



государственное бюджетное профессиональное образовательное  
учреждение «Волгоградский энергетический колледж»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

КУРС ЛЕКЦИЙ

**ПМ.03 РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**МДК.03.01. Технология реконструкции линий электропередачи**

федеральный государственный образовательный стандарт  
среднего профессионального образования-2018

подготовки кадров по стандартам **Worldskills**

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 13.02.09 МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛИНИЙ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Разработчик: **Фомичев Алексей  
Николаевич,**

председатель методической цикловой  
комиссии профессионального цикла  
дисциплин укрупненной группы  
специальностей 13.00.00 Электро- и  
теплоэнергетика

2018

РАССМОТРЕНО  
Методической цикловой комиссией  
профессионального цикла дисциплин  
укрупненной группы  
специальностей 13.00.00 Электро- и  
теплоэнергетика ГБПОУ «ВЭК»  
Протокол № 7 от 01 марта 2018 г.

УТВЕРЖДЕНО  
Зам директора по УР ГБПОУ «ВЭК»  
\_\_\_\_\_  
О.О. Барабанова  
«\_\_\_\_\_» марта 2018 г.

СОГЛАСОВАНО  
начальник методического отдела ГБПОУ «ВЭК»  
\_\_\_\_\_  
А.В.Божко  
01 марта 2018 г.

Учебно-методическое пособие по профессиональному модулю ПМ 3 Реконструкция линий электропередачи МДК 1 Технология реконструкции линий электропередачи для специальности **13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи** представляет собой курс лекций по изучаемому междисциплинарному курсу.

Настоящее учебно-методическое пособие сформировано с учетом потребностей регионального рынка труда, соответствующих отраслевых требований, на основе ФГОС СПО-2018 по специальности **13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи** и примерной программы профессионального модуля, в том числе с учетом требований подготовки кадров по стандартам **Worldskills и профессиональных стандартов.**

Пособие предназначено для студентов, обучающихся на специальности **13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи**, а также может быть использовано для подготовки и повышения квалификации персонала электросетевых компаний, работа которых связана с реконструкцией действующих электрических сетей.

Рекомендовано президиумом Совета РУМО в качестве учебного издания для использования в учебном процессе профессиональных образовательных организаций, реализующих программы среднего профессионального образования (Протокол №7 от 22.03.2018 г.)

**Составитель:** Фомичев А.Н., председатель методической цикловой комиссии профессионального цикла дисциплин УГС 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика ГБПОУ «ВЭК»

**Рецензенты:**

Кондрашов Е.В., к.т.н., преподаватель частного профессионального образовательного учреждения «Газпром колледж Волгоград»

Каледина А.А., заместитель директора по учебной работе государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения «Волгоградский техникум энергетике и связи»

## Содержание

<b>Пояснительная записка</b>	5
<b>Тема 1. Энергосбережение в энергетике</b>	6
1.1 Основные понятия в области энергосбережения	6
1.2 Нормативно-правовая и методическая база энергосбережения	7
1.3 Основные положения Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»	9
1.4 Энергетическое обследование электрических сетей	10
1.5 Энергоэффективность в электрических сетях	11
Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 1	13
<b>Тема 2. Организация реконструкции линий электропередачи</b>	14
2.1 Цели и задачи реконструкции ВЛ	15
2.2 Нормы технологического проектирования. Указания по проектированию	18
2.3 Организация работ по техническому перевооружению и реконструкции	21
2.4 Обследование ВЛ	24
2.5 Меры безопасности при производстве реконструкционных работ	32
2.6 Приемка реконструированной ВЛ в эксплуатацию.	36
Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 2	39
<b>Тема 3. Технология демонтажа воздушных линий электропередачи</b>	40
3.1 Общие сведения о демонтаже элементов ВЛ	40
3.2 Общий порядок выполнения подготовительных работ перед демонтажем элементов ВЛ	41
3.3 Общий порядок и способы демонтажа проводов и грозозащитных тросов	41
3.4 Общий порядок и способы демонтажа опор ВЛ	42
3.5 Общий порядок и способы демонтажа фундаментов под опоры ВЛ	42
3.6 Особенности производства демонтажных работ в местах пересечения с инженерными сооружениями	44
3.7 Оформление исполнительной документации на демонтажные работы.	45
Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 3	45
<b>Тема 4. Современные материалы и конструкции, применяемые при реконструкции линий электропередачи</b>	47
4.1 Новые виды фундаментов, применяемых при монтаже опор ВЛ во время реконструкции	47
4.2 Новые виды опор, применяемых при реконструкции ВЛ	51
4.3 Провода с повышенной пропускной способностью	61
4.4 Грозотосы нового поколения для воздушных линий электропередачи	67
4.5 Новые конструкции линейных изоляторов	70
4.6 Конструктивные особенности спиральной арматуры	75
Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 4	77

<b>Тема 5. Монтаж заменяющихся элементов ВЛ</b>	79
5.1 Монтаж винтовых свайных фундаментов	79
5.2 Монтаж фундаментов из свай-оболочек	81
5.3 Монтаж фундаментов из буронабивных свай	83
5.4 Монтаж многогранных опор	84
5.5 Монтаж композитных опор	86
5.6 Особенности расщепления фазы и/или увеличение количества проводов в фазе при реконструкции	89
5.7 Особенности увеличения количества цепей при реконструкции	89
5.8 Особенности применения и монтажа спиральной арматуры	89
Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 5	90
<b>Информационные ресурсы</b>	91
Основные печатные издания	91
Дополнительные печатные издания	91
Электронные ресурсы	92

## Пояснительная записка

Курс лекций составлен в соответствии с ФГОС СПО по специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи, утвержденным приказом Минобрнауки России от 05.02.2018 № 66 (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации от 26.02.2018., регистрационный номер № 50133) с учетом **актуализации** профессиональных стандартов: 20.031 «Работник по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи», 16.047 «Монтажник бетонных и металлических конструкций».

Содержание и перечень тем, представленных в данном пособии, отражает требования к знаниям, предусмотренные ФГОС по специальности, а именно получение знаний в области:

- Технологии демонтажа фундаментов, опор, тросов, проводов;
- Технологии ремонта фундаментов, опор;
- Правил монтажа заменяющих элементов линий электропередачи;
- Необходимых документов для реконструкции линий;
- Основных направлений в области энергосбережения и энергоэффективности сетевых объектов;
- Правил техники безопасности и регламентирующих правил работ.

Данный курс лекций разработан для студентов 3 курса специальности 13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи в соответствии с примерной программой профессионального модуля и может быть использован для самостоятельной подготовки к учебному занятию, к разработке индивидуальных заданий в рамках выполнения дипломных проектов.

В сборнике представлены иллюстрированные лекции, материалы которых подбирались из различных современных источников литературы и Интернет-ресурсов по данному междисциплинарному курсу. Подробно раскрыта теория вопросов, направленная на описание основ организации, методов и средств реализации проектов реконструкции существующих воздушных линий электропередачи. Предусмотрен этап закрепления усвоенных знаний, в виде вопросов для самоконтроля, различного уровня сложности.

В книге подробно рассмотрены следующие темы:

- энергосбережение в энергетике
- организация реконструкции линий электропередачи
- технология демонтажа воздушных линий электропередачи
- современные материалы и конструкции, применяемые при реконструкции линий электропередачи
- монтаж заменяющихся элементов ВЛ.

Выбранные темы актуальны и соответствует содержанию профессионального модуля, т.к. сборника подобного содержания нет ни в библиотеках, ни в каталогах учебной литературы профессиональных образовательных организаций. Созданное пособие позволит студентам более успешно справляться с программой междисциплинарного курса, формировать профессиональные и общие компетенции.

## **Тема 1. Энергосбережение в энергетике**

### Изучаемые вопросы темы:

1.1 Основные понятия в области энергосбережения.

1.2 Нормативно-правовая и методическая база энергосбережения.

1.3 Основные положения Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».

1.4 Энергетическое обследование электрических сетей.

1.5 Энергоэффективность в электрических сетях.

**Используемые информационные ресурсы:** [1], [3], [4], [6], [8], [25], [31].

### **1.1 Основные понятия в области энергосбережения.**

Сегодня в современном мире энергосбережение – это неотъемлемая часть жизни цивилизованного общества. Это и забота о здоровье, и экономия денег, и комфорт проживания. Но одна из самых главных (глобальных) характеристик энергосбережения – это защита окружающей среды от негативных воздействий.

Само понятие "энергосбережение" стали использовать в России очень давно, еще в советский период. На сегодняшний день энергосбережение характеризуется понятийным аппаратом, приведенным в главном Федеральном законе "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" № 261-ФЗ от 23.11.2009.

В основу энергосбережения положен энергетический ресурс как носитель энергии, которую можно использовать в какой-либо деятельности.

ФЗ об энергосбережении также вводит понятие "вторичный энергетический ресурс", который представляет собой энергетический ресурс, полученный в результате осуществления какого-либо технологического процесса, не нацеленного на выработку энергии.

Энергосбережение - это любая активность, направленная на уменьшение объема использования энергетических ресурсов без ущерба для основной функции их применения.

Несмотря на предельную точность определений, очень часто происходит путаница в понятиях "энергосбережение" и "энергетическая эффективность".

Энергетическая эффективность – определенный набор характеристик, отражающих отношение эффекта от использования энергоресурсов к затратам на сами энергоресурсы. Эффективность энергосбережения характеризуется в том числе классом энергетической эффективности, который отражает степень полезности того или иного продукта с точки зрения экономии энергии. Для определения энергоэффективности проводят специальные энергетические обследования.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста. Однако до настоящего времени этот источник был задействован лишь в малой степени.

## **1.2 Нормативно-правовая и методическая база энергосбережения.**

Задачи энергосбережения определенные в Законе № 261-ФЗ, предполагают реализацию правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Закон №261-ФЗ является основным, но не единственным регулирующим документом в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В состав нормативно правовой базы по энергосбережению так же входят:

- Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р;

- Указ Президента РФ №579 от 13.05.2010г. «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов в Местные правовые акты, принятые в пределах полномочий

- Постановление Правительства РФ №646 от 23.08.2010г. «О принципах формирования органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме»;

- Постановление Правительства РФ №391 от 01.06.2010г. « О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования»;

- Постановление Правительства РФ №340 от 15.05.2010г. «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности»;

- Постановление Правительства РФ №1225 от 31.12.2009г. «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

- Постановление Правительства РФ №67 от 20.02.2010г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

- Приказ Минрегионразвития РФ №338 от 29.07.2010г. « Об утверждении перечня рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении объектов инфраструктуры и другого имущества общего пользования садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан»;

- Приказ Минрегиона РФ №273 от 07.06.2010г. «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях».

- Приказ Росстата №176 от 29.04.2010г. «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения за энергосбережением»;

- Приказ Минэкономразвития РФ №61 от 17.02.2010г. «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, 28 муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

- Приказ Минпромторга РФ от 07.09.2010г. №769 «О категориях товаров, которые должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, маркировке и на этикетках, а также о характеристиках товаров у указанием категорий товаров, на которые в соответствии с требованиями Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» не распространяются требования о включении информации об их энергетической эффективности в техническую документацию, прилагаемую к товаром, маркировку и на этикетку»;

- Распоряжение Правительства РФ №1830-р от 01.12.2009г. «Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации»;

- Письмо Роспотребнадзора №01/9121-01-32 от 21.06.2010г. «О соблюдении требований законодательства об энергосбережении и энергоэффективности»;

- Письмо Минэкономразвития РФ №8189-ЭН/Д07 от 22.05.2010г. «О соблюдении требований законодательства об энергосбережении и энергоэффективности»;

- Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики»;

- Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р;

- Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1-р;

- Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р;

- Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 февраля 2010 г. № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения 29 энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

- ISO 50001:2011 Energy management systems - Requirements with guidance for use (Системы энергоменеджмента - Требования с руководством по использованию).

- закон РФ «О стандартизации» № 5154-1 от 10.06.1996;

- закон РФ «Об обеспечении единства измерений» № 4871-1 от 27.04.1993;

- закон Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг» № 5153-1 от 14.06.1993;



- закон Российской Федерации «О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации» № 41-ФЗ от 14.04.1995;
- закон РФ «Об охране окружающей среды»;
- закон РФ «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 158-ФЗ от 25.09.1998.

В поддержку мероприятий по обеспечению энергосбережения на федеральном и региональном уровнях принято несколько десятков нормативных актов, нормативных, методических и программных документов. Кроме нормативно-правовых документов в Российской Федерации действует ряд государственных стандартов.

### **1.3 Основные положения Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».**

Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» (далее - Программа) разработана в соответствии с планом подготовки актов по реализации в 2009 – 2010 годах Основных направлений деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2012 года, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 декабря 2008 г. № 1996-р [1]:

Программа направлена на обеспечение повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности российской экономики, а также роста уровня и качества жизни населения за счет реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов.

Основная цель Программы: обеспечение рационального использования топливно-энергетических ресурсов за счёт реализации энергосберегающих мероприятий, повышения энергетической эффективности в секторах экономики и субъектах Российской Федерации и снижения энергоёмкости ВВП по сравнению с 2007 годом на 13,5%.

#### Основные задачи Программы:

– обеспечение устойчивого процесса повышения эффективности энергопотребления в секторах российской экономики, в том числе за счёт запуска механизмов стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности в различных сферах экономики Российской Федерации, реализации типовых энергосберегающих проектов, активизирующих деятельность хозяйствующих субъектов и населения по реализации потенциала энергосбережения;

– сохранение и расширение потенциала экспорта энергоресурсов и доходной части бюджета за счёт сокращения неэффективного потребления энергии на внутреннем рынке;

– снижение объёмов выбросов парниковых газов. Основными макроэкономическими показателями по итогам реализации Программы являются

– обеспечение снижения энергоемкости валового внутреннего продукта за счет реализации мероприятий Программы не менее чем 13,5 процента за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы);

– обеспечение годовой экономии первичной энергии за счет реализации мероприятий Программы;

– обеспечение суммарной экономии энергии в размере 334 млн. тонн условного топлива на I этапе (2011 - 2015 годы) и 1124 млн. тонн условного топлива за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы).

Мероприятия Программы охватывают основные отрасли экономики и социальную сферу Российской Федерации и должны стать одним из приоритетных направлений модернизации и технологического развития Российской Федерации.

Срок реализации Программы - 2011 - 2020 годы.

Реализация Программы будет осуществляться поэтапно:

– на I этапе (2011 – 2015 годы) предполагается осуществить переход на энергоэффективный путь развития экономики Российской Федерации;

– на II этапе (2016 – 2020 годы) предполагается обеспечить развитие экономики Российской Федерации по энергоэффективному пути.

Достижение целей Программы потребует реализации комплекса долгосрочных взаимоувязанных по ресурсам, срокам и этапам мероприятий с использованием межотраслевого подхода (с охватом всех секторов экономики).

#### **1.4 Энергетическое обследование электрических сетей.**

Одной из основных задач энергетических обследований электрических сетей является разработка технических и организационных мероприятий по снижению потерь электроэнергии, оценка прогнозируемого значения снижения потерь электроэнергии в результате внедрения рекомендуемых мероприятий. Именно величина потерь электроэнергии характеризует в электрических сетях важный показатель - энергоэффективность передачи и распределения электроэнергии.

При проведении энергетического обследования электрических сетей, могут проводиться первичные, очередные, внеочередные обследования и экспресс обследования

При выполнении первичного, очередного, внеочередного обследования или экспресс обследования выполняются:

– изучение проектной, исполнительной, эксплуатационной документации по системе электроснабжения, системе и средствам учета отпуска и потребления электрической энергии;

– анализ отчетной документации;

– обобщение полученной информации, выявление причин несоответствия фактических и нормативных значений соответствующих показателей функционирования электрических сетей, составление балансов электрической энергии;

– разработка предложений (оптимизационных мероприятий), направленных на снижение энергетических затрат, оценка эффективности предложений (мероприятий), ранжирование их по срокам реализации; согласование с эксплуатирующей организацией;

– составление технического отчета и энергетического паспорта.

В ходе очередного энергетического обследования производятся работы, объем которых зависит от информации, полученной в результате первичного энергетического обследования. В связи с этим при очередном обследовании производятся:

- изучение и при необходимости коррекция информации за время после проведения первичного обследования;
- проверка полноты и правильности выполнения мероприятий, разработанных в процессе первичного обследования;
- выявление и оценка результатов выполнения этих мероприятий;
- коррекция предыдущих мероприятий или разработка дополнительных мероприятий по повышению энергоэффективности системы электроснабжения.

При внеочередном энергетическом обследовании объем работ соответствует программе очередных обследований, однако содержание работ по некоторым этапам обследования, в зависимости от причин, вызвавших необходимость во внеочередном обследовании, может быть изменен.

Объем работ при экспресс обследованиях зависит от целей и задач этих обследований. Это вводит определенные ограничения в объем исходной информации, количество рассматриваемых показателей, объем производимых инструментальных измерений, а также в разрабатываемые в результате этой работы мероприятия.

Мероприятия по реализации выявленного потенциала энергосбережения основываются на результатах энергетического обследования и оценке технико-экономических показателей их внедрения.

Мероприятия разрабатываются по следующим направлениям:

- доведение показателей работы оборудования до нормативного уровня, соблюдение режимов электрических сетей, рациональная загрузка трансформаторов и линий, устранение неравномерности нагрузки по фазам;
- внедрение эффективных режимов и схем, перевод сетей на повышенное напряжение с целью сокращения протяженности сетей напряжением 0,4 кВ; использование на воздушных линиях изолированных и защищенных проводов, установка устройств компенсации реактивной энергии;
- совершенствование организации и техники учета электрической энергии, внедрение АСКУЭ и устройств телемеханики, повышение оснащенности служб сбыта современными техническими и программными средствами.

### **1.5 Энергоэффективность в электрических сетях.**

Электросетевое хозяйство стремительно стареет. Уровень износа оборудования достигает почти 70%, при этом 60% потерь энергии при передаче приходится на провода. Не меньшую проблему составляет низкая механическая прочность проводов, что приводит к обрывам на ЛЭП и снижению качества поставки электроэнергии. Одно из основных направлений улучшения ситуации - проведение глубокой модернизации электросетевого хозяйства с ориентиром на энергоэффективность. Провода нового поколения для ЛЭП - энергоэффективное решение для отечественной электроэнергетики.

Повышение энергетической эффективности в последние годы стало основным приоритетом как российской, так и международной экономической политики.

Для отечественных электросетей это особенно важно, поскольку понятно, в каком плачевном состоянии они находятся. Достаточно отметить, что с 1991 года потери электроэнергии при передаче в сетях выросли в 1,5 раза, при этом эффективность использования капиталовложений снизилась в 2,5 раза. По мере роста стоимости энергоресурсов энергосбережение признано стратегической задачей, связанной с поддержанием технического состояния электросетей на современном уровне.

Решение указанных задач по энергоэффективности и энергосбережению возможно за счет:

- увеличения пропускной способности электросетей;
- снижения потерь электроэнергии при передаче;
- обеспечения бесперебойности энергоснабжения в сложных природных условиях, а также повышения надежности и долговечности ЛЭП.

С точки зрения надежности по за 11 лет наблюдений за ЛЭП 110-750 кВ более половины технологических сбоев в электросетях приходится на провода (рис. 1).



Рисунок 1- Причины технологических сбоев на ВЛ

Следовательно, повышение надежности проводов существенно повысит надежность самих сетей. Проблема надежности линий электропередачи усугубляется тем, что в последующие годы при возрастающем энергопотреблении (что естественно для страны с развивающейся экономикой) старение сетей и оборудования будет происходить интенсивнее, а, значит, без полномасштабной модернизации эти проблемы могут перерасти в энергетический коллапс.

Проблему повышения пропускной способности электросетей также можно эффективно решать с помощью замены проводов ЛЭП на провода нового поколения – это достаточно результативный и не самый дорогой путь.

Таким образом, можно решать проблемы повышения энергоэффективности простой и быстрой заменой типовых проводов на инновационные, причем без использования дорогостоящего оборудования. Мировая практика показывает, что замена проводов старых конструкций на новейшие и применение инновационных технологий в значительной степени снижают риски выхода ЛЭП из строя из-за угрозы повреждений и воздействия экстремальных погодных условий, обеспечивают решение экологических проблем и способствуют в полной мере энергоэффективности и энергосбережению.

