основном упор делается на монтаж ВЛ и КЛ высокого напряжения. Обучающимся необходимо овладеть навыками и умениями проектировать, монтировать ВЛ и КЛ высокого напряжения с целью дальнейшего их грамотного использования и эксплуатации в системе производства.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для монтажа кабельных линий и воздушных линий.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на организационные вопросы электромонтажных работ.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить вопросам монтажа воздушных и кабельных линий.

В процессе проведения практических занятий, лабораторных работ происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления об монтаже воздушных и кабельных линий.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения основного оборудования, принципов его работы, передачи электроэнергии по воздушным и кабельным линиям.

В процессе консультации с преподавателем необходимо познакомиться с принципами монтажа КЛ и ВЛ.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций, лабораторных и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Монтаж воздушных и кабельных линий**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: ознакомить обучающихся: с конструкциями воздушных линий и кабельных линий, их монтажом, приспособлениями для монтажа, условиями эксплуатации.

Задачей изучения дисциплины является: изучить приемы монтажа воздушных линий и кабельных линий.

**2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк - 17 час.; ЛР - 17 час.; ПЗ - 17 час.; СР - 66 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часов, 4 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. - Организация электромонтажных работ. Основная документация.
2. - Монтаж воздушных линий
3. - Монтаж кабельных линий электропередачи.
4. - Эксплуатация воздушных и кабельных линий

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-7- готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.

**4. Вид промежуточной аттестации: экзамен**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*(подпись)*

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О.)*

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) от «3» сентября 2015 г. №955

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» ноября 2015г. №701, заочной формы обучения от «12» ноября 2015г. №701

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» июня 2016г. №429, заочной формы обучения от «6» июня 2016г. №429 для заочной (ускоренное обучение) формы обучения от «6» июня 2016г. №429

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» марта 2017г. №125 , заочной формы обучения от «6» марта 2017г. №125 для заочной (ускоренное обучение) формы обучения от «4» апреля 2017г. №203

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. №130, заочной формы обучения от «12» марта 2018г. №130

**Программу составил:**

Булатов Ю.Н., зав. кафедрой, доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ЭиЭ

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Заведующий кафедрой ЭиЭ \_\_\_\_\_ Ю.Н. Булатов

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.Н. Булатов

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ А.Д. Ульянов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_