### **Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 1:**

1. Что такое энергосбережение?
2. Что такое энергетическая эффективность?
3. Каковы главные цели новой энергетической политики России?
4. Какова цель проведения энергетических обследований?
5. На основании каких документов решается вопрос о проведении энергетического обследования?
6. Каково содержание отдельных этапов энергетических обследований?
7. Какие основные разделы должны быть в мероприятиях по энергосбережению?
8. Охарактеризуйте основные мероприятия, повышающие энергетическую эффективность на ВЛ.

## **Тема 2. Организация реконструкции линий электропередачи**

### Изучаемые вопросы темы:

- 2.1 Цели и задачи реконструкции ВЛ.
- 2.2 Нормы технологического проектирования. Указания по проектированию.
- 2.3 Организация работ по техническому перевооружению и реконструкции.
- 2.4 Обследование ВЛ.
- 2.5 Меры безопасности при производстве реконструкционных работ.
- 2.7 Приемка реконструированной ВЛ в эксплуатацию.

**Используемые информационные ресурсы:**[1], [2], [3], [5], [7], [9], [10], [11], [12], [13], [19], [20], [21], [24], [29], [30].

### **2.1 Цели и задачи реконструкции ВЛ.**

Цель Единой технической политики в электросетевом комплексе заключается в определении основных технических направлений, обеспечивающих повышение надежности и эффективности функционирования электросетевого комплекса в краткосрочной и среднесрочной перспективе при надлежащей промышленной и экологической безопасности на основе инновационных принципов развития, обеспечивающих недискриминационный доступ к электрическим сетям всем участникам рынка.

#### Основные задачи Единой технической политики в электросетевом комплексе:

1. Повышение готовности электрических сетей к передаче и распределению электрической энергии для обеспечения надежного снабжения электрической энергией потребителей.
2. Обеспечение выдачи мощности объектов по производству электрической энергии в сеть. Повышение эффективности и развитие системы диагностики объектов и использование ее результатов в алгоритмах функционирования автоматических систем режимного и противоаварийного управления.
3. Сокращение капиталовложений и эксплуатационных издержек в объекты за счет оптимизации технических решений при разработке проектной документации, применения современных видов оборудования, строительных конструкций, сокращения площадей, занимаемых объектами электросетевого хозяйства.
4. Повышение энергоэффективности применяемых технологий, оборудования, материалов, систем, формирование программы энергосбережения и сокращение технологических потерь электрической энергии в электрических сетях.
5. Преодоление тенденции старения основных фондов электрических сетей и электросетевого оборудования путем их модернизации, оптимизации работ по их реконструкции и техническому перевооружению, а также за счет применения оборудования с увеличенным жизненным циклом.
6. Совершенствование технологий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта. Обеспечение профессиональной подготовки эксплуатационного и ремонтного персонала с учетом внедрения новых технологий и инновационного оборудования.
7. Минимизация воздействия на окружающую среду при новом строительстве, реконструкции, эксплуатации и ремонте объектов.

#### Критерии развития электрических сетей

При развитии электрических сетей необходимо руководствоваться следующими основными критериями:

– **надежность**: электрическая сеть должна обеспечивать выдачу мощности электрических станций, транспорт электрической энергии и энергоснабжение потребителей для нормальной и основных ремонтных схем, при нормативных аварийных возмущениях;

– **доступность**: электрическая сеть должна обеспечивать всем субъектам оптового/розничного рынков электроэнергии и мощности условия для беспрепятственной поставки на рынок своей продукции (электроэнергии и мощности) на конкурентной основе при наличии спроса на нее; обеспечивать всем субъектам оптового/розничного рынков возможности получения электроэнергии и мощности в необходимом объеме с требуемой надежностью и качеством, удовлетворяющим нормативным требованиям;

– **экономичность**: развитие сети должно обеспечивать максимальную экономичность при условии обеспечения требуемого уровня надежности, в том числе способствовать снижению затрат и потерь на передачу электроэнергии, а также на эксплуатацию оборудования;

– **необслуживаемость**: развитие сети должно обеспечить минимизацию потребности участия человек в процессах эксплуатации, техническом обслуживании и управлении.

– **гибкость**: электрическая сеть должна обладать достаточной гибкостью, позволяющей осуществлять ее поэтапное развитие и иметь резервы для адаптации к изменениям внешних условий (рост нагрузок и развитие электростанций, изменения направления и величины потоков мощности, осуществление межгосударственных договоров по поставке электроэнергии и др.);

– **эффективность**: развитие электрической сети должно осуществляться для достижения наилучших экономических показателей энергосистемы в целом при максимальной оптимизации использования имеющихся производственных активов независимо от форм собственности объектов электроэнергетики;

– **инновационность**: проектирование развития электрической сети должно осуществляться с учетом последних достижений науки и техники;

– **экологичность**: развитие электрической сети должно соответствовать требованиям охраны окружающей среды, предусматривать внедрение инновационных решений, способствующих снижению негативного воздействия объектов электроэнергетики на окружающую среду, а также исключению случаев нанесения ущерба окружающей среде;

– **безопасность**: развитие электрической сети должно быть направлено на обеспечение энергобезопасности ЕЭС России.

Для выполнения целей и задач технической политики в электросетевом комплексе в электрических сетях должна выполняться реконструкция объектов.

Реконструкция ЛЭП должна обеспечивать бесперебойную, надежную и безаварийную работу электрической сети, а также снижение технических и коммерческих потерь электроэнергии, повышения качества обслуживания потребителей.

**Реконструкция линейных объектов** называют изменение параметров линейных объектов или их участков (частей), которое влечет за собой изменение класса,

категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов (мощности, грузоподъемности и других) или при котором требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов.

**К реконструкции ВЛ** относится комплекс работ на действующих линиях электропередачи, вспомогательных сооружениях по их переустройству (строительству взамен) в целях повышения технического уровня, улучшения технико-экономических показателей объекта, условий труда и охраны окружающей среды.

Реконструкции подлежат объекты электрических сетей, как правило, имеющие неудовлетворительное состояние строительных конструкций и сооружений вследствие выработки нормативного срока службы, в силу различных стихийных природных явлений, не соответствующее требованиям санитарных норм и экологии.

Необходимость выполнения реконструкции ВЛ вызывается их физическим и моральным износом.

**Под физическим износом** понимается материальное старение основных фондов в результате воздействия эксплуатационных факторов и влияния внешних неблагоприятных условий. Сроки физического износа отдельных элементов объектов электрических сетей — оборудования, строительных конструкций, зданий и сооружений — существенно различаются между собой. Срок службы объекта в целом определяется наиболее долговечными элементами: опорами — для линий электропередачи, зданиями — для ПС.

**Сущность морального износа** состоит в том, что в результате научно-технического прогресса основные фонды технически стареют и становятся экономически все менее эффективными.

Различают две формы морального износа:

первая — утрата стоимости существующих объектов из-за роста производительности труда;

вторая — обесценивание основных фондов вследствие появления более совершенного оборудования аналогичного назначения.

Поскольку первая форма не связана со снижением потребительской стоимости электросетевых объектов, в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса следует считаться только со второй формой морального износа.

Экономическим сроком службы оборудования является период, в течение которого целесообразно его эксплуатировать по условиям морального износа. Обесценивающее действие морального износа может быть ослаблено с помощью техперевооружения и реконструкции основных фондов. Поскольку целью развития электросетей является обеспечение надежного снабжения потребителей электроэнергией высокого качества при минимальных затратах, морально изношенными объектами следует считать те, которые не удовлетворяют этим требованиям в современных условиях.

Эти объекты подлежат техническому перевооружению и реконструкции, к которым относятся следующие мероприятия и виды работ:

1. Строительство воздушной, кабельной линии электропередачи взамен ликвидируемой.

2. Вынос участков воздушной, кабельной линии на новую трассу в связи со строительством энергетических или других объектов.



3. Сплошная замена на участках воздушной линии опор новыми (из того же или другого материала, а также опорами другого типа) при общей длине участка более 15% протяженности линии.

4. Замена дефектных опор воздушной линии на деревянных опорах новыми (из того же или другого материала, а также опорами другого типа) или подстановка дополнительных при общем количестве вновь устанавливаемых опор более 30% установленных на линии.

5. Сооружение волоконно-оптической линии связи на опорах действующей воздушной линии электропередачи в составе ее реконструкции.

Основными критериями качества выполненных работ по реконструкции являются:

1. Пропускная способность ВЛ-
2. Надежность ВЛ.

#### Повышение пропускной способности ВЛ

Для удовлетворения быстрорастущих потребностей электросетевые компании вынуждены постоянно модифицировать существующие сети, применяя следующие классические методы:

- строительство дополнительных ВЛ;
- замена проводов на большие поперечные сечения;
- повышение напряжения;
- расщепление фазы.

Указанные методы, хотя и применяются в настоящее время, однако имеют ряд существенных недостатков. Так, например, строительство дополнительных ВЛ требует значительных капиталовложений, временных затрат и получения разрешений на строительство. Второе направление оказывается не всегда возможным, поскольку сталеалюминевый провод большего сечения обладает и повышенной массой, что при заданных стрелах провеса, ветровых и гололёдных воздействиях создаёт повышенные нагрузки на элементы опор, на которые старые опоры часто не рассчитаны, и возникает необходимость в установке дополнительных опор ЛЭП [2]. Однако установка новых опор может обернуться серьёзными проблемами в густонаселённых районах, районах частных земель, в национальных парках, заповедниках и других зонах с запретом на строительство. Третье и четвертое направления почти всегда приводят к тем же проблемам, что и второе - возникает необходимость перестраивать всю линию. Отсюда появляется актуальная необходимость повышения передаваемой мощности воздушных линий, по возможности, избегая строительства новых линий, полной перестройки существующих линий, подвески новых цепей и т.д.

В настоящее время существуют решения, не имеющие недостатков вышеописанных методов. Эти решения обеспечивают увеличение пропускной способности имеющихся линий за счёт применения специальных проводов и элементов изоляции.

#### Повышение надежности работы ВЛ

Разработка основных мероприятий по повышению надежности ЛЭП осуществляется как на этапе проектирования, так и на этапе реконструкции объектов ВЛ. К основным мероприятиям относят:

1. Использовать прогрессивные технические решения, современные технологии и материалы, повышающие надежность и долговечность линий электропередачи;

2. Разработать новые конструкции опор на базе многогранных стоек, позволяющие сооружать новые линии с большим сроком эксплуатации, проводить техническое перевооружение и реконструкцию во всех климатических районах с необходимым уровнем надежности, быстро восстанавливать опоры после аварий, хорошо противостоящих актам вандализма;

3. Уделить основное внимание применению методов горячего цинкования при изготовлении опор для сооружения новых линий, а также использованию комбинированных покрытий при реконструкции и ремонте;

4. Использовать буронабивные и забивные свайные основания, которые не нарушают структуру грунта и создают жесткую заделку опор;

5. Применять эффективные средства защиты от климатических воздействий (многочастотные гасители вибрации, гасители пляски и ограничители гололедообразования);

6. Использовать конструктивные решения на основе арматуры с улучшенными электромеханическими характеристиками и повышенной надежностью (не менее 95% от разрывной прочности провода);

7. Учитывать в расчетах среднеэксплуатационное тяжение 25% от разрывного усилия для проводов с повышенной несущей способностью и эксплуатируемых на ВЛ Крайнего Севера.

8. При техническом перевооружении и реконструкции ВЛ довести техническое состояние ВЛ до требований ПУЭ 7-го издания и других НД;

9. Учитывать изменения условий эксплуатации;

10. Использовать специальные механизмы и средства малой механизации, позволяющие повысить производительность труда и уровень техники безопасности.

## **2.2 Нормы технологического проектирования. Указания по проектированию.**

Нормы распространяются на подлежащие техническому перевооружению и реконструкции ВЛ напряжением 35-750 кВ и являются обязательными при проектировании.

При проектировании ВЛ напряжением 35-750 кВ надлежит, также руководствоваться главами Правил устройства электроустановок (ПУЭ), другими нормативными и методическими документами, перечень которых установлен настоящим НТП ВЛ, и директивными документами по техническому перевооружению и реконструкции электрических сетей.

Проектные решения, принимаемые в конкретных проектах ВЛ на основании указаний настоящих Норм, а также ПУЭ и других нормативных и методических документов, должны быть обоснованы.

При проектировании ВЛ должны быть обеспечены:

1. Надежная и качественная передача электроэнергии.

2. Экономическая эффективность ВЛ.

3. Внедрение прогрессивных проектных решений, обеспечивающих снижение ресурсных, трудовых и капитальных затрат при строительстве и эксплуатации.

4. Внедрение прогрессивных технологий строительных и монтажных работ.

5. Оптимальное использование земли, а также лесных угодий, т.е. применение конструкций и проектных решений, требующих при прочих равных условиях

наименьшего отчуждения земли в постоянное и временное пользование и наименьшей площади вырубki леса.

6. Соблюдение требований экологической безопасности и охраны окружающей среды.

7. Ремонтопригодность всех применяемых конструкций.

8. Передовые методы эксплуатации, удобные и безопасные условия труда, возможность проведения ремонтных работ на ВЛ под напряжением.

9. Выполнение требований задания на проектирование и условий договора на производство проектно-изыскательских работ.

Проектирование ВЛ должно осуществляться с учетом опыта строительства и эксплуатации ВЛ, с использованием результатов научно-исследовательских и проектно-конструктивных работ по созданию новых типов оборудования и материалов, прогрессивных технологических процессов и строительных конструкций.

Проектирование технического перевооружения и реконструкции ВЛ, связанных с увеличением пропускной способности ВЛ (повышение напряжения и др.), должно выполняться на основании утвержденных в установленном порядке соответствующих схем развития электрических сетей.

Обязательным условием проектирования ВЛ, подлежащих техническому перевооружению и реконструкции при проложении их участков по новой трассе или установке дополнительных опор, является наличие разрешения на землепользование, полученного заказчиком.

Подготовка документации согласования по выбору трассы может выполняться проектной организацией по договору с заказчиком.

Проектирование ВЛ выполняется на основании утвержденных (одобренных) в установленном порядке обоснований инвестиций, содержащих технические решения, финансовую и экономическую оценку эффективности инвестиций и технико-экономические и финансовые показатели предлагаемой к строительству ВЛ (в том числе период окупаемости, чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, индекс доходности).

Проектирование технического перевооружения и реконструкции ВЛ осуществляется на основании документально оформленной оценки технического состояния элементов ВЛ, произведенной по результатам их обследования.

Оценка технического состояния производится путем проверки соответствия состояния элементов ВЛ нормам и правилам, действующим на момент обследования.

Обследование элементов ВЛ и оценка их технического состояния производится по заданию заказчика организациями, имеющими лицензию на право проведения обследования и расчетов элементов ВЛ. Результаты обследования и оценки состояния прикладываются к заданию на проектирование.

Рекомендуется участие в обследовании и оценке технического состояния представителей проектной и специализированных организаций.

При проектировании технического перевооружения и реконструкции ВЛ должно предусматриваться устранение дефектов, неисправностей и повреждений элементов ВЛ, нарушений на трассе, проявившихся в процессе эксплуатации.

Основные технические требования к элементам ВЛ, допустимые отклонения от нормального положения, состояние элементов ВЛ, допуски и нормы отбраковки принимаются в соответствии со СНиП и действующими нормативно-техническими документами.

Для конкретных объектов величины допустимых значений дефектов, неисправностей и пр. уточняются на основании расчета с использованием данных обследования.

При необходимости, работоспособность конструкций и элементов ВЛ может быть проверена путем проведения испытаний.

При проектировании технического перевооружения и реконструкции допускается оставление без изменений конструкций, технических и других решений, принятых на существующей ВЛ, если, несмотря на их несоответствие нормам, действующим на момент выполнения технического перевооружения (реконструкции), они удовлетворяют требованиям правил техники безопасности, производственной санитарии, ПТЭ и в процессе эксплуатации отсутствовали отказы ВЛ по причине этого несоответствия. При этом снижение наименьших расстояний от проводов ВЛ до поверхности земли, зданий, сооружений и пересекаемых объектов не допускаются.

Технические решения, связанные с повышением пропускной способности или с повышением надежности существующей ВЛ при проектировании технического перевооружения и реконструкции должны, как правило, приниматься на основе технико-экономического сравнения вариантов, выполняемого в предпроектных материалах.

При переводе ВЛ на более высокое напряжение должны быть обеспечены требования ПУЭ и НТП ВЛ к линиям этого напряжения.

При проектировании технического перевооружения (реконструкции) ВЛ с утяжелением климатических условий производится проверка всех элементов ВЛ на повышенные нагрузки с последующим обеспечением соответствия прочности элементов ВЛ новым нагрузкам.

При проектировании ВЛ рекомендуется применять стандартное оборудование и материалы и унифицированные или типовые конструкции опор, фундаментов и других элементов линий, прошедшие все требуемые испытания и зарекомендовавшие себя положительно в эксплуатации.

При разработке проектов ВЛ следует рассматривать целесообразность использования новых прогрессивных технических решений, оборудования, конструкций и материалов, применение которых подтверждено практикой, а при их нахождении в процессе освоения или экспериментальной проверки - целесообразность их установки в опытно-промышленную эксплуатацию.

При применении новых материалов и конструкций элементов ВЛ и других новых технических решений должны проводиться их испытания и приемка в установленном порядке.

Применяемые на ВЛ провода, тросы, изоляторы и арматура должны иметь сертификаты соответствия.

ВЛ в особых условиях (в горах, пустынях с подвижными песками, районах с вечномерзлыми грунтами, солончаками, районах Крайнего Севера, районах со сложными климатическими условиями), ВЛ новых классов напряжения или нового конструктивного исполнения должны, как правило, проектироваться на основе соответствующих проектно-конструкторских и, при необходимости, научно-исследовательских работ, источники финансирования этих работ, сроки их выполнения и исполнители указываются в обосновании инвестиций или в задании на проектирование. Сроки выполнения проектных работ должны быть увязаны со

сроками получения результатов проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ.

Для систем передачи информации, релейной защиты и противоаварийной автоматики, АСУТП и АСКУЭ, при проектировании ВЛ необходимо предусматривать высокочастотные каналы по проводам и проводящим грозозащитным тросам, оптические кабели связи, размещаемые на элементах ВЛ, или другие виды связи.

При проектировании ВЛ, находящихся в зоне наведенного напряжения других ВЛ, при необходимости расчетным путем следует определять значение этого напряжения. Этим же путем следует определять уровень наведенного напряжения на существующих ВЛ и, в случае необходимости, предусматривать мероприятия по обеспечению безопасного обслуживания ВЛ.

## **2.3 Организация работ по техническому перевооружению и реконструкции.**

### **2.3.1 Организация работ по техническому перевооружению и реконструкции.**

В ПОС приводятся расчеты продолжительности работ, максимальной численности работающих, объемов первоначальной снегоочистки площадей застройки постоянных и временных сооружений, начинаемых техническим перевооружением (реконструкцией) в зимнее время в первый и последующий годы технического перевооружения (реконструкции), потребности в энергоресурсах и воде

Расчетная продолжительность строительства для технического перевооружения (реконструкции) ВЛ определяется по СНиП 1.04.03-85\* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», изменению № 4 этого СНиП, а также Пособию по определению продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений к СНиП 1.04.03-85.

Продолжительность демонтажных работ определяется по производственным нормам ЕНиР с учетом местных условий.

В составе задания на разработку обоснований инвестиций в техническое перевооружение и реконструкцию ВЛ и исходных материалов, выдаваемых вместе с заданием на проектирование, заказчик представляет проектной организации данные об условиях и сроках отключения ВЛ (полностью или по участкам) для выполнения работ по техническому перевооружению (реконструкции), а также о местах приемки (складирования) демонтированных элементов ВЛ или способе и месте их уничтожения.

В ПОС приводятся обоснования выбора транспортных схем доставки основных грузов и местных материалов, набора временных зданий и сооружений, используемых при строительстве ВЛ, выбора принятых методов ведения основных работ.

Приведенный в ПОС календарный план технического перевооружения (реконструкции) должен иметь поквартальную разбивку на весь период работ, и в общем случае, составляться с выделением работ подготовительного периода и основных работ (устройство фундаментов, установка опор, монтаж проводов и грозозащитных тросов и др.).

Календарный план следует совмещать с графиком движения рабочей силы.

При разработке ПОС на комплекс (например, ВЛ - подстанция - переход) календарный план и ведомость объемов составляются совмещенными и с пообъектной разбивкой.

Работы по техническому перевооружению (реконструкции) ВЛ, проходящей по сельскохозяйственным угодьям, должны производиться в сроки, согласованные с землепользователями и, как правило, в период, когда эти угодья не заняты сельскохозяйственными культурами или когда возможно обеспечение их сохранности.

Для сохранения природного ландшафта, земельных угодий, а также сохранности монтируемых проводов и грозозащитных тросов рекомендуется предусматривать в ПОС выполнение монтажа опор методом наращивания или с помощью механизмов большой грузоподъемности, а монтажа проводов и грозозащитных тросов - под тяжением.

Ведомость потребности в основных строительных конструкциях и материалах составляется с распределением по годам с выделением объектов (в случае проектирования комплекса) и временных сооружений.

Применение авиатранспорта при техническом перевооружении (реконструкции) ВЛ рекомендуется для труднодоступных участков, оно должно быть оговорено в задании на проектирование, утвержденном в установленном порядке, и обосновано в проектной документации.

В ПОС в этом случае приводятся расчеты летных часов на различные виды рейсов (порожние, с грузом внутри фюзеляжа и на внешней подвеске, для производства строительно-монтажных работ, для заправки горючим). Затраты на авиаперевозки определяются согласно расчету летных часов с грузом и без груза, приведенного в ПОС.

При использовании для технического перевооружения (реконструкции) ВЛ средств водного транспорта (работы на переходах через водные преграды, транспортировка грузов и пр.) в сметной документации следует учитывать затраты как на аренду судов, так и на аренду или сооружение причалов.

При определении подрядчика по техническому перевооружению (реконструкции) ВЛ путем проведения конкурса по выбору подрядной организации перечень данных, приводимых в ПОС конкретного проекта, согласовывается с заказчиком проекта.

Работы по техническому перевооружению (реконструкции) ВЛ в качестве подрядной организации могут выполнять полностью или частично организации заказчика.

В ПОС в общем случае приводятся следующие основные согласования: с владельцами карьеров о возможности получения в требуемых объемах местных материалов, с местными органами о временном отводе земли для размещения базовых и трассовых поселков, перевалочных баз и т.д., расположенных вне отведенной для нужд строительства территории, с управлением железной дороги о возможности организации на станциях выгрузки прирельсовых складов. Полный перечень согласований определяется при разработке ПОС конкретного объекта.

Порядок разработки (в том числе стадийность), согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство ВЛ регламентируется нормативно-методическими документами, утвержденными в установленном порядке.

### **2.3.2 Исходные данные на проектирование. Состав и содержание проектной документации.**

Содержание, состав, объем и оформление предпроектной и проектно-сметной документации, а также заданий на проектирование определяется соответствующими эталонами (образцами, макетами), утвержденными в установленном порядке.

Сметная стоимость работ на ВЛ определяется в базисных ценах по действующим сметным нормам. Стоимость работ ВЛ - договорная.

В целях повышения качества и сокращения сроков проектирования разработка проектно-сметной документации должна, как правило, выполняться с применением ЭВМ, САПР, аэросканирования.

При разработке проектной документации производится проверка принятых в ней новых технических решений на патентную чистоту и патентноспособность.

Использование изобретений и полезных моделей при проектировании ВЛ осуществляется в соответствии с действующим законодательством и должно быть согласовано с заказчиком.

Конструктивное выполнение пересечений и сближений ВЛ с инженерными сооружениями, а также пересечений ВЛ с судоходными реками и другими водными пространствами следует согласовывать с владельцами инженерных сооружений и организациями, осуществляющими хозяйственное использование водного объекта.

Для ВЛ напряжением 220 кВ и выше (а также для ВЛ 35-150 кВ, проходящих в сложных геологических условиях, на переходах через крупные поймы и водотоки, в горах) инженерно-геологические изыскания следует производить применительно к местам установки опор с получением характеристик грунтов по всей сфере влияния сооружения на грунты.

В состав изысканий под свайные фундаменты ВЛ всех напряжений включается динамическое или статическое зондирование под каждую опору.

В объем изысканий в районах распространения специфических грунтов (засоленных, просадочных, набухающих, органических, техногенных и т.п.) должен входить комплекс исследований (полевых и лабораторных) специфических свойств этих грунтов с целью определения степени их воздействия на проектируемые сооружения.

Проектирование заземляющих устройств опор ВЛ, как правило, производится на основе данных об удельных сопротивлениях грунтов, полученных непосредственно при измерениях на трассе проектируемой ВЛ.

В сметной документации следует предусматривать затраты, связанные с отводом земель в постоянное и временное пользование (выкуп, восстановление, исполнительная съемка, возмещение потерь сельскохозяйственного производства, убытки от изъятия земель, рекультивация), на вырубку леса, на проведение мероприятий по охране окружающей среды, а также на химическую обработку древесно-кустарниковой растительности. Данные работы проводятся в случае, если ВЛ будет проходить по новым участкам трассы.

В случае сноса строений по трассе ВЛ в сметную документацию включаются средства для выполнения сноса указанных строений, а также на выплату компенсации или на сооружение новых строений согласно документам, представляемым заказчиком.

Для обеспечения качественного выполнения строительно-монтажных работ рекомендуется предусматривать в сметной документации средства на проведение

авторского надзора за строительством ВЛ, особенно для ВЛ, сооружаемых в сложных климатических и природных условиях, для ВЛ, на которых применяются новые технические решения.

Для сложных и особо сложных объектов в сметной документации предусматриваются средства на разработку ППР.

В сметной стоимости работ по сооружению ВЛ выделяется стоимость работ по переустройству объектов смежных с проектируемой ВЛ и входящих в состав ее проекта.

## **2.4. Обследование ВЛ.**

### **2.4.1. Организация работ по обследованию ВЛ**

Оценка технического состояния элементов ВЛ производится по результатам их обследования.

Для объективной оценки состояния воздушных линий электропередачи образуется рабочая группа (комиссия) в составе представителей предприятия электрических сетей, эксплуатирующего обследуемую ВЛ, и специалистов других организаций, проводящих обследование.

Руководителем рабочей группы (председателем комиссии) является, как правило, главный инженер ПЭС.

При необходимости в состав рабочей группы (комиссии) включаются представители заводов-изготовителей, проектных, строительно-монтажных, специализированных, научно-исследовательских и других организаций.

Специализированные и научно-исследовательские организации целесообразно привлекать к следующим работам по оценке технического состояния элементов ВЛ:

- испытания конструкций и других элементов;
- проведение проверочных расчетов элементов;
- определение структуры и расчетного сопротивления металлоконструкций опор при отсутствии проектной документации;
- определение фактической прочности железобетонных стоек и фундаментов неразрушающими методами;
- проведение механических испытаний опор;
- проведение испытаний линейной изоляции;
- определение фактической прочности проводов, грозотросов и линейной арматуры.

Специализированные организации могут привлекаться к обследованию конструкций ВЛ также в случаях:

- обнаружения значительных отступлений от проекта при наличии массовых дефектов и повреждений;
- увеличения по сравнению с проектом нагрузок на опоры, увеличения пролетов, замены проводов, тросов на большие сечения, изменения расчетных ветровых, гололедных нагрузок.

На основе проведенного обследования, изучения и анализа проектной, строительной и эксплуатационной документации, изменений условий эксплуатации и проведения в случае необходимости испытаний элементов ВЛ составляется акт, протокол или технический отчет, в которых приводится оценка технического



состояния элементов ВЛ и ВЛ в целом и рекомендации по их дальнейшему использованию.

В случае принятия решения о техническом перевооружении, реконструкции или модернизации ВЛ данные обследования прикладываются к техническому заданию на проектирование.

#### **2.4.2. Состав работ по обследованию ВЛ**

Обследование ВЛ включает следующие этапы:

- подготовительные работы;
- непосредственно проведение обследования;
- оценка технического состояния ВЛ и ее элементов.

##### **Подготовительные работы**

В объем подготовительных работ входят: сбор исходных данных, составление программы, определяющей порядок, объем обследования и перечень работ, выполняемых соответственно заказчиком (эксплуатационной организацией) и каждой из привлекаемых к обследованию организаций, комплектование участников обследования необходимыми приборами, инструментами, приспособлениями, получение и применение при необходимости индивидуальных средств защиты.

Заказчик должен подготовить следующие материалы, характеризующие обследуемую ВЛ:

- проектные материалы;
- акт приемки линии в эксплуатацию;
- акты на скрытые работы;
- журналы установки и монтажа опор, проводов, грозозащитного троса (тросов);
- документы об отступлениях от проекта и различных заменах конструкций и оборудования во время строительства ВЛ;
- паспорт ВЛ;
- журнал авторского надзора (если таковой осуществлялся);
- протоколы (акты, журналы) плановых осмотров ВЛ в период эксплуатации;
- данные об отказах и авариях за время эксплуатации ВЛ;
- материалы по объему и номенклатуре восстановительных ремонтов после аварий;
- протоколы испытаний (если они проводились);
- документы предыдущих обследований ВЛ, если они проводились.

С целью выявления факторов, требующих особого внимания при обследовании, следует установить наличие изменения нормативных требований и условий работы ВЛ, произошедших после проектирования (строительства). Среди них:

- изменение климатических нагрузок (гл. 2.5 ПУЭ, региональные карты ветровых, гололедных нагрузок, районов пляски проводов);
- изменение условий загрязнения атмосферы для оценки состояния изоляции, выбора уровня изоляции и определения интенсивности коррозии элементов ВЛ;
- уточнение геологических и гидрологических условий по трассе ВЛ;
- появление новых пересечений ВЛ с инженерными сооружениями и другими объектами;
- уточнение уровня грозопоражаемости (интенсивности грозовой

деятельности) в районе прохождения трассы ВЛ;

- организация плавки гололеда на проводах и тросах ВЛ, оборудование устройствами по борьбе с пляской и вибрацией проводов и другие мероприятия, не предусмотренные первоначальным проектом;

- уточнение воздействия ВЛ на окружающую среду (гнездование птиц, миграция животных, организация зон отдыха, национальных лесопарков, заповедников и заказников, изменение категоричности лесов, жалобы населения, выступления прессы и др.);

- изменение других нормативных требований и условий на трассе.

На основании изучения представленной заказчиком документации с учетом установленных изменений нормативных требований и условий работы ВЛ могут быть даны предложения по программе работы рабочей группы (комиссии), где отмечается необходимость:

- привлечения специализированных организаций;
- проведения испытаний оборудования и конструкций;
- проведение других работ специализированными и научно-исследовательскими организациями.

### **Методика проведения обследования ВЛ**

Обследуются следующие основные элементы ВЛ:

- опоры,
- фундаменты;
- провода;
- грозозащитные тросы;
- оттяжки опор;
- линейная изоляция;
- линейная арматура;
- заземляющие устройства.

Кроме того, при обследовании ВЛ выявляется состояние:

- габаритов проводов и тросов (до земли, до тела опор, между собой, до различных объектов);
- трассы ВЛ.

Обследование ВЛ производится, как правило, выборочно с учетом рекомендаций персонала, эксплуатирующего ВЛ.

Для определения конкретного объема и состава работ по обследованию необходимо установить однородные зоны обследования элементов ВЛ по следующим параметрам:

- метеорологические характеристики района прохождения ВЛ - ветровой район, гололедный район, высотная отметка, относительная влажность и температура воздуха (определяется в соответствии с региональными картами районирования по ПУЭ, а также с использованием данных метеорологических станций и фактических наблюдений);

- степени загрязненности атмосферы (концентрация загрязнений, химический состав определяется по данным специализированных организаций (лабораторий);

- характеристики грунта;

- однородность типов и марок элементов ВЛ, подлежащих обследованию.

Обследованию подлежит не менее 10% протяженности ВЛ в пределах одной однородной зоны.

Обследование, как правило, производится пешком в дневное время с подъемом на высоту, выборочной проверкой состояния проводов и тросов в зажимах, вскрытием фундаментов, проверкой состояния линейной изоляции и арматуры, заземляющих устройств.

Обследование верхних элементов конструкции ВЛ может производиться с применением стационарных или подвесных лестниц, люлек, трапов и т.п., а также с использованием гидроподъемника или телескопической вышки.

Проведение обследования состояния контактных соединений ВЛ с помощью тепловизионной техники проводится с использованием автомобиля повышенной проходимости или вертолета.

При необходимости производится осмотр отдельных участков ВЛ в темное время суток для выявления коронирования, дефектных изоляторов, контроля исправности световых сигнальных знаков, установленных на переходных опорах, неисправных контактных соединений.

Обследование должно проводиться в соответствии с требованиями действующих Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок.

При обследовании ВЛ на опорах любого типа (металлических, железобетонных, деревянных) следует обращать внимание на общие характерные неисправности основных элементов:

- наклон стоек опор вдоль и поперек ВЛ сверх допустимых норм; заглубление фундаментов (стоек железобетонных опор, приставок деревянных опор) менее предусмотренного проектом;
- коррозия металлических деталей опор;
- деформация элементов опор;
- наличие на опорах птичьих гнезд и других посторонних предметов, создающих условия для отключения ВЛ;
- отсутствие или неисправное состояние защиты оснований (фундаментов) опор от ледохода, размывания талыми и дождевыми водами;
- угрожающий рост оврагов вблизи оснований (фундаментов) опор;
- наличие набросов, оборванных проволок, следов перекрытия, оплавления или вспучивания верхнего повива (фонарей) на проводах и грозозащитных тросах;
- разрегулировка проводов фаз, разрегулировка проводов в расщепленной фазе;
- наличие коррозии проводов, грозозащитных тросов, оттяжек опор;
- повреждение проводов и тросов в поддерживающих и натяжных зажимах;
- повреждение дистанционных распорок, гасителей вибрации, гасителей пляски проводов;
- отсутствие гасителей вибрации, предусмотренных проектом ВЛ, или их смещение от места установки;
- неисправности в креплениях и соединениях проводов и тросов, образование трещин в корпусе зажима или соединителя, отсутствие болтов, шайб, отвинчивание гаек, отсутствие или выполнение шплинтов, неправильный монтаж зажимов или соединений, следы перегрева контакта зажима (соединителя), вытяжка провода из зажима или соединителя, наличие нестандартных или не предусмотренных проектом

зажимов;

- недопустимое приближение шлейфа к элементам анкерных и угловых опор, дефекты в контактных соединениях (сварных, болтовых) проводов (тросов) в шлейфах;

- механическое повреждение фарфоровых или стеклянных деталей изоляторов (осыпание, сколы, трещины);

- следы перекрытия гирлянд и отдельных изоляторов (повреждение глазури, разрушение фарфора, стекла, следы оплавлений на армировке изоляторов и арматуре гирлянд);

- загрязнение изоляторов;

- отклонение изолирующих поддерживающих подвесок от вертикального положения сверх допустимого значения;

- выползание стержня из шапки изолятора, наличие погнутой стержней изолятора, наличие трещин в шапке изолятора;

- отсутствие гаек, шплинтов, замков в деталях изолирующих подвесок;

- коррозия арматуры, шапок изоляторов;

- трещины в арматуре, перетирание или деформация отдельных деталей арматуры;

- повреждение разрядных рогов, экранирующих колец, координирующих промежутков, изменение расстояний искровых промежутков более допустимых;

- повреждения или обрывы заземляющих спусков на опорах и у земли;

- неудовлетворительный контакт в болтовых соединениях грозозащитного троса с заземляющими спусками или телом опоры (либо заземляющего спуска с телом опоры);

- разрушение коррозией заземления контура опор;

- превышение сверх допустимого значения сопротивления заземления опор;

- дефекты в установке и конструкции трубчатых разрядников.

При осмотрах трассы ВЛ выявляется:

- соответствие ширины просеки установленным нормам;

- наличие на краю просеки деревьев, угрожающих падением на провода ВЛ;

- наличие на просеке деревьев и кустарников высотой, превышающей установленные нормы;

- наличие не предусмотренных проектом объектов на трассе ВЛ.

В процессе обследования при необходимости проводятся работы по определению уровня напряженности электрического поля вблизи границы санитарно-защитной зоны и жилых строений, наличия и уровня помех радио- и телеприему, а также определяются другие параметры воздействия ВЛ на окружающую среду.

Состояние элементов ВЛ при проведении обследования определяется внешним осмотром, а также с помощью соответствующих средств измерения, приборов, приспособлений, методики пользования которыми приведены в "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ" (М.: СПО ОРГРЭС, 1991), инструкциях по эксплуатации приборов и других документах.

#### **Оценка технического состояния ВЛ и ее элементов**

Оценка технического состояния ВЛ и ее элементов основывается на сравнении выявленных дефектов и неисправностей ВЛ в целом и ее элементов с требованиями

норм и допусками, приведенными в проектных материалах обследуемой ВЛ, в государственных стандартах, ПУЭ, СНиП, "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ", технических условий и других нормативно-технических документах.

Для этой же цели могут быть использованы эксплуатационные инструкции и другие документы, разработанные энергосистемой, в которой проводится обследование ВЛ.

Для проведения расчетов и выработки рекомендаций могут использоваться методики расчета конструкций опор и проводов, способы устранения дефектов и повреждений, приведенные в "Методических указаниях по оценке технического состояния металлических опор воздушных линий электропередачи и порталов открытых распределительных устройств напряжением 35 кВ и выше: МУ 34-70-177-87". (М.: СПО Союзтехэнерго, 1988), в "Методических указаниях по эксплуатации и ремонту железобетонных опор и фундаментов линий электропередачи 0,4-500 кВ". (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1972).

Ширина просеки, расстояния от ВЛ до различных объектов должны соответствовать требованиям, приведенным в ПУЭ.

Допуски на установку сборных фундаментов и свай должны соответствовать требованиям СНиП 3.05.06-85 и "Типовой инструкции по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ".

Допуски на отклонения опор ВЛ от проектного положения и допустимые прогибы элементов железобетонных опор приведены в СНиП 3.05.06-85 И СНиП 3.03.01-87.

Уменьшение поперечного сечения расчетных элементов металлических опор и металлических деталей железобетонных и деревянных опор в результате коррозии не должно превышать допустимых значений, указанных в проекте конкретной ВЛ.

Для железобетонных стоек опор допускаются следующие отклонения:

по толщине стенки бетона  $\pm 5$  мм;

– по кривизне стойки вдоль продольной оси не более 2 мм на 1 м погонной длины;

– толщина защитного слоя бетона должна быть:

– для продольной рабочей арматуры (ненапрягаемой и напрягаемой) - не менее диаметра стержня (каната) арматуры;

– для поперечной распределительной и конструктивной арматуры - не менее диаметра указанной арматуры и не менее 10 мм при толщине конструкции стойки до 250 мм.

Тяжение в тросовых оттяжках опор при скорости ветра не более 8 м/с и отклонении опор в пределах допусков должно соответствовать проекту и составлять при подвешенных проводах и грозозащитных тросах в пределах 20÷50 кН.

Допускается уменьшение площади поперечного сечения троса оттяжки:

– до 10% при закреплении оборванных проволок бандажом;

– до 20% при установке ремонтных зажимов, монтируемых методом опрессования.

Допускается уменьшение площади поперечного сечения проводов и тросов из одного материала и проводящей части комбинированных проводов и тросов:

– до 17%, но не более четырех проволок при закреплении оборванных или

поврежденных проволок бандажом;

– до 34% при установке ремонтных зажимов, монтируемых методом опрессования.

Прочность заделки проводов и тросов в соединительных зажимах, установленных в пролетах ВЛ, должна составлять не менее 90% от нормируемого разрывного усилия проводов и тросов.

Геометрические размеры соединительных и натяжных зажимов должны соответствовать требованиям ведомственных технологических карт. На их поверхности не должно быть трещин, коррозии и механических повреждений, кривизна спрессованного зажима не должна превышать 3% его длины. Смещение стального сердечника относительно симметричного положения по отношению к длине алюминиевого корпуса зажима не должно превышать 15% длины прессуемой части провода. Прессуемые соединители должны иметь после опрессования диаметр, не более чем на 0,3 мм превышающий диаметр матрицы.

На соединителях, смонтированных методом скручивания, число витков должно быть для сталеалюминиевых проводов в пределах  $4 \div 4,5$  (для проводов марки АЖС 70/39 -  $5 \div 5,5$ ).

Сварные соединения проводов бракуются, если поврежден наружный покров провода, нарушается сварка при перегибе провода руками, имеется усадочная раковина в месте сварки глубиной более  $1/3$  диаметра провода (для сталеалюминиевых проводов сечением 150-600 мм<sup>2</sup> - не более 6 мм).

Болтовые соединения бракуются, если падение напряжения или сопротивление на участке соединения более чем в 2 раза превышает падение напряжения или сопротивление на участке целого провода той же длины.

Контактные соединения ВЛ бракуются также по температурным критериям, приведенным в действующих Методических указаниях по тепловизионному контролю состояния контактных соединений воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше.

Линейная арматура не должна иметь трещин, раковин. Размеры осей и деталей шарнирных соединений не должны отличаться от проектных более чем на 10%, площади опасных сечений не должны быть ослаблены более чем на 20%.

Разрегулировка проводов различных фаз и грозозащитных тросов одного относительно другого должна составлять не более 10% проектной стрелы провеса провода (троса).

Разрегулировка проводов в расщепленной фазе не должна превышать 20% расстояния между проводами в фазе ВЛ для ВЛ 330-500 кВ и 10% для ВЛ 750 кВ. Угол разворота проводов в фазе не должен превышать 10°.

Разворот коромысла поддерживающего зажима расщепленной фазы допускается до 5°.

Подвесные фарфоровые изоляторы должны браковаться, если:

– имеются радиальные трещины, бой фарфора (более 25% объема фарфора), оплавления или ожоги глазури, стойкое загрязнение поверхности фарфора, трещины, искривления и выполазания стержня изоляторов, трещины в шапках изоляторов;

– они не выдерживают напряжения (нулевые изоляторы) при измерении штангой с постоянным искровым промежутком;

– они выдерживают не более 50% напряжения, нормально приходящегося на

изолятор;

– при проверке мегаомметром на напряжение 2,5 кВ сопротивление сухих изоляторов менее 300 МОм.

Стекланные подвесные изоляторы должны браковаться, если:

- разрушена стеклодеталь;
- на поверхности стекла имеются волосяные трещины;
- имеется стойкое загрязнение поверхности стекла.

Отклонение от проектного значения (требований ПУЭ) сопротивления заземляющего устройства опор не должно превышать 10%. Заземлитель не соответствует требованиям, если разрушено более 50% его сечения.

Для оценки технического состояния элемента (конструкции) при необходимости проводятся расчеты его (ее) фактической механической прочности с учетом выявленных дефектов или повреждений. Расчеты, как правило, проводятся на ЭВМ с использованием специальных программ.

В ряде случаев для выявления фактической несущей способности конструкций опор, фактической механической прочности проводов, тросов, других элементов ВЛ производится механические испытания с определением фактических разрушающих нагрузок либо нагрузок с заданным коэффициентом запаса механической прочности.

Полученные в результате расчетов или механических испытаний данные сравниваются с нормативными значениями допустимых нагрузок (нормативными коэффициентами запаса механической прочности) либо с проектными значениями допустимых нагрузок.

Для выявления фактических электрических характеристик линейных изоляторов проводятся их электрические испытания. Результаты испытаний сравниваются с паспортными электрическими характеристиками данного типа изолятора.

При оценке состояния ВЛ (элементов ВЛ) следует руководствоваться следующими положениями:

- техническое состояние элементов ВЛ является удовлетворительным, если выявленные дефекты или повреждения, не превышают допустимых значений;
- техническое состояние элемента ВЛ является неудовлетворительным, если требования нормативно-технических документов не соблюдаются; при этом следует также указать, является ли элемент, находящийся в неудовлетворительном состоянии, неремонтопригодным или ремонтнопригодным.

Указанные оценки составляются для условий, на которые была рассчитана и сооружена ВЛ. Соответствие элементов ВЛ новым условиям, появившимся после строительства линии, определяется при разработке проектной документации реконструкции ВЛ.

При оценке технического состояния элементов ВЛ могут быть приняты следующие решения:

- элемент (конструкция) удовлетворяет требованиям нормативно-технических документов (проекта), не требует ремонта, признается исправным и может быть оставлен для дальнейшей эксплуатации;
- элемент (конструкция), не удовлетворяет отдельным требованиям нормативно-технических документов, признается работоспособным, ремонтнопригоден и после проведения ремонта может быть оставлен для дальнейшей эксплуатации;

– элемент (конструкция) неремонтопригоден, признается неработоспособным и подлежит замене;

– элемент (конструкция) соответствует расчетным нагрузкам, принятым при проектировании, но не соответствует фактическим нагрузкам, выявленным в процессе эксплуатации или возникшим при модернизации ВЛ (например, фактические гололедные нагрузки превышают принятые при проектировании), признается неработоспособным и подлежит замене или реконструкции;

– элемент (конструкция) не требует замены или усиления (ремонта), если не превышаются нормируемые критерии отбраковки, нагрузки на ВЛ по сравнению с первоначальными проектными остались без изменения и нормы, по которым проектировалась ВЛ, не менялись.

По результатам проведенного обследования ВЛ, а также, используя полученные данные расчетов или испытаний элементов ВЛ (если последние проводились), определяется комплексная качественная оценка технического состояния ВЛ 35-750 кВ.

Комплексная качественная оценка технического состояния ВЛ 35-750 кВ определяется с учетом технического состояния отдельных элементов: опор, фундаментов, проводов, тросов, изоляторов и арматуры.

Расчет комплексной качественной оценки технического состояния ВЛ производится на основе коэффициентов дефектности элементов.

### **2.4.3. Оформление результатов оценки технического состояния ВЛ**

Документ (акт, протокол или технический отчет), отражающий результаты проведенного обследования, в общем случае должен содержать:

– описание элементов ВЛ (основные сведения об элементах и их назначение);  
– сведения о сроке эксплуатации элементов ВЛ, особенности их эксплуатации, проведении ремонтных и других видов работ на ВЛ;

– ведомости неисправностей, дефектов и повреждений;

– качественную оценку неисправностей и краткое описание характерных дефектов и повреждений с указанием очевидных или предполагаемых причин их возникновения;

– оценку состояния отдельных элементов ВЛ;

– общую оценку технического состояния всей ВЛ;

– рекомендации по устранению обнаруженных неисправностей элементов ВЛ путем усиления (ремонта) или замены.

В документе по обследованию приводятся рекомендации по проведению испытаний отдельных элементов ВЛ или их узлов, если другим путем определить их техническое состояние или пригодность к дальнейшей эксплуатации не представляется возможным.

Данные обследования элементов ВЛ служат основным источником определения объемов работ при проектировании, реконструкции (модернизации, техническом перевооружении) ВЛ.

## **2.5 Меры безопасности при производстве реконструкционных работ.**

Электромонтажным организациям работать на действующей ВЛ, находящейся под напряжением, а также на действующих двухцепных (многоцепных) ВЛ, если одна из них находится под напряжением, запрещается.



Электромонтажным организациям разрешается выполнять работы в условиях отключенной ВЛ и на линии, строящейся вблизи действующей ВЛ.

Работами вблизи действующих линий считаются:

- строительные и монтажные работы в пределах охранной зоны действующей ВЛ любого напряжения;
- сборка и установка опор ВЛ любого напряжения за пределами охранной зоны действующей ВЛ при расстоянии между ближайшими крайними проводами действующей и строящейся линий, равном 1,5 высоты устанавливаемых опор или меньше;
- монтаж проводов и тросов строящейся ВЛ любого напряжения в пролете пересечения с действующей ВЛ любого напряжения;
- монтаж проводов и тросов ВЛ любого напряжения, строящейся в зоне влияния действующей ВЛ напряжением 110-750 кВ, а именно работы на линии, проходящей по всей длине или на отдельных участках общей длиной не менее 2 км параллельно другой действующей ВЛ напряжением 110 кВ и выше, на нормированном расстоянии от нее (между осями):

<b>Напряжение ВЛ, кВ</b>	110	150; 220	330; 500	750-1150
<b>Расстояние, м</b>	100	150	200	250

Охранная зона вдоль ВЛ устанавливается в виде воздушного пространства над землей, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии от крайних проводов по горизонтали, указанном ниже:

<b>Напряжение ВЛ, кВ</b>	До 20	Свыше 20 до 35	35 - 110	110-220	220-500	500-750	750-1150
<b>Расстояние, м</b>	10	15	20	25	30	40	55

Электромонтажные работы на реконструируемой ВЛ вблизи действующей ВЛ в ее охранной зоне, за пределами охранной зоны, но в пределах зоны влияния действующей ВЛ должны производиться под непосредственным руководством мастера (прораба), ответственного за безопасное производство работ, при наличии письменного разрешения владельца ВЛ и наряда-допуска, определяющего безопасные условия работ .

Работы на конечных опорах ВЛ, находящихся на территории открытых распределительных устройств действующих электрических станций и подстанций, выполняются по наряду-допуску и под надзором наблюдающего из персонала станции (подстанции).

Работы по реконструкции действующих ВЛ электромонтажные организации могут выполнять только после отключения и заземления линии со всех сторон, откуда напряжение может быть подано к месту работ, по наряду-допуску от эксплуатирующей организации.

Производство работ в пролетах пересечений с действующей ВЛ допускается без отключения последней в том случае, если провода ВЛ, на которой выполняются работы, проходят под проводами ВЛ, находящейся под напряжением. В этом случае работы выполняются по наряду-допуску от эксплуатирующей организации.

Если провода ВЛ, на которой производятся работы, проходят над проводами ВЛ, находящейся под напряжением, последняя должна быть отключена и заземлена.

Работы должны выполняться по наряду-допуску, выданному эксплуатирующей организацией.

Если при выполнении работ на реконструируемой ВЛ не исключена возможность приближения к проводам действующей ВЛ на опасное расстояние, то действующая ВЛ должна быть отключена и заземлена вблизи места производства работы. Отключение этой ВЛ и ее заземление на рабочем месте производит персонал эксплуатирующей организации.

На отключенных ВЛ работы производятся по наряду-допуску от эксплуатирующей организации.

На одноцепных ВЛ заземление на рабочем месте накладывается на опоре, на которой производится работа, или на соседней. Допускается наложение заземлений с двух сторон участка ВЛ, на котором работает бригада, при условии, что расстояние между заземлителями не превышает 2 км.

При монтаже проводов ВЛ в пролете пересечения с другой ВЛ, находящейся под напряжением, заземлитель устанавливается на опоре, где производится работа. Если в этом пролете монтируются (демонтируются) провода или тросы, то с обеих сторон от места пересечения заземляется как монтируемый, так и демонтируемый провод или трос.

При работах на ВЛ напряжением до 1000 В, выполняемых с опор или с телескопической вышки без изолирующего звена, заземлитель устанавливается как на провода монтируемой (демонтируемой) ВЛ, так и на все подвешенные на этих опорах провода, в том числе провода линий радиотрансляции и телемеханики.

При перерыве в работе в связи с окончанием рабочего дня заземления, наложенные на рабочих местах ВЛ, можно не снимать. На следующий день при возобновлении работы допуск бригады производится после проверки целостности и надежности присоединения оставленных заземлителей.

Перед разрывом электрической цепи проводов или тросов ВЛ (рассоединение, перерезание) дополнительные заземления устанавливает персонал монтажной организации по обе стороны от места разрыва на ближайших опорах. Бригадир электромонтажников-линейщиков должен вести наблюдение за надлежащим состоянием заземлителей. После полного окончания работ на ВЛ персонал электромонтажной организации снимает установленные им дополнительные заземлители.

По окончании ЭМР производитель работ проверяет отсутствие на опорах, проводах и гирляндах изоляторов материалов, инструмента и т.п. и удаляет бригаду с места работы.

С момента снятия установленных на ВЛ заземлителей ее следует считать находящейся под напряжением.

Перед началом работы строительных машин и механизмов в охранной зоне ВЛ должно быть обеспечено снятие напряжения с ВЛ.

При невозможности снять напряжение с ВЛ допускается работа строительных машин непосредственно под ее проводами при условии соблюдения соответствующих требований.

Водители грузоподъемных машин при допуске к работе лицом, ответственным за безопасное перемещение грузов кранами под ВЛ, должны быть проинструктированы о порядке проезда и выполнения работы.

При работе стреловых кранов в охранной зоне ВЛ лицо, ответственное за безопасное перемещение грузов кранами, обязано до подъема стрелы в рабочее положение проверить правильность установки крана в указанном им месте и сделать запись в путевом листе: "Установку крана на указанном мною месте проверил; работу разрешаю".

При работе в пределах охранной зоны ВЛ без снятия напряжения механизмы и грузоподъемные машины должны быть заземлены инвентарным переносным заземлителем. Грузоподъемные машины на гусеничном ходу при установке их непосредственно на грунте заземлять не требуется.

Расстояние по воздуху от машины (механизма) или от ее выдвигной или подъемной части, а также от рабочего органа или поднимаемого груза в любом положении (в том числе и при наибольшем подъеме или вылете) до ближайшего провода, находящегося под напряжением, должно быть не менее указанного ниже:

<b>Напряжение ВЛ, кВ</b>	До 20	Свыше 20 до 35	35 - 110	110-220	220-500	500-750	750-1150
<b>Расстояние, м</b>	2	2	2	4	5-7	10	11

При невозможности соблюдения указанных расстояний с ВЛ должно быть снято напряжение на время работы и перемещения машины.

При передвижении машин и механизмов, а также перевозке оборудования и конструкций под проводами действующей ВЛ расстояние до токоведущих частей от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положении, от стропов, грузозахватных приспособлений, грузов должно быть:

<b>Напряжение ВЛ, кВ</b>	До 1	3-35	60 - 110	150	220
<b>Расстояние, м</b>	1	1	1,5	2	2,5

Складирование материалов и оборудования в охранной зоне и под проводами действующей ВЛ запрещается.

При приближении грозы производитель работ обязан снять всю бригаду с работы и вывести людей с трассы линии. Во время грозы производство работ и пребывание рядом с опорами действующей или строящейся ВЛ запрещается.

Перед началом работы вблизи действующих открытых распределительных устройств (ОРУ) и ВЛ напряжением 330 кВ и выше необходимо измерить напряженность электрического поля, а также границы зон влияния и экранирования. При напряженности поля более 5 кВ/м должны быть приняты специальные меры безопасности и применены соответствующие средства защиты, а также ограничено время пребывания работников в этой зоне.

При ЭМР на участках отключенных токоведущих частей ВЛ для снятия наведенного потенциала их необходимо заземлять. Прикасаться к отключенным, но не заземленным токоведущим частям без средств защиты запрещается. Монтажные приспособления и оснастка, которые могут оказаться изолированными от земли, также должны быть заземлены.

При выполнении с опор работ по монтажу проводов (тросов) ВЛ, проходящей в зоне наведенного напряжения, заземления должны быть наложены на каждой опоре, где производится работа.

Натяжение провода должно производиться в сторону еще не смонтированного анкерного пролета. Если это невозможно, необходимо принять специальные меры,

чтобы предотвратить прикосновение монтируемого провода или тягового троса к смонтированным проводам.

Выполнять работы на проводе и грозозащитном тросе после его закрепления на анкерных опорах (перекладка и установка гасителей вибрации) разрешается только при заземлении провода и троса на месте работ.

Машины и механизмы на пневмоколесном ходу, находящиеся в зоне влияния электрического поля, должны быть заземлены. При их передвижении в этой зоне для снятия наведенного потенциала к шасси или кузову следует присоединить металлическую цепь, которая должна касаться земли.

Заправка машин и механизмов горючими и смазочными материалами в зоне влияния электрического поля запрещается.

Присоединение вновь смонтированных электроустановок, в том числе ВЛ, к действующим электроустановкам должен выполнять эксплуатационный персонал.

## **2.6 Приемка реконструированной ВЛ в эксплуатацию**

### **2.6.1 Наблюдение за реконструкцией действующих ВЛ.**

При реконструкции действующих ВЛ на территории, обслуживаемой ПЭС, служба линий или РЭС обеспечивает технический контроль за этими объектами, в который входят следующие мероприятия:

- до начала работ проверяют проектную документацию на эти ВЛ и определяют достаточность изложенных в ней технических решений для обеспечения ее нормальной последующей работы;

- организуют по плану периодический технический надзор за производством реконструктивных работ на весь период реконструкции ВЛ.

При реконструкции действующей ВЛ, имеющей принципиальные конструкционные отличия от эксплуатируемых ВЛ или применения новых методов монтажных и реконструктивных работ, руководство ПЭС направляет мастеров и электромонтеров на реконструкцию ВЛ для ознакомления с её новым оборудованием и практического освоения новых методов работ, инструмента и механизмов.

Для выполнения технического надзора за работами на этих ВЛ выделяют квалифицированных, с большим опытом работы мастеров, инженеров и электромонтеров ПЭС, которых тщательно инструктируют о порядке надзора, о наиболее часто встречающихся в эксплуатации ВЛ недостатках и др. Периодичность технического надзора за такими ВЛ устанавливает главный инженер ПЭС.

При проведении технического надзора за этими ВЛ, естественно, обращают особое внимание на выполнение скрытых работ (правильность заглубления железобетонных опор, установку предусмотренных в проекте ВЛ ригелей, фундаментов, тщательное уплотнение пазух в котлованах гравийно-песчанной смесью, отсутствие загнивших деталей деревянных опор, правильность монтажа контактных соединений проводов и тросов и др.).

Обо всех обнаруженных дефектах и недоделках при производстве работ на ВЛ представители ПЭС немедленно сообщают руководителям подрядных организаций для своевременного их устранения и в службу линий ПЭС или в РЭС.

### 2.6.2 Приемка ВЛ в эксплуатацию.

По окончании реконструктивных работ организация уведомляет ПЭС в письменной форме о готовности ВЛ к сдаче в эксплуатацию и включению под напряжение.

Запрещается приемка в эксплуатацию ВЛ с дефектами и недоделками, с отступлениями от утвержденного проекта, нормативных документов (стандартов, строительных норм и правил и т.п.) или состава пускового комплекса, не согласованными с заказчиком и проектной организацией, без проведения испытаний и проверки объектов, относящихся к ВЛ.

Для приёмки ВЛ в эксплуатацию назначают приемочную комиссию из представителей заказчика, генерального подрядчика, генерального проектировщика, органов государственного санитарного надзора, органов государственного пожарного надзора, органов по использованию и охране водных ресурсов, технической инспекции Совета профсоюзов, профессиональной организации заказчика и финансирующего банка.

В помощь приемочной комиссии создают рабочие комиссии с участием электромонтеров-линейщиков. Члены рабочих комиссий производят детальный осмотр (влезая на каждую опору) и составляют акты с перечислением обнаруженных дефектов и недоделок, которые своевременно устраняют строители.

Генеральный подрядчик предъявляет рабочим комиссиям следующую документацию:

- список организаций, участвовавших в производстве реконструктивных работ, с указанием выполненных ими видов работ;
- ведомость объектов, предъявляемых к приемке;
- ведомость отступлений от утвержденного проекта; в ведомости перечисляются лишь важнейшие принципиальные отклонения с указанием причин, вызвавших эти отклонения, и ссылкой на акты, протоколы, заключения экспертизы и другие документы, их обосновывающие;
- ведомость недоделок реконструктивных работ. Ведомость составляется до начала приемки, один ее экземпляр прилагается к сообщению о готовности ВЛ к приемке. Все не законченные реконструкцией сооружения, непосредственно относящиеся к сдаваемой ВЛ, несмотря на то, что они представляют самостоятельные объекты, учитываются как недоделки и вносятся в отдельную ведомость;
- комплект рабочих чертежей на реконструкцию предъявляемой к приемке ВЛ, разработанные проектными организациями, с подписью лиц, ответственных за производство работ, о соответствии выполненных работ чертежам или внесенным изменениям в рабочие чертежи. Указанный комплект рабочих чертежей является исполнительной документацией;
- паспорт ВЛ;
- трехлинейная схема ВЛ с нанесением расцветки фаз, транспозиции проводов и номеров всех опор;
- журналы работ по устройству (реконструкции) фундаментов под опоры;
- журналы работ по монтажу (реконструкции) опор;
- журналы по монтажу (реконструкции) заземления опор;
- акты приемки скрытых работ по фундаментам и заземлению опор;

- журналы всех видов соединений проводов и грозозащитных тросов, в том числе и сварных;
- журналы монтажа натяжных и ремонтных зажимов проводов и грозозащитных тросов;
- журналы монтажа проводов и грозозащитных тросов в анкерованных участках;
- акты (протоколы) измерений и осмотров переходов и пересечений, составленные строительно-монтажной организацией совместно с представителями заинтересованных организаций;
- протоколы измерений заземляющих устройств опор;
- перечень аварийного запаса материалов и оборудования, передаваемого на баланс эксплуатирующей организации.

Вся перечисленная выше документация после окончания работы рабочей комиссии хранится в ПЭС.

Эксплуатирующая организация помимо документации, перечисленной выше, предъявляет приемочной комиссии следующие материалы:

- утвержденную проектно-сметную документацию, технический (техно-рабочий) проект, а также технические проекты отдельных участков ВЛ (сложных переходов, отдельных сложных участков трассы и т.д.);
- акты рабочих комиссий о приемке ВЛ, зданий, сооружений, оборудования и ведомости отступлений от проекта и нормативных документов;
- документацию по отводу земель под трассу ВЛ, согласованную с соответствующими организациями;
- перечень проектных организаций, участвовавших в проектировании ВЛ, предъявляемой к сдаче;
- справку о соответствии фактической стоимости реконструкции ВЛ предусмотренной в утвержденном проекте;
- справки проектных и строительно-монтажных организаций о применении на реконструируемой ВЛ новых технических решений;
- полный перечень (опись) документации, передаваемой эксплуатирующей организацией приемочной комиссии.

При оценке качества выполненных реконструктивных работ на принимаемой в эксплуатацию ВЛ, определяют соответствие линии проекту и требованиям нормативно-технической документации, должны быть проведены выборочные проверки и измерения, оформляемые технической документацией по приемке: опор и их элементов, проводов, элементов крепления линейной арматуры, устройств заземления и защиты от перенапряжений, соответствие нормам габаритов, пересечений и сближений с соседними линиями и другими инженерными сооружениями и др.

После устранения организацией всех недостатков и несоответствий с проектом выполняют повторный осмотр линии, составляют дополнительно акт. Приемочная комиссия определяет готовность ВЛ к передаче ее в эксплуатацию.

Включение ВЛ под напряжение производится оперативным персоналом энергосистемы по заявке и с разрешения председателя приемочной комиссии. Напряжение на линию подается толчком при минимальных уставках по току и

времени на реле защит. Перед включением нагрузки линию фазируют с сетями энергосистемы.

Под нагрузкой ВЛ испытывают в течении суток. При положительных результатах испытания составляют акт о передаче ВЛ в эксплуатацию.

### **Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 2:**

1. С чем связана необходимость выполнения реконструкции ВЛ и за счет чего она выполняется?
2. Что представляет собой физический износ ВЛ, каким образом он устраняется?
3. Что представляет собой моральный износ ВЛ, каким образом он устраняется?
4. За счет чего повышается пропускная способность ВЛ при реконструкции?
5. За счет чего повышается надежность работы ВЛ при реконструкции?
6. Дать определение понятию «Реконструкция ВЛ»
7. Перечислить номенклатуру работ по реконструкции ВЛ?
8. Чем отличается реконструкция ВЛ от капитального ремонта?
9. Какие основные нормативные документы являются регламентирующими при разработке проектов реконструкции ВЛ?
10. В каком случае при реконструкции выполняются изыскания по трассе ВЛ?
11. Какие мероприятия должны включаться в состав проектно-сметной документации на реконструкцию ВЛ?
12. Что необходимо выполнить до начала разработки проекта реконструкции ВЛ?
13. Что является основанием для выполнения реконструкции ВЛ?
14. Назвать три основных этапа обследования технического состояния ВЛ.
15. Какой документ оформляется после обследования технического состояния ВЛ?
16. Допускается ли электромонтажным организациям выполнять работы на действующих ВЛ без снятия напряжения с них?
17. Перечислить основные мероприятия по ТБ при работах на участках пересечения, сближения и параллельном следовании с ВЛ, находящимся под напряжением при выполнении реконструкции.
18. В чем смысл наблюдения за реконструкцией действующих ВЛ? Кто его осуществляет?
19. Перечислить этапы приемки ВЛ из реконструкции.

## Тема 3. Технология демонтажа воздушных линий электропередачи

### Изучаемые вопросы темы:

- 3.1 Общие сведения о демонтаже элементов ВЛ.
- 3.2 Общий порядок выполнения подготовительных работ перед демонтажем элементов ВЛ.
- 3.3 Общий порядок и способы демонтажа проводов и грозозащитных тросов.
- 3.4 Общий порядок и способы демонтажа опор ВЛ.
- 3.5 Общий порядок и способы демонтажа фундаментов под опоры ВЛ.
- 3.6 Особенности производства демонтажных работ в местах пересечения с инженерными сооружениями.
- 3.7 Оформление исполнительной документации на демонтажные работы.

**Используемые информационные ресурсы:**[2], [3], [5], [7], [9], [19], [22], [23], [24], [26].

### **3.1 Общие сведения о демонтаже элементов ВЛ.**

Полное или частичное обновление воздушных линий, а в некоторых случаях и полный их демонтаж требует вмешательства профессионалов, которые смогут произвести демонтаж воздушных линий в соответствии с установленными требованиями и в самые короткие сроки. Учитывая, что демонтаж ВЛ требует наличия специальной техники, соответствующего разрешения и опыта в проведении данных работ, не стоит даже предпринимать попытки произвести демонтаж воздушных линий собственными силами, привлекая для этого людей, не имеющих специального опыта.

Не редкость, когда по каким либо причинам возникает необходимость произвести демонтаж линии электропередач. Это может быть снос ЛЭП, которые уже конструктивно устарели и требуют замены на новые более надежные и эффективные, или демонтаж опор ЛЭП, которые являются уже списанными по каким-то причинам и лишь занимают определенное место. В любом из выше перечисленных случаев на демонтаж линии электропередач или демонтаж опор ЛЭП требуется специальное разрешение и допуск к проведению данного вида работ.

Стоит учесть, что демонтаж ВЛ не может производиться без специального разрешения и наличия допуска на проведение данного вида работ. То есть, предварительно нужно произвести согласование на проведение работ по демонтажу, убедиться в том, что линия обесточена в соответствии со всеми правилами, и лишь тогда приступать к демонтажу воздушных линий.

Наличие специальной техники позволяет быстро произвести подготовительные работы по расчистке территории подъезда к опорам воздушных линий и в дальнейшем произвести их демонтаж.

Работы по демонтажу элементов ВЛ проводятся по технологической карте или проекту производства работ.

При разработке технологической документации (ППР) необходимо предусмотреть методы производства работ, позволяющие осуществить деловое применение демонтированных деталей и изделий в зависимости от степени их сохранности



**Работы по демонтажу воздушных линий состоят из нескольких этапов:**

1. Подготовительные работы,
2. Демонтаж воздушных линий (тросы, провода, линейная арматура и изоляторы)
3. Демонтаж опор ВЛ и вывоз демонтированных конструкций с места производства работ.

Все работы должны выполняться в строгой последовательности.

На первом этапе производится очистка подъездов к воздушным линиям от деревьев и кустарников.

Второй этап включает в себя работы по демонтажу воздушных линий (демонтаж проводов).

На третьем этапе производится демонтаж опор ВЛ и вывоз их с места установки.

Работы по демонтажу воздушных линий согласовываются с соответствующими структурами, на их выполнение выписывается разрешительный документ, и только тогда можно смело приступать к выполнению поставленной задачи.

### **3.2 Общий порядок выполнения подготовительных работ перед демонтажем элементов ВЛ.**

В первую очередь перед демонтажем должны быть проведены подготовительные работы, к которым относят:

1. Выполнены организационно-технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ, в том числе ограждение рабочего места;
2. Расчищены к опорам ЛЭП проезды;
3. Выполнено обустройство необходимого рабочего места с расчисткой монтажной площадки и с вывозкой на пикет необходимого такелажа и оснастки;
4. Организована площадка под складирование демонтированных элементов за пределами монтажной площадки;
5. Определен порядок выполнения демонтажных работ.

### **3.3 Общий порядок и способы демонтажа проводов и грозозащитных тросов.**

До начала демонтажа проводов и тросов необходимо, кроме основных подготовительных работ, обратить особое внимание на предотвращение поломок, особенно в местах крепления такелажа и строповки. С этой целью перед началом работ необходимо проверить состояние отдельных элементов и выявить повреждения, возникшие при эксплуатации ВЛ - загнивание древесины, коррозия и деформация металла, повреждения железобетона. При обнаружении дефектов, способных повлиять на прочность и устойчивость конструкций, следует принимать дополнительные меры по обеспечению надежности такелажной схемы, в том числе выполнить усиление опорных конструкций.

Демонтаж проводов и тросов требует определенной очередности проведения работ, которой следует строго придерживаться: **последовательно по фазам, начиная с нижней, демонтировать провод, а затем грозозащитный трос.** При одноцепной ВЛ необходимо предусмотреть усиление опоры в целях предотвращения ее падения от неравномерности действующий нагрузок.

При демонтаже проводов **без необходимости их максимального конструктивного сохранения** демонтаж представляет собой поочередное срезание

проводов на каждой опоре и сбрасывание их на землю. В некоторых случаях, если предусмотрено ППР, допускается одновременный демонтаж опоры с закрепленными на ней проводами и тросами, которые в дальнейшем отсоединяются.

При демонтаже проводов и тросов с **возможностью делового применения** последовательность работ представляет собой:

1. Перекладка проводов и грозозащитных тросов из поддерживающих зажимов в ролики (при демонтаже без опускания проводов на землю);
2. Разрезание шлейфов в петлях анкерных опор;
3. Опускание проводов и грозозащитных тросов с анкерно-угловых опор;
4. Опускание проводов и грозозащитных тросов с промежуточных опор (при демонтаже проводов с опусканием на землю)
5. Наматывание на барабан демонтированного провода.

**Примечание-** данные операции могут выполняться с опусканием проводов и тросов на землю и без опускания.

В некоторых случаях может быть предусмотрена при такой технологии возможность раскатки нового провода с использованием демонтируемого в качестве троса-лидера, при этом должно быть обеспечена требуемая прочность соединения.

### **3.4 Общий порядок и способы демонтажа опор ВЛ.**

Характер проводимых работ, направленных на демонтаж опор ВЛ напрямую зависит от конструкции и материала опоры, возможности ее дальнейшего делового применения (в качестве опоры на др. ЛЭП, в качестве мачт связи и пр.).

Основными способами демонтажа опор являются:

1. Валка опоры:

Металлические- заваливание опоры тяговым механизмом после срезания гаек анкерных опор или поясных уголков, перерезания оттяжек (для опор на оттяжках);

Железобетонные- выдергивание с помощью крана или валка тяговым механизмом.

2. Опускание опоры краном- возможно применение шарнира, устанавливаемого под опору, снятие опор с фундаментов и опускание их на землю.

3. Разборка опоры- применяется в случае невозможности применения опускания на землю (стесненные условия, ограничен подъезд, опора находится в узком коридоре действующих ЛЭП и пр.).

4. Опускание опоры при использовании ее в качестве падающей стрелы для подъема новой.

При необходимости, в целях безопасности, демонтируемые опоры усиливаются временными оттяжками, накладками на слабые сечения и пр.

### **3.5 Общий порядок и способы демонтажа фундаментов под опоры ВЛ.**

Технология демонтажа фундамента достаточно отработана и определяется рядом конкретных условий:

- характером строения,
- глубиной закладки,
- исходным материалом
- типом самого фундамента.

Кроме того, необходимо определиться с дальнейшей судьбой основания строения:

- будет оно реконструироваться,
- полностью сноситься
- на его месте появится иной объект с другим функциональным назначением или конструкцией.

**Демонтаж фундамента может быть полным или частичным**, и технология процесса в каждом случае имеет существенные особенности, серьезно отличается при этом также и стоимость работ.

К основным типам современных фундаментов относят:

1. Монолитные (плитные);
2. Сборные;
3. Свайные.

Наиболее прочным и трудоемким в разборке считается монолитное основание, заливаемое по всей площади и имеющее вид единой железобетонной плиты, ограниченной внешним периметром строения.

Сборный фундамент формируется из отдельных фундаментных блоков (подножников), укладываемых в подготовленный котлован.

Свайный фундамент наиболее прост в изготовлении и представляет собой заглубленные в грунт сваи, на которые установлены несущие конструкции (опоры ВЛ).

### **Технологические приемы демонтажа фундаментов**

Независимо от вида основания конструкции, технология демонтажа фундамента предполагает его предварительное экспертное обследование для выработки правильной последовательности операций и формирования перечня необходимой техники и приспособлений. Полезно также провести лабораторный анализ прочности монолита или блоков, для чего берутся пробы бетона из нескольких участков фундамента. Важно, что разборку фундамента можно осуществлять только после того, как сама опора полностью разобрана, а рабочая зона максимально очищена от мусора.

Когда проект демонтажа фундамента составлен, а технология определена, приступают к земляным работам, в ходе которых вдоль него выбирают грунт на максимально возможную глубину. Для этого сооружаются шпунтовые ограждения по контуру фундамента, а затем производится выборка грунта экскаватором с дальнейшей ручной доработкой (25%). Для этой цели используют экскаваторы, бульдозеры и иную аналогичную технику.

Освобожденный от грунта монолит разрушают одним из приемлемых методов. Если конструкция имеет большую прочность и внушительные габариты, можно пригласить квалифицированных взрывотехников и **разрушить ее контролируемым взрывом**, соблюдая должные меры безопасности. В иных случаях пользуются всевозможными средствами механизации и **мощными демонтажными устройствами: пневматическими отбойными молотками, гидроразрывными устройствами, бетоноломами, стенорезными машинами, гидромолотами и т. п.** Резку стальных арматурных прутьев ведут автогенами или алмазными пилами, не исключается использование электросварки. Для извлечения из сборного основания отдельных блоков, освобожденных от раствора, применяют подъемные краны. Демонтаж

фундамента, согласно общепринятой технологии, должен сопровождаться постоянным вывозом строительных отходов для недопущения захламления площадки. Поэтому привлечение многотоннажного грузового транспорта к таким работам обязательно.

Как правило, полный демонтаж фундаментов, которые не мешают новому строительству при реконструкции, не производится. При проектировании демонтажных работ стараются принять методы частичного демонтажа фундаментов, которые представляют собой занижение выступающих над поверхностью земли частей фундамента с последующей планировкой площадок.

Одним из единственных типов фундаментов, которые демонтируют при реконструкции является свайный фундамент из винтовых свай.

### **3.6 Особенности производства демонтажных работ в местах пересечения с инженерными сооружениями.**

До начала производства работ по демонтажу ВЛ вблизи действующих ВЛ и на переходах через ВЛ, железные дороги, автомобильные дороги Заказчиком, Подрядчиком и всеми заинтересованными сторонами должны быть составлены протоколы взаимного согласования, в которых необходимо указывать:

- даты и часы производства работ;
- даты и часы отключения действующих ВЛ;
- мероприятия по защите пересекаемых или сближаемых объектов от повреждения их во время производства работ;
- мероприятия по технике безопасности при производстве демонтажных работ;
- последовательность и технологию выполнения работ;
- фамилии ответственных руководителей работ(от строительно-монтажной организации) и наблюдающих(от организации; эксплуатирующей пересекаемый или сближаемый объект);
- организационные мероприятия по подготовке, выполнению и завершению демонтажных работ.

Для защиты от повреждения инженерных коммуникаций при производстве демонтажных работ должно быть предусмотрено сооружение переездов через них.

При демонтаже ВЛ в условиях города, на участках демонтажа провода следует устанавливать предупредительные сигналы и сторожевые посты, не допускающие прохода пешеходов и проезда автомашин или иного транспорта в демонтируемых пролетах. Опасные зоны должны быть обозначены знаками безопасности.

Демонтаж проводов и троса на переходах через железные дороги должен производиться с разрешения владельца перехода в согласованное с ним время и в присутствии его представителя. Сроки производства работ во избежание перерывов в движении составов должны быть заранее согласованы с представителями дороги, необходимо предусмотреть организацию технологических перерывов (окон) в движении железнодорожного транспорта.

Демонтаж проводов и тросов через водные преграды должен производиться по отдельному проекту производства работ. Порядок и время производства демонтажа требует обязательного согласования с управлением местного пароходства или бассейновым управлением. По их указанию организуется охрана места работы и устанавливаются порядок и средства сигнализации приближающимся судам.

Все работы на ВЛ выше 1000 В в местах пересечения с действующей ВЛ выполняются по наряду под надзором руководителя работ из состава специалистов, обслуживающих данную электроустановку.

При выполнении работы на проводах ВЛ в пролете пересечения с другой линией, находящейся под напряжением, заземление необходимо устанавливать на той опоре, где производится работа.

В пролетах пересечения на ВЛ работы на опорах, изоляторах и арматуре, расположенных выше проводов находящихся под напряжением, необходимо проводить по ППР, в котором должны предусматриваться меры предотвращающие опускание проводов. Запрещается демонтаж провода и грозозащитного троса без снятия напряжения с нижерасположенных проводов действующей ВЛ.

### **3.7 Оформление исполнительной документации на демонтажные работы.**

По окончании всех демонтажных работ, предусмотренных проектом, на демонтированные элементы ВЛ составляется акт приемки, который также передается в составе исполнительной документации.

После демонтажа линии и расчистки трассы заказчик обязан передать подрядчику трассу линии по акту для производства строительно-монтажных работ.

К акту должны быть приложены разрешения соответствующих организаций на право производства работ в зонах действующих ВЛ, сельскохозяйственных угодий, на участках железных и автомобильных дорог, в местах прохождения подземных коммуникаций (кабельных, водопроводных, канализационных, газовых и др.) и схема геодезической разбивки трассы ВЛ на местности.

На основании полученного разрешения при выполнении работ в охранной зоне действующей ВЛ подрядчик должен подать заявку эксплуатационному предприятию на допуск своего персонала к производству работ.

### **Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 3:**

1. Что необходимо выполнить до начала демонтажа элементов ВЛ?
2. На какие этапы делятся работы по демонтажу?
3. Перечислить подготовительные работы перед демонтажем
4. В каком случае выполняется временное укрепление опор ВЛ?
5. Перечислить мероприятия при демонтаже элементов ВЛ в зонах влияния действующих ВЛ
6. В чем смысл понятия «деловое применение» демонтированных элементов ВЛ. Где указывается необходимость делового применения?
7. В соответствие, с какими документами выполняются демонтажные работы?
8. Какова последовательность демонтажа (опускания) проводов и грозозащитных тросов? От чего зависит метод демонтажа проводов и г.з. тросов?
9. Перечислить методы демонтажа проводов и г.з. тросов.
10. В каком случае демонтаж опор не производится?
11. Перечислить методы демонтажа опор ВЛ
12. Что указывается в письме при согласовании производства работ по демонтажу элементов ВЛ в охранных зонах объектов, подведомственных другим организациям?
13. На основании каких документов определяется порядок и перечень демонтируемых элементов?

14. Какие документы составляются после окончания демонтажа ВЛ?

15. Какие мероприятия на участке работ необходимо выполнить после завершения всех демонтажных работ?

## Тема 4. Современные материалы и конструкции, применяемые при реконструкции линий электропередачи

Изучаемые вопросы темы:

4.1 Новые виды фундаментов, применяемых при монтаже опор ВЛ во время реконструкции.

4.2 Новые виды опор, применяемых при реконструкции ВЛ.

4.3 Провода с повышенной пропускной способностью.

4.4 Грозотосы нового поколения для воздушных линий электропередачи.

4.5 Новые конструкции линейных изоляторов.

4.6 Конструктивные особенности спиральной арматуры.

**Используемые информационные ресурсы:**[1], [14], [15], [16], [17], [18], [22], [23], [26], [27], [30].

### 4.1 Новые виды фундаментов, применяемых при монтаже опор ВЛ во время реконструкции.

Широкое внедрение новых конструкций опор в реальные проекты возможно при решении проблемы их закреплений.

Современные требования к закреплению опор, как и к самим опорам, обоснованы необходимостью резкого сокращения сроков строительства, уменьшению площади, выделяемой под стройплощадку, ведения работ вблизи с существующими объектами, т.е. с учетом минимизации динамических нагрузок.

Для сокращения объемов земляных работ на трассе и, особенно, в городской черте необходимо использовать новые технологии строительства:

- винтовые сваи;
- сваи-оболочки;
- буронабивные сваи.

#### Конструктивные особенности фундаментов из винтовых свай

Конструктивно, винтовая свая (рис. 2) представляет собой металлическую трубу, в нижней части которой расположены металлические "витки", благодаря которым свая и получила такое название, в верхней установлен оголовок для монтажа узлов крепления опор или ростверков.

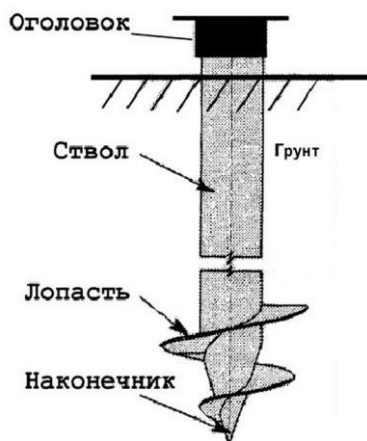


Рисунок 2- Конструкция винтовой сваи





- Винтовые сваи связываются металлическим ростверком (рис. 6), который может объединять до 6 свай.



Рисунок 6- Куст из восьми винтовых свай с металлическим ростверком под опорный узел с фланцем

Конструкция опорного узла, устанавливаемого на ростверк или оголовок зависит от исполнения крепления опоры ВЛ.

#### **Конструктивные особенности фундаментов из свай-оболочек.**

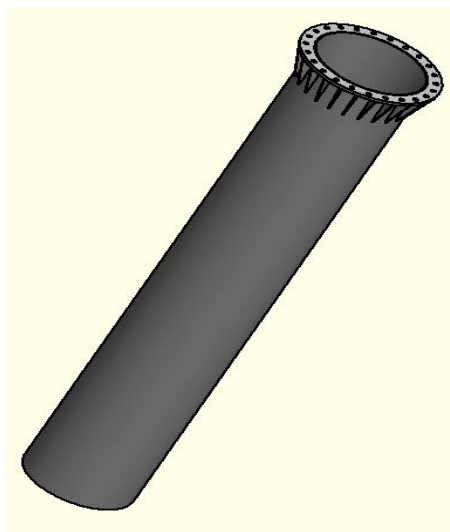


Рисунок 7- Общий вид свай-оболочки

Фундамент конструктивно состоит (рис. 7) из трубы, к верхнему торцу которой приварен фланец, подкрепленный ребрами жесткости. Фланец фундамента представляет собой кольцо с отверстиями для болтов и точно повторяет геометрию фланца опоры из многогранного профиля.

Диаметр трубы соответствует диаметру ствола опоры. В верхней части свай-оболочки, между ребрами жесткости, просверлены 4 отверстия диаметром 70 мм для стока конденсата.

Длина свай-оболочки определяется глубиной погружения в грунт относительно поверхности и высотой выноса верха сваи (на 0,8 м) над уровнем земли для удобства монтажа.

Монтаж свай-оболочек производится без предварительного бурения скважины в ненарушенный грунт и с предварительным бурением.

### **Конструктивные особенности фундаментов из буронабивных свай.**

Из названия можно догадаться, что для такого фундамента нужно бурить в земле отверстие и набивать его бетоном, предварительно установив армированный каркас (рис. 8,9,10). Глубина бурения зависит от физических характеристик грунтов и климатической зоны проживания.

Способы образования скважин следующие:

- механическое и вибромеханическое бурение,
- пробивка отверстий конусом или лидерной трубой,
- бурение под глинистым раствором,
- взрывной метод.

Применяют следующие способы бетонирования ствола:

- прямое, с применением вертикально перемещающейся трубы (ВПТ),
- под глинистым раствором,
- под защитой обсадной трубы,
- бетонирование с трамбованием,
- пневмо- и гидропрессование,
- раздельное бетонирование и др.



Рисунок 8- Общий вид арматурного каркаса буронабивной сваи



Рисунок 9- Общий вид арматурного каркаса в обсадной трубе до бетонирования.

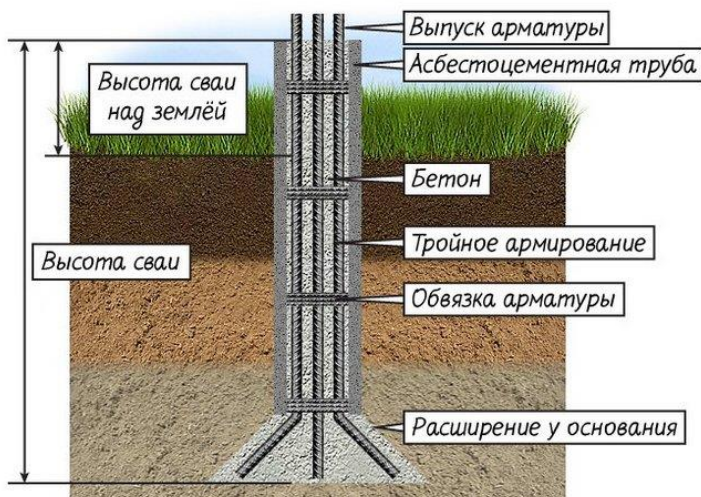


Рисунок 10- Конструктивное исполнение буронабивного фундамента с расширением у основания.

#### 4.2 Новые виды опор, применяемых при реконструкции ВЛ. МНОГОГРАННЫЕ ОПОРЫ ЛЭП

Во все времена вид любой строительной конструкции определяется предъявляемыми к ней требованиями, критериями. Так, в период массового строительства линий электропередачи высокого напряжения в 60-70-е годы, когда темпы ввода их в строй достигали 35 тыс. км в год, перед проектировщиками стояла задача обеспечить проектами такие объемы строительства. Была разработана серия унифицированных конструкций, охватывающих все возможные условия их эксплуатации.

При разработке решетчатых конструкций металлических опор во главу угла ставился критерий экономии стали. Этот же критерий определил тогда и направление на развитие железобетонных опор для ВЛ до 500 кВ включительно.

Наличие унифицированных конструкций и разработанных типовых способов их закрепления позволило резко сократить сроки проектирования. Однако за эту скорость приходилось платить 15-20% увеличением массы металла (бетона) на ВЛ.

В настоящее время экономические приоритеты нашей страны существенно изменились. К критериям минимизации веса металла в конструкциях добавились требования сокращения затрат на всех этапах существования ВЛ (проектирования, изготовления, транспортировки, строительства и эксплуатации).

При несомненном обеспечении требований надежности и долговечности на первый план выступают задачи:

- Сокращения сроков строительства ВЛ,
- Уменьшения площади отвода земли под опору и под ВЛ в целом;
- Уменьшения затрат на эксплуатацию,
- Разработки вандалоустойчивых конструкций,
- Удовлетворения современным эстетическим требованиям.

Решить эти задачи позволяют конструкции опор из элементов многогранного профиля.

Конструкции опор многогранного сечения (рис. 11):

- металлические многогранные опоры (ММО)
- металлические многогранные облегченные опоры (ММОО) из гнутого профиля

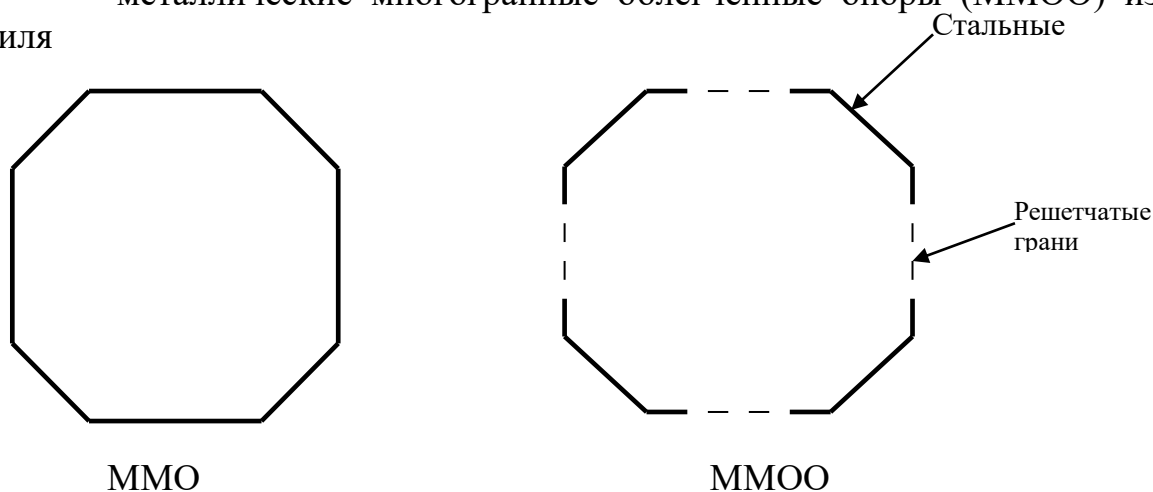


Рисунок 11- Сечение многогранной стойки опор

ММО (рис. 12) собирается из сварных секций в виде конических труб многогранного поперечного сечения, тросостойки и траверс с помощью болтовых соединений.

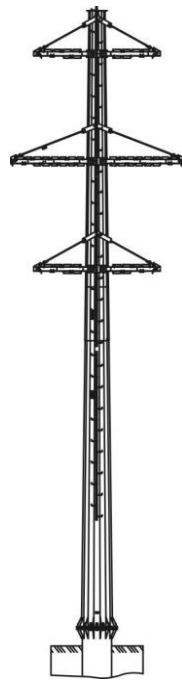


Рисунок 12- Общий вид и конструктивные особенности опор типа ММО

ММОО (рис. 13) – это продукт, в котором сочетается и развиваются технические идеи, реализованные в ММО и МРО. От конструкции ММО почерпнута идея узкой базы и переменного по высоте опоры сечения стойки, а из конструкции МРО идея четырех несущих поясов и раскосов по нейтральным осям сечения.

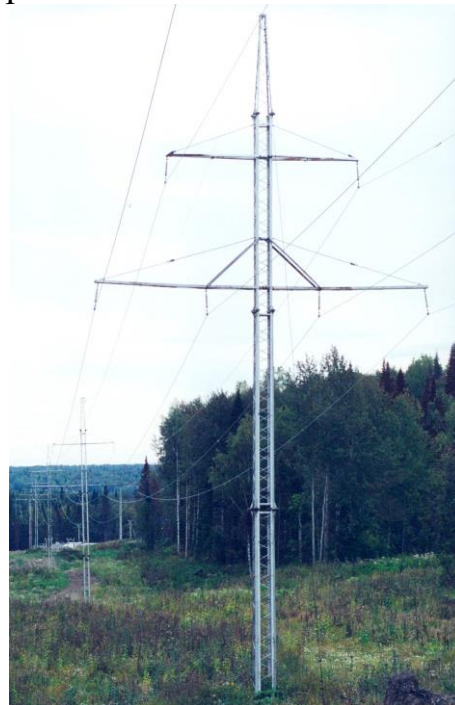
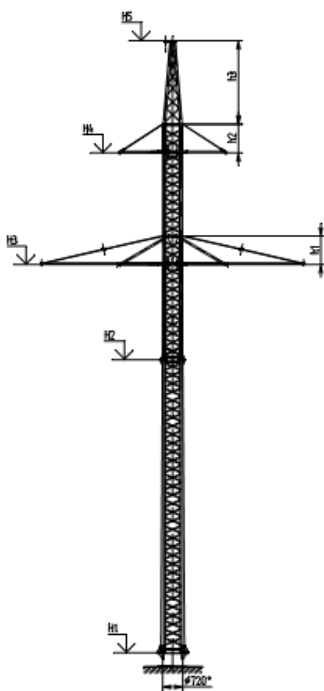


Рисунок 13- Общий вид и конструктивные особенности опор типа ММОО

Основные преимущества опор многогранного сечения

- 1) сниженный вес опор ( от 1200 до 2200 кг);



- 2) повышенная гибкость конструкций;
- 3) удобство транспортировки – загрузка составляет 4 опоры в полуприцеп;
- 4) малый объем земляных работ и простота выполнения фундаментов;
- 5) отсутствие укрупненной сборки и сокращенное время сборки опор на пикете;
- 6) высокая стойкость опор к пучениям;
- 7) простое закрепление опор в слабых грунтах;
- 8) простота подъема на опору монтажного и ремонтного персонала;
- 9) вандалоустойчивость;
- 10) сниженные объемы СМР и потребления ресурсов при сооружении ВЛ;
- 11) сокращение стоимости ( на 15-30 %) и сроков строительства (до 2-х раз) ВЛ
- 12) минимальное воздействие на окружающую среду при строительстве ВЛ.

Основные недостатки опор многогранного сечения

- сложность изготовления фундаментов при больших опрокидывающих моментах

Для опор типа ММО:

- неудобства выполнения такелажных работ;
- невозможность подъема на опору по ее конструктивным элементам;
- наличие замкнутых полостей.

## **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ОПОРЫ НА БАЗЕ СЕКЦИОНИРОВАННЫХ СТОЕК**

Одним из новых поколений железобетонных опор, применяемых при реконструкции, строительстве и эксплуатации ЛЭП является поколение опор на базе секционированных железобетонных стоек (рис. 14), применение которых позволит более чем в два раза сократить стоимость строительства и реконструкции ВЛ по сравнению с применением металлических опор.



Рисунок 14- Общий вид и конструктивные особенности опор на базе секционированных железобетонных стоек

Железобетонные опоры с секционированными стойками состоят из одной или нескольких железобетонных центрифугированных секционированных стоек, траверс и тросостоек. Железобетонные центрифугированные стойки состоят из двух и более секций, которые соединяются между собой при помощи соединительного узла (рис. 15). Стойки опор могут иметь соединительный узел для соединения с фундаментом (фундаментной секцией). Тросостойки и траверсы – стальные, железобетонные или композитные.

На настоящий момент апробированным и, по-этому предпочтительным, является фланцевый метод соединения. В стянутом болтами соединительном узле щуп 0,3 мм не должен проходить между деталями в районе болтового соединения на глубину более 40 мм. Правильность расположения фланца проверяется прямолинейностью стойки в сборе.



Рисунок 15- Общий вид соединительного узла

Опоры должны быть обеспечены конструктивными элементами для безопасного подъёма (лестницы, степ-болты) и перемещения эксплуатационного персонала вдоль траверс (поручни, трапы) при производстве ремонтно-эксплуатационных работ. Для обеспечения безопасности электромонтера при подъеме на опору с земли и до верха опоры, на каждой стойке опоры, а также на лестницах для подъема на переходные опоры должны быть предусмотрены жесткие анкерные линии, выполненные соответствии с требованиями ПАО «ФСК ЕЭС». Для обеспечения безопасности электромонтера при перемещении по траверсам (консолям) опор, на траверсах (консолях) должны быть предусмотрены страховочные линии, расположенные вдоль траверсы.

При проектировании нового строительства и реконструкции ВЛ (воздушных участков КВЛ), где есть риск падения с высоты более 1,8 м, предусматривать оснащение устанавливаемых опор стационарными жесткими анкерными линиями с применением страховочных устройств, конструктивно обеспечивающими абсолютную непрерывность страховки при подъеме/спуске (без необходимости перецепки) и безопасное производство работ на высоте:

- на участках трассы, на которых отсутствует возможность круглогодичного подъезда и применения для подъема/спуска персонала подъемных механизмов;
- ВЛ (КВЛ), пересекающих инженерные коммуникации (опор, ограничивающих участок пересечения);
- на больших переходах.

Основные преимущества железобетонных опор по сравнению со стальными известны:

1. Простота монтажа (стойка опоры устанавливается в пробуренный котлован);  
2. Стоимость изготовления и монтажа опор из центрифугированных стоек в 2,8 раза ниже стоимости многогранных опор, рассчитанных на восприятие тех же нагрузок;

3. Стоимость строительства ВЛ с применением железобетонных опор в среднем на 30% ниже стоимости строительства ВЛ с применением стальных решетчатых и многогранных опор. Этими факторами обусловлена экономическая эффективность их применения, которая явилась основанием для широкого внедрения в СССР серии унифицированных железобетонных опор напряжением 35-750 кВ в 1960-80х годах. Последнее десятилетие опоры из центрифугированного железобетона не были рекомендованы к применению на электросетевых объектах в связи с выявленными в процессе эксплуатации недостатками:

4. Большой процент дефектов при изготовлении опор, обусловленный малой автоматизацией и технологическим процессом производства;

5. Необходимость применения специального транспорта для перевозки опор и получения разрешения на провоз изделий к месту стройки в связи с фиксированной длиной стоек 22,6 и 26 м;

6. Сокращение долговечности конструкций за счёт полученных при неправильной транспортировке и складировании повреждений;

7. Необходимость установки ригелей для закрепления опор в грунтах с низкой несущей способностью (что влечёт увеличение объёма работ и стоимости монтажа), обусловленная невозможностью увеличения глубины заделки опор ниже 3 м без нарушения габаритных расстояний из-за фиксированной длины стоек;

8. Несоответствие стоек и опор ВЛ на их основе требованиям действующих нормативных документов (по трещиностойкости, толщине защитного слоя, устойчивости заглублённой в грунт части стойки к воздействию горизонтальных сил и изгибающего момента), а также увеличение расчётных нагрузок на опоры, вызванное ужесточением требований ПУЭ-7, приводят к необходимости резкого сокращения пролётов опор, увеличению количества опор и фундаментов, линейной арматуры и гирлянд изоляторов на каждый километр трассы ВЛ.

Новое поколение железобетонных опор, которые будут соответствовать требованиям действующих нормативных документов, позволит избежать известных недостатков:

1 изменение армирования для соответствия требованиям по трещиностойкости повысит жёсткость стойки, что минимизирует повреждения при транспортировке;

2 увеличение толщины защитного слоя уменьшит начальное внутреннее напряжение в бетоне, что увеличит долговечность конструкций;

3 применение современных составов бетонной смеси и автоматизация производства исключат дефекты при изготовлении стоек;

4 секционирование стоек на элементы длиной до 11,3 м решит проблемы транспортировки и складирования;

5 масса каждой секции составит 2-4 т, что позволит применять стандартную технику для монтажа и установки опоры;

6 обеспечение необходимой несущей способности грунта основания при безригельной установке стойки в грунт достигается варьированием длины и диаметра фундаментной секции.



Изготовление опор из секций различного диаметра позволит оптимизировать опору для конкретной ВЛ и приведёт к уменьшению материалоёмкости линии. За счёт большей несущей способности секционированных стоек по сравнению с существующими пролёты железобетонных опор сопоставимы с пролётами стальных опор, что при разнице в стоимости изготовления стоек более чем в три раза приводит к сокращению стоимости изготовления и монтажа конструкций в 1,6 и 2,8 раза по сравнению с использованием многогранных или решетчатых конструкций соответственно.

## КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ

Высокий уровень технологичности при строительстве и обслуживании ВЛ, в том числе с применением СИП, обеспечивается применением композитных опор.

Композитная опора состоит из модулей, близких по форме к конусу. Модули для стойки опор состоят из базовой стеклопластиковой композиции, воспринимающей основную механическую нагрузку. Разработаны шесть типов модулей (рис. 16), позволяющих собрать стойки необходимой высоты и требуемого класса напряжения опоры ВЛ. Собранная стойка представляет собой телескопически состыкованные модули «конус в конус» с перекрытием (нахлестом) не менее 1,5 диаметра ствола в месте стыка (рис. 17). После сопряжения модулей стойки необходима их подпрессовка, с продольным усилием до 40 кН, для плотной посадки с последующей фиксацией стыков путём применения разжимных анкеров.

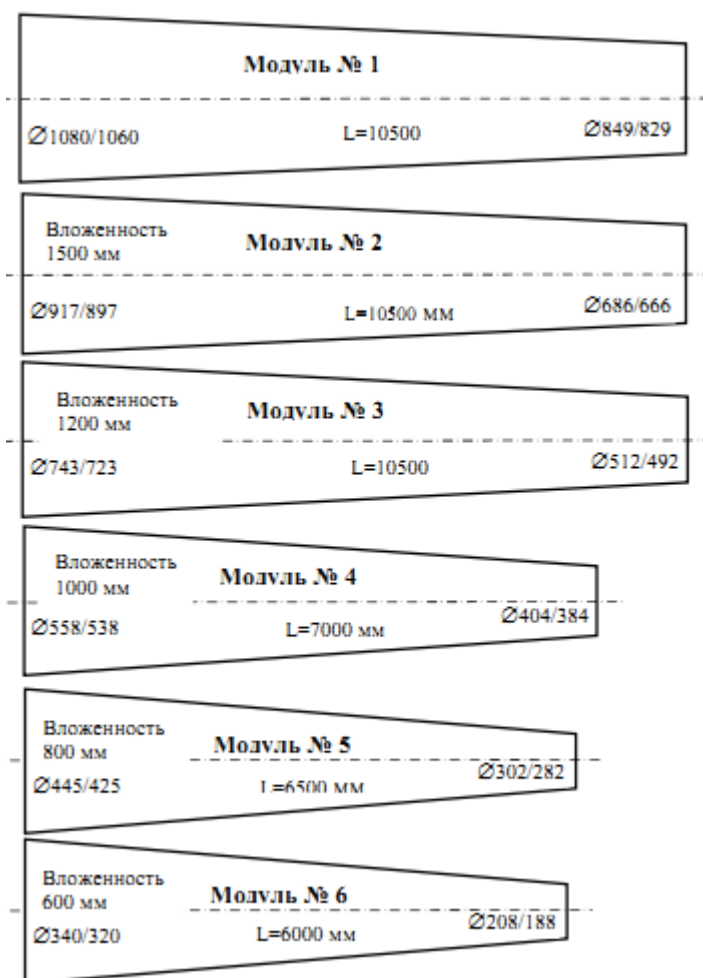


Рисунок 16- Состав композитных модулей для комплектации стоек

К месту сборки опоры доставляют в разобранном виде (рис. 17), при этом нижний – самый большой по габаритам и диаметру – является одновременно и футляром для остальных элементов конструкции.



Общий вид композитной опоры



Хранение и перевозка композитных опор

Рисунок 17- Общий вид композитной опоры в сборе и в транспортном состоянии

#### Положительные стороны композитных опор

- Устойчивость к химическим реагентам и коррозии;
- Устойчивость к вандализму. Композит не представляет интереса для скупщиков металлолома;
- Безопасность. Композитные опоры не проводят ток, так как в их составе отсутствует металл. Им не требуется заземление для предотвращения поражения электрическим током людей. Опоры не причиняют особого вреда автомобилю, и пассажирам, находящимся внутри него, в случае столкновения;
- Легкий вес. Композитные стойки самые легкие. Опора высотой десять метров весит чуть больше сорока килограммов. Это положительно сказывается на монтаже/демонтаже, транспортировке. Для установки опор достаточно стараний двух человек, которым не потребуются услуги автокрана и много времени;
- Долговечность. Опоры из композитных материалов могут простоять более 30 лет, но по некоторым данным этот показатель может быть больше в два, а то и три раза;
- Низкие затраты на эксплуатацию. Опоры не требуют периодической обработки спецсоставами;
- Экологичность. Все компоненты в составе являются безопасными для экологической обстановки и жизни окружающих;
- Высокая упругость. Стойки композитные гибкие, они легко переносят сильные порывы ветра и обледенение, им не страшна остаточная деформация. Экспериментальным путем это удалось доказать после того, как во время урагана в одной из стран были вырваны напроочь многие деревянные опоры. После замены их композитными результат превзошел ожидания. Ни одна опора не пострадала.

#### Недостатки композитных опор

– Прочность. Опоры хоть и соответствуют нормативам прочности, но они уступают по этому показателю опорам других типов. Внутри их конструкция является полой;

– Высокая стоимость. Вместо одной композитной опоры можно установить 2-3 деревянных или металлических. Но если учесть срок службы композитных стоек, минимальные затраты на их обслуживание, монтаж и замену, то их использование становится более выгодным;

– Горючесть. Если опоры не обработать спецсоставами в несколько слоев, они поддерживают распространение огня.

## ИГ-ОПОРЫ

Предлагается принципиально новая конструкция опор ВЛ, где изолирующим элементом является головка опоры (рис. 18), т.е., траверсы и/или элементы ствола, в зависимости от конструкции опоры, вместо традиционных гирлянд изоляторов.

Возможность технической реализации такой идеи возникла благодаря появлению на рынке современного композитного материала – трехмерного сшитого полимера, армированного волокном на основе диоксида кремния (FRP), который имеет не только необходимые диэлектрические, но и достаточные механические свойства, чтобы быть одновременно использованным как изолятор, и как силовой элемент конструкции опоры.

Опоры производятся в виде специальной линейки модулей. В разобранном виде опоры обеспечивают максимальную эффективность транспортировки и хранения, кратчайшие сроки сборки и установки, минимизируют складские затраты. Сохраняется свобода конструирования навесного оборудования и его добавления в будущем, а также практически отсутствуют затраты на ремонт и эксплуатацию опоры.

Возможно варьировать конструкцию траверс, расширяя пределы эстетического восприятия опоры с дальних точек обзора. Нижняя часть опоры может иметь любое архитектурное решение, адаптируя ее к любому архитектурному стилю на ближних точках обзора (рис. 19).

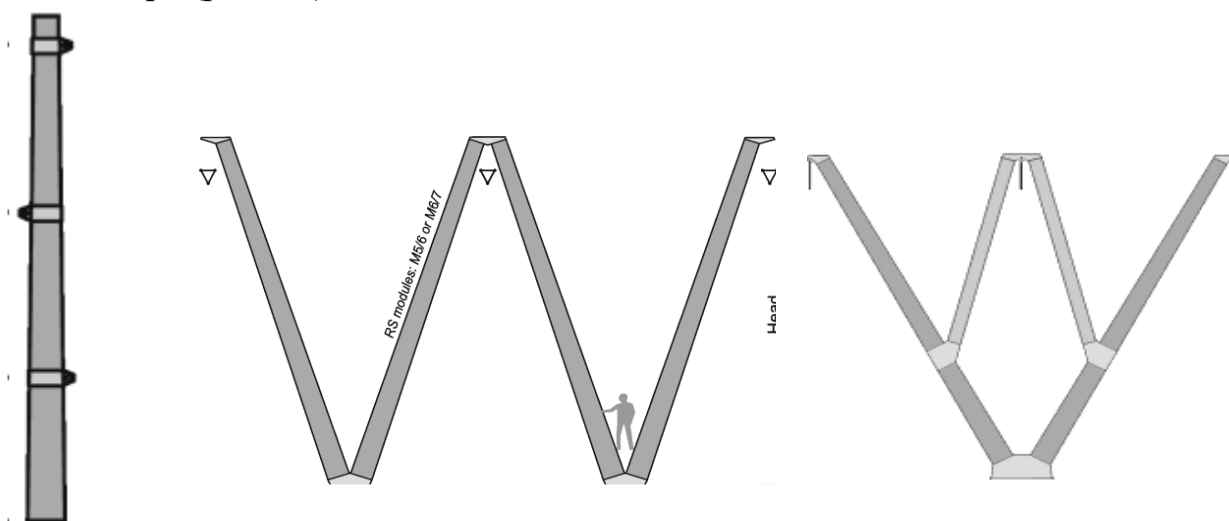


Рисунок 18- Конструкция изолирующих оголовков

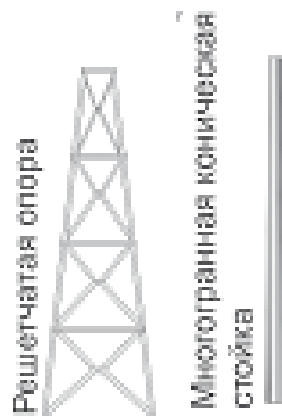


Рисунок 19- Конструкция нижних частей опоры

К основным преимуществам ИГ-опор можно отнести следующие:

- простота сборки;
- простота установки;
- компактность складирования;
- высокая ремонтопригодность;
- легкость (малый вес конструкций);
- транспортабельность;
- вандалоустойчивость;
- эстетичность;
- экологичность.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ ТРАВЕРС**

На 35-220 кВ в составе железобетонных и металлических опор предлагается использовать полимерные изолирующие траверсы (ТИ-П), которые конструктивно представляют собой консоли из опорно-стержневых изоляторов (рис. 20, 21). В качестве верхней растянутой стороны траверсы используется длинностержневой полимерный изолятор. Нижняя сторона траверсы, работающая на сжатие, делается из опорного полимерного изолятора.

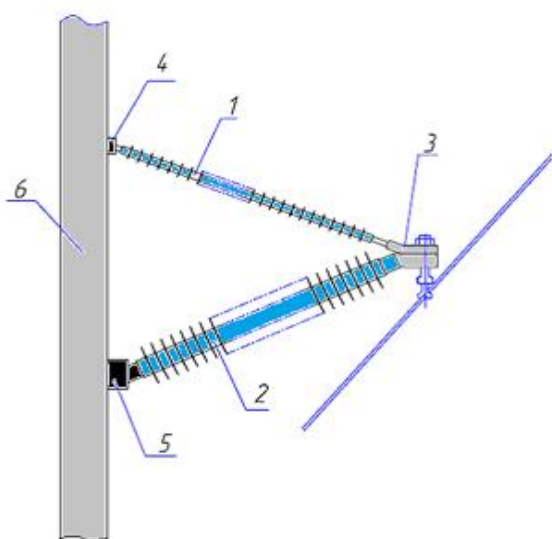


Рисунок 20- Конструкция изолированной траверсы

- 1- длинностержневой полимерный изолятор, 2- опорный полимерный изолятор, 3- узел соединения опорно-стержневых изоляторов и крепления провода, 4- узел крепления стержневых изоляторов, 5- узел крепления опорных изоляторов, 6- стойка опоры.

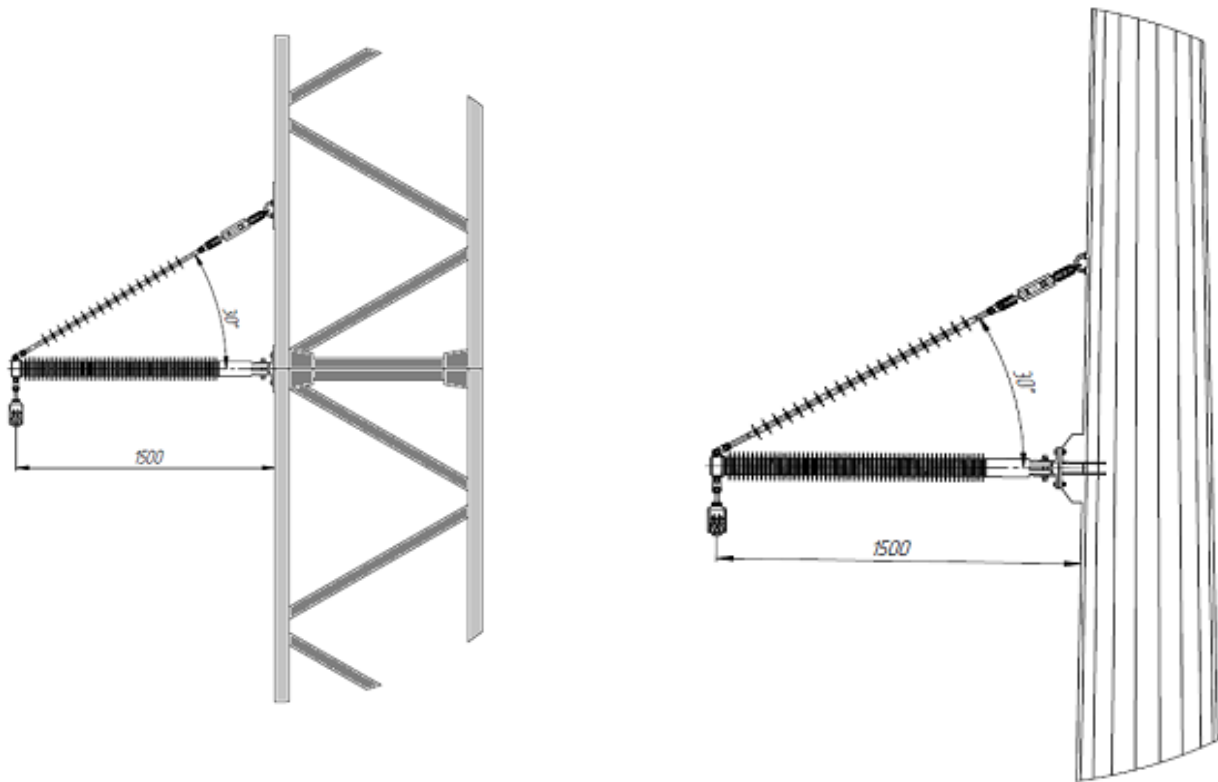


Рисунок 21- Эскиз изолированной траверсы на решетчатой и многогранной опоре  
 Применение изолированных траверс на ЛЭП позволяет:

- легче и быстрее осуществлять перевод линий на более высокий класс напряжения;
- создать компактные линии с меньшими междуфазными расстояниями;
- использовать с современными многогранными опорами;
- использовать с существующими железобетонными и металлическими опорами;
- уменьшить металлоемкость опор, снизить транспортные расходы;
- уменьшить полосы отчуждения земли;
- использовать меньшей ширины просеки;
- экономить землю в городской черте;
- увеличить мощность передачи электроэнергии в 2 и более раз;
- снизить высоту опор;
- уменьшить расход бетона и металла для производства опор;
- увеличить грозозащиту ВЛ;
- на порядки сократить гибель птиц.

#### 4.3 Провода с повышенной пропускной способностью.

Сегодня энергопотребление многих регионов в несколько раз превышает величины, заложенные в Энергетической стратегии РФ до 2020 года, и потребление энергии в них постоянно растёт. Значительное увеличение спроса на электроэнергию за последние 10 лет требует постоянного расширения или обновления распределительных сетей энергоснабжающих предприятий.

Для удовлетворения быстрорастущих потребностей электросетевые компании вынуждены постоянно модифицировать существующие сети, применяя следующие классические методы:

- строительство дополнительных ВЛ;
- замена проводов на большие поперечные сечения;
- повышение напряжения;
- расщепление фазы.

Указанные методы, хотя и применяются в настоящее время, однако имеют ряд существенных недостатков. Отсюда появляется актуальная необходимость повышения передаваемой мощности воздушных линий, по возможности, избегая строительства новых линий, полной перестройки существующих линий, подвески новых цепей и т.д.

В настоящее время существуют решения, не имеющие недостатков вышеописанных методов. Эти решения обеспечивают увеличение пропускной способности имеющихся линий за счёт применения специальных проводов.

На сегодняшний день, выдвигаются следующие требования к современным проводам:

- максимально высокая электропроводность;
- максимально высокая механическая прочность;
- небольшая погонная масса;
- устойчивость к высоким температурам;
- малые температурные удлинения;
- устойчивость к старению и ветровым воздействиям.

Условия выполнения вышеописанных требований являются конкурирующими, поскольку, например, наилучшая прочность обеспечивается сталью, а наилучшая электропроводность и малая масса алюминием. Для получения необходимой температурной устойчивости рассматривается применение дисперсионно-твердеющих материалов, циркониевых сплавов, композитных и других материалов, а также получением и внедрением волокон оксида алюминия.

### Принципы и эффективность провода AERO-Z (рис. 22)

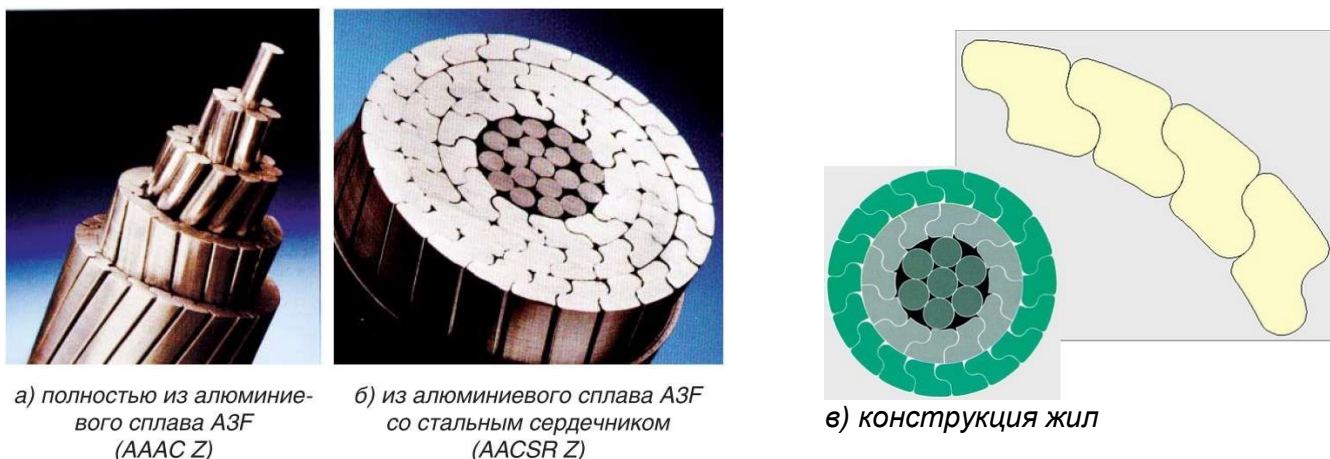


Рисунок 22- Общий вид и конструктивные особенности провода AERO-Z

Поверхность верхнего повива провода AERO-Z практически гладкая, имеет незначительные винтовые канавки, возникающие между верхними кромками Z-образных проволок. За счёт этого конструкция провода AERO-Z получается более компактной по сравнению с проводом АС и при том же диаметре имеет большее сечение алюминия. За счет того, что вместо стального сердечника используются



алюминиевые проволоки, провод имеет меньшую массу. Такие особенности влекут за собой меньшие механические напряжения в опорах в случаях применения проводов равного диаметра или позволяют увеличить полезное электропроводящее сечение при равных механических напряжениях в опорах.

Относительно большая контактная поверхность между двумя Z-образными проволоками одного слоя обеспечивает эффективную защиту от просачивания консистентной смазки изнутри провода. В этой связи, внутренняя защита оказывается лучше, чем у традиционных проводов АС, в которых со временем наблюдается вытеснение защитной смазки наружу под действием циклов нагрузки.

При обрыве проволоки внешнего повива провода АЕРО-Z остаются на месте под действием механических рабочих напряжений. Данное свойство сохраняется до тех пор, пока не происходит обрыв пяти смежных проволок.

Увеличенное самозатухание провода несколько уменьшает проблемы пляски. Вероятность появления пляски значительно ниже, и, если она возникает, её амплитуда будет значительно меньше. Хотя по этому вопросу достоверных экспериментальных данных нам не известно.

Провод АЕРО-Z имеет повышенную крутильную жесткость, а поэтому теоретически лучше противостоит снегу и обледенению. Обледенение происходит одностороннее и поэтому растет быстрее, а увеличение массы гололеда с одной стороны приводит к его скорейшему отрыву.

#### **Недостатки провода АЕРО-Z**

Гладкая поверхность провода приводит к тому, что при ветровых колебаниях аэродинамическое демпфирование провода АЕРО-Z существенно меньше, чем у классических проводов.

Стоимость за километр провода АЕРО-Z примерно в шесть раз выше по сравнению с проводом АС. В проводе АЕРО-Z не допускается длительного повышения температур свыше 80 °С.

#### **Принципы и эффективность проводов ТАСR/АС и (Z)ТАСR/НІСІN (рис. 23)**

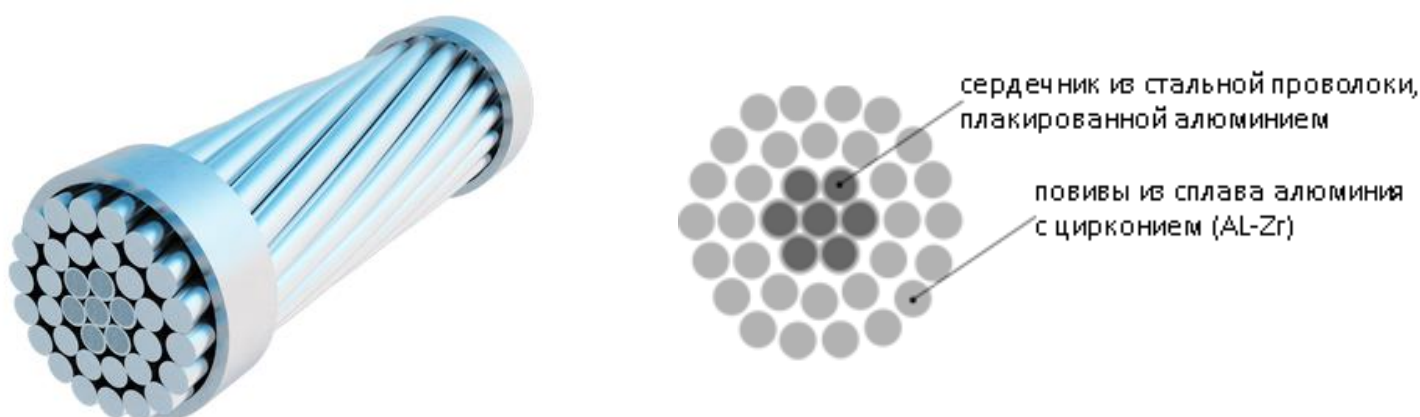


Рисунок 23- Общий вид и конструктивные особенности провода ТАСR/АС и (Z)ТАСR/НІСІN

Оба сплава TAL и ZTAL состоят из чистого алюминия с добавкой циркония, с той разницей, что сплав ZTAL имеет большее количество циркония. Добавка циркония повышает температуру рекристаллизации основного компонента – алюминия, и, кроме того, уменьшает размер зерен при рекристаллизации. В результате, токопроводящие проволоки сохраняют механические и электрические характеристики при достаточно больших нагревах.

В проводах Lumpi-Berndorf в качестве материала для сердечника применяется сталь с покрытием из алюминия. Для повышения прочностных свойств и уменьшения стрел провеса в проводах (Z)TACSR/HICIN применяется специальный сплав «Инвар». Проволоки из сплава также защищаются нанесением на его поверхность алюминиевого покрытия.

Использование термоустойчивого алюминия, как токонесущей части провода, дает возможность значительно увеличить пропускную способность, а применение супертермоустойчивого сплава еще усиливает этот эффект.

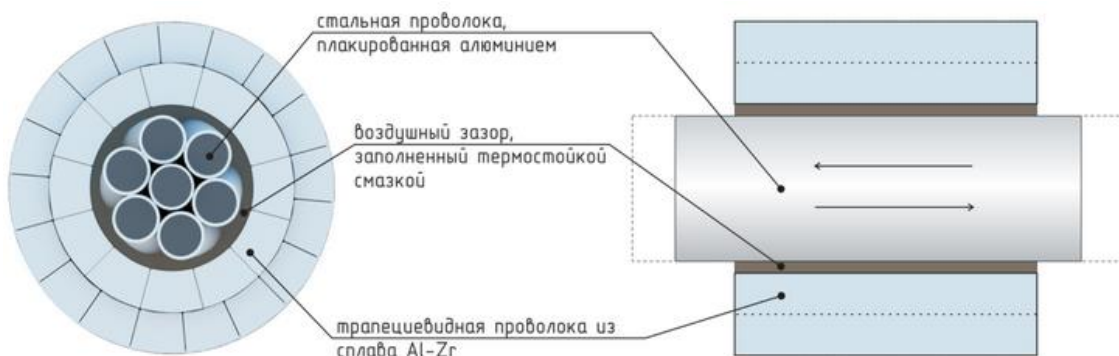
Линии, работающие в штатном режиме при температуре проводов 1500 С или 2100 С, не подвержены отложению гололеда, что означает, как резкое снижение вероятности возникновения пляски, так и уменьшение гололедных и ветровых нагрузок на опоры. Даже при увеличении пропускной способности в полтора раза по отношению к проводу АС, высокотемпературные провода имеют меньший диаметр, что также позволяет либо снизить нагрузку на опоры, либо увеличить пролеты линии.

Провода TACSR/ACS и (Z)TACSR/HACIN по конструкции не отличаются от классических проводов. Это позволяет использовать все известные типы арматуры: спиральную арматуру, клиновые и прессуемые зажимы. Конечно, арматура должна быть рассчитана для работы с высокотемпературными проводами. Методики работы и монтажа проводов Lumpi-Berndorf идентичны методикам для классического провода АС. Не требуется новых технологий, устройств и обучения персонала. Еще одним преимуществом провода TACSR/ACS Lumpi-Berndorf является его невысокая стоимость - 270% от стоимости АС за километр, что значительно меньше всех современных аналогов проводов повышенной пропускной способности.

### **Недостатки**

Недостатком проводов TACSR/HICIN и (Z)TACSR/HICIN Lumpi-Berndorf является их высокая стоимость до 450% за километр.

### **Принципы и эффективность провода G(Z)TACSR (рис. 24)**





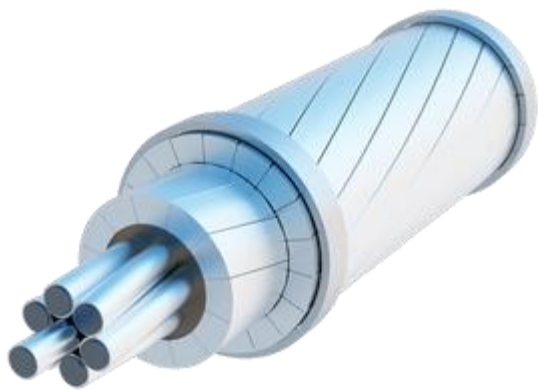


Рисунок 24- Общий вид и конструктивные особенности провода G(Z)TACSR

Преимущества конструкции провода с зазором состоят в том, что в процессе эксплуатации при температурах выше температуры монтажа все тяжение приходится на стальной сердечник, и, соответственно, коэффициент расширения и модуль упругости, провода как целого, совпадают с характеристиками стали. Поэтому провод значительно меньше подвержен удлинению за счет возрастания температуры. При рабочих температурах стрела провеса провода ощутимо меньше, чем для проводов АС.

Механические характеристики, совместно с высокой пропускной способностью делают этот провод серьезным претендентом для решения проблемы пропускной способности линий.

Провод GZTACSR отличается от провода GTACSR тем, что в токопроводящей части использован сверхтермостойкий сплав ZTAL. Провода J-Power аттестованы межведомственной комиссией ОАО «ФСК ЕЭС».

#### **Недостатки**

Зазор между сердечником и токопроводящими повивами провода как раз и определяет его недостатки: - сложная конструкция провода; - сложная технология монтажа провода; - необходимость применения специального оборудования; - необходимость дополнительного обучения персонала; - сложный ремонт провода; - высокая стоимость провода за километр: ~400 % в сравнении с проводом АС; По информации от NationalGrid национальной электроэнергетической компании Великобритании есть замечания по поводу применения проводов с зазором. Согласно инструкции обслуживанию, ремонт провода с зазором сложен –при повреждении более 10% алюминиевых проволок или при повреждении сердечника провода необходимо провести его замену на всем анкерном участке.

#### **Принципы и эффективность провода АССР (рис. 25)**



Рисунок 25- Общий вид и конструктивные особенности провода ACCR

Применение алюминий - циркониевого сплава в качестве токопроводящей части провода дает возможность использовать провод ACCR при повышенных температурах.

Сердечник, выполненный из композитных проволок, практически не уступает по механическим характеристикам сердечникам из стали.

Большой процент алюминия в объеме проволок сердечника дает значительное увеличение в пропускной способности провода по сравнению с проводами со стальным сердечником.

Очевидно, что при сходных механических параметрах, токовая пропускная способность провода ACCR примерно вдвое выше аналогичного по сечению провода АС.

### Недостатки провода ACCR

Первый недостаток проводов с композитным сердечником следует из свойств самого композита. Композитные проволоки довольно хрупкие, то есть не могут выдерживать значительных напряжений, возникающих при перегибах. Это приводит к тому, что с проводом ACCR необходимо работать более аккуратно при транспортировке и монтаже. Кроме того, существуют ограничения на совокупность факторов при подвеске провода – тяжесть, угол изгиба и радиус изгиба. Более детально эта информация изложена в руководстве по монтажу провода. Второй недостаток провода ACCR – это

Его крайне высокая стоимость. Провод ACCR более чем в десять раз дороже провода АС. Этот фактор ограничивает сферу применения провода до пролетов с чрезвычайно высокими требованиями по характеристикам. Именно так компания ЗМ позиционирует этот провод: решение для зон с максимальными требованиями по токовой пропускной нагрузке и высокими требованиями к габаритам линии.

Общий недостаток работы проводов с повышенными температурами – повышение потерь в линии; возможны варианты, когда капитализированные потери за весь срок линии являются основным фактором при выборе типа провода, может

быть даже принято решение о применении провода большего сечения с реконструкцией опор.

#### 4.4 Грозотосы нового поколения для воздушных линий электропередачи.

Целесообразность применения грозотросов нового поколения имеет место, когда традиционные грозотросы не дают желаемого результата.

Основными факторами мотивации к созданию нового продукта являются потребность рынка в продукции, близкой по сроку службы к основным элементам ВЛ, как текущая, так и перспективная без значительного удорожания изделия, а также обеспечение грозотросом эффективной молниезащиты ВЛ от ударов молнии максимальной реальной мощности. Конкретизация первого фактора дает требование: обеспечение срока службы грозотросов не менее 40 лет, а гарантийного срока эксплуатации на ВЛ не менее 20 лет. Расширением второго получаем: обеспечение работоспособности грозотросов в условиях их фактической эксплуатации, действия всего спектра основных видов нагрузок.

В связи с перечисленными факторами были разработаны конструкции современных грозотросов.

#### Грозотрос ГТК по по ТУ 3500-001-86229982-2010 (рис. 26)

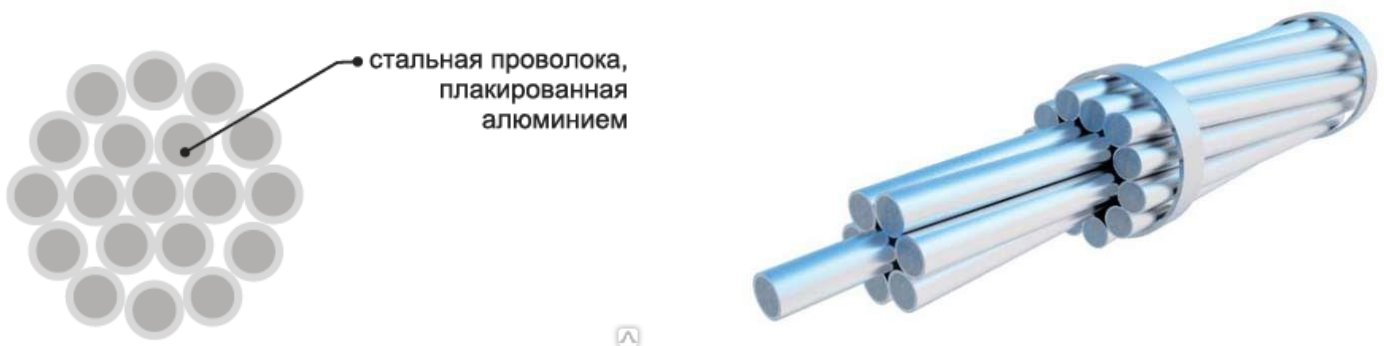


Рисунок 26- Общий вид и конструктивные особенности троса ГТК

Грозозащитный трос коррозионностойкий марки ГТК изготавливается из стальных плакированных алюминием проволок или из стальных плакированных алюминием проволок и проволок из алюминиевого сплава. Алюминий составляет 25% от всего сечения троса и соответственно обладает большей проводимостью. Плакированный трос аналогичен по габаритным размерам традиционным тросам, соответственно монтируется в стандартных зажимах.

Преимущества грозозащитного троса ГТК:

1. Масса троса ГТК составляет 80% массы обычного стального каната того же сечения
2. Механическая прочность на разрыв до 14% выше, чем у грозозащитного троса того же диаметра
3. Ток термической стойкости до 3 раз выше, чем у стандартного грозотроса
4. Плакирование стальных проволок алюминием позволяет применять грозозащитный трос ГТК в зоне уносов промышленных предприятий
5. Заявленный срок службы грозозащитного троса ГТК составляет 45 лет, что в 2 раза выше реального срока службы стальных канатов марок ТК, С, ПС

Имеющиеся преимущества грозозащитных тросов ГТК позволяют их применять на вновь строящихся ВЛ 35-110 кВ, а также на существующих ВЛ со значительным сроком службы (за счет меньшей массы)

### Грозотрос МЗ-В-ОЖ-Н-Р по СТО 71915393–ТУ (рис. 27)

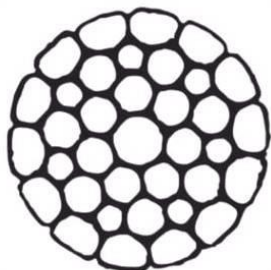


Рисунок 27- Общий вид и конструктивные особенности МЗ-В-ОЖ-Н-Р

Новизна конструкции заключается в использовании технологии уплотнения свивки, обеспечении линейного касания проволок (ЛК) и применении пластического деформирования наружного слоя проволок для увеличения площади контакта между проволоками наружного и внутренних повивав.

Гальванический метод нанесения покрытия с допуском +5% предотвращает отслоение слоя цинка при повышенных токах и температурах (КЗ) (принципиально увеличивает срок службы, что значительно отличает представленный продукт от ранее применявшихся).

Имеющиеся преимущества обеспечивают нормативный срок службы канатов такой конструкции 40 лет и не менее 20 лет эксплуатации под воздействием всего спектра реальных нагрузок

Преимущества конструкции.

1. Грозотрос впервые сохраняет все исходные свойства, полную работоспособность после удара молнии и обладает следующими отличительными свойствами:

2. Абсолютная стойкость к удару молнии в 98,8 % диапазоне реальных нагрузок.

3. Высокая коррозионная стойкость за счет применения Zn-гальванического покрытия группы «ОЖ» с +5% допуском и уменьшении суммарной поверхности контакта поверхности грозотроса с окружающей средой.

4. Повышенная относительно штатных канатов прочность на разрыв при сохранении диаметра (180кГ/мм<sup>2</sup> – 200кГ/мм<sup>2</sup>), что обеспечивает значительный рост надёжности что особенно важно для анкерных опор и при образовании гололеда.

5. Увеличенный, почти в 2 раза срок службы и в 5 раз, по сравнению со штатными канатами гарантированный срок эксплуатации.

6. Примененная в процессе производства технология уплотненной свивки грозозащитного троса по СТО 71915393–ТУ 062–2008 обеспечивает снижение относительного удлинения, что уменьшает провисания в процессе эксплуатации.

7. Не происходит снижения прочности, не наблюдаются никаких разрывов, или оплавления проволок по основному металлу после ударов молнии мощностью до 147 Кл.

### **Грозозащитный трос с оптическим волокном ОКГТ (рис. 28)**

Необходимость строительства магистральных цифровых коммуникаций заставляет использовать для прокладки линий связи существующую инфраструктуру. Весьма распространенным способом является монтаж волоконно-оптических линий связи вдоль высоковольтных ВЛ.

Одним из перспективных направлений в последние годы стала прокладка волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) в существующих и строящихся ЛЭП [1]. При встраивании ВОЛС в ЛЭП используются следующие решения:

- грозозащитный трос со встроенным оптоволоконном (ОКГТ);
- оптоволоконный кабель, навитый на обычный грозозащитный трос;
- оптоволоконный кабель, навитый на фазный провод ЛЭП;
- полностью диэлектрический самонесущий оптоволоконный кабель (ОКСН) для ВЛ с напряжением до 150 кВ.

Выбор конкретной конструкции зависит от многих обстоятельств, касающихся как сроков и условий строительства, так и требований к пропускной способности и надежности ВОЛС.

Практика показывает, что при новом строительстве или глубокой реконструкции ЛЭП оптимальным выбором оказывается установка ОКГТ. Эта конструкция имеет наибольший срок службы, хорошую защищенность от атмосферного электричества и вандализма, не имеет ограничений по классу напряжения линии.

К недостаткам относятся сравнительно высокая стоимость изготовления и монтажа и невозможность установки кабеля без отключения линии. Поэтому ОКГТ обычно находят применение в магистральных системообразующих линиях связи.

По сведениям, до 80% всех оптических кабелей, совмещенных с ВЛ, монтируется именно путем встраивания оптического модуля в грозозащитный трос.

### Типичные конструкции ОКГТ

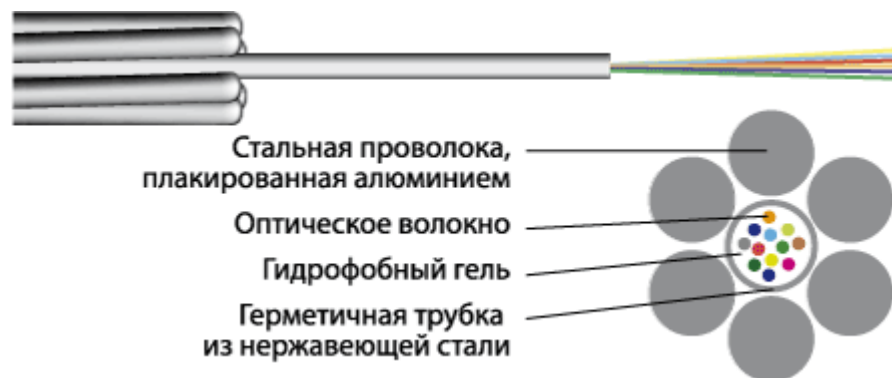
Грозотрос может содержать один или несколько встроенных оптических элементов со следующей конструкцией:

- Стекловолоконная нить заключается в полимерную изоляцию, защищающую от механического истирания и влаги.

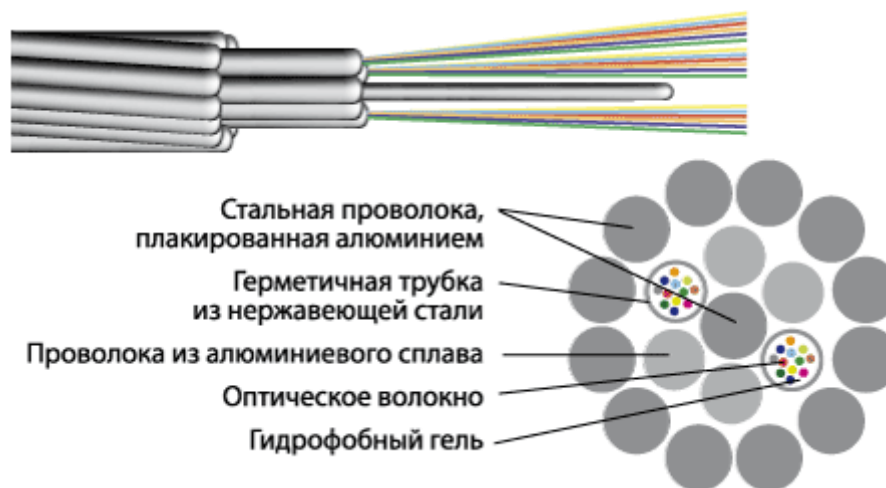
- Несколько (обычно от 4 до 12) таких нитей помещаются в полимерную трубку, заполненную гидрофобным гелем. Диаметр трубки намного больше диаметра каждой нити. Стекланные нити свободно перемещаются внутри трубки, адаптируясь к изгибам и переменной длине конструкции.

- В зависимости от необходимого числа оптических каналов, одна или несколько (до 4-х) полимерных трубок помещаются внутрь защитной металлической трубки, которая в свою очередь может быть изготовлена из сварной нержавеющей стали или экструдированного алюминия. Полость защитной трубки заполнена гидрофобным гелем. Такая герметичная металлическая трубка с оптоволоконными нитями внутри называется оптическим модулем.





а) ОКГТ с центральным оптическим элементом



б) ОКГТ с несколькими оптическими элементами в повиве

Рисунок 28- Общий вид и конструктивные особенности троса ОКГТ

Наружный диаметр оптического модуля составляет от 3 до 8 мм. Если в грозотросе имеется один модуль, он располагается по центру (рис. 28а), а вокруг него в один или два повива навиваются проволоки как в обычном грозозащитном тросе. Используются стальные проволоки, плакированные алюминием, либо сочетание стальных проволок с алюминиевыми.

Если оптических элементов несколько, они встраиваются во внутренний повив троса, чередуясь с другими проволоками такого же диаметра (рис. 28б): стальными, алюминиевыми или стальными, плакированными алюминием. На рынке есть и другие варианты конструкции, в которых оптические элементы встроены не в повив, а в пазы специально профилированного алюминиевого сердечника, расположенного в центре троса.

#### 4.5 Новые конструкции линейных изоляторов.

##### ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

Основной тенденцией в области изоляторов остаётся всё более широкое применение полимерных материалов. Наиболее надёжной технологией производства является изготовление изоляторов на основе стеклопластиковых стержней с изоляционным покрытием из силиконовой резины, изготовленным в пресс-форме, единой для изолятора в целом (рис. 29). Такая технология обеспечивает существенно

более высокую надёжность герметизации стержня по сравнению с так называемой «шашлычной» технологией.

В конструкции изоляторов используются новые и проверенные временем технические решения, обеспечивающие высочайшую надёжность и долговечность изоляторов

- Кремнийорганическая (силиконовая) цельнолитая защитная оболочка
- Равномерная опрессовка стержня матрицами цилиндрического профиля
- Высокая надёжность границ раздела
- Стальные оконцеватели, оцинкованные горячим способом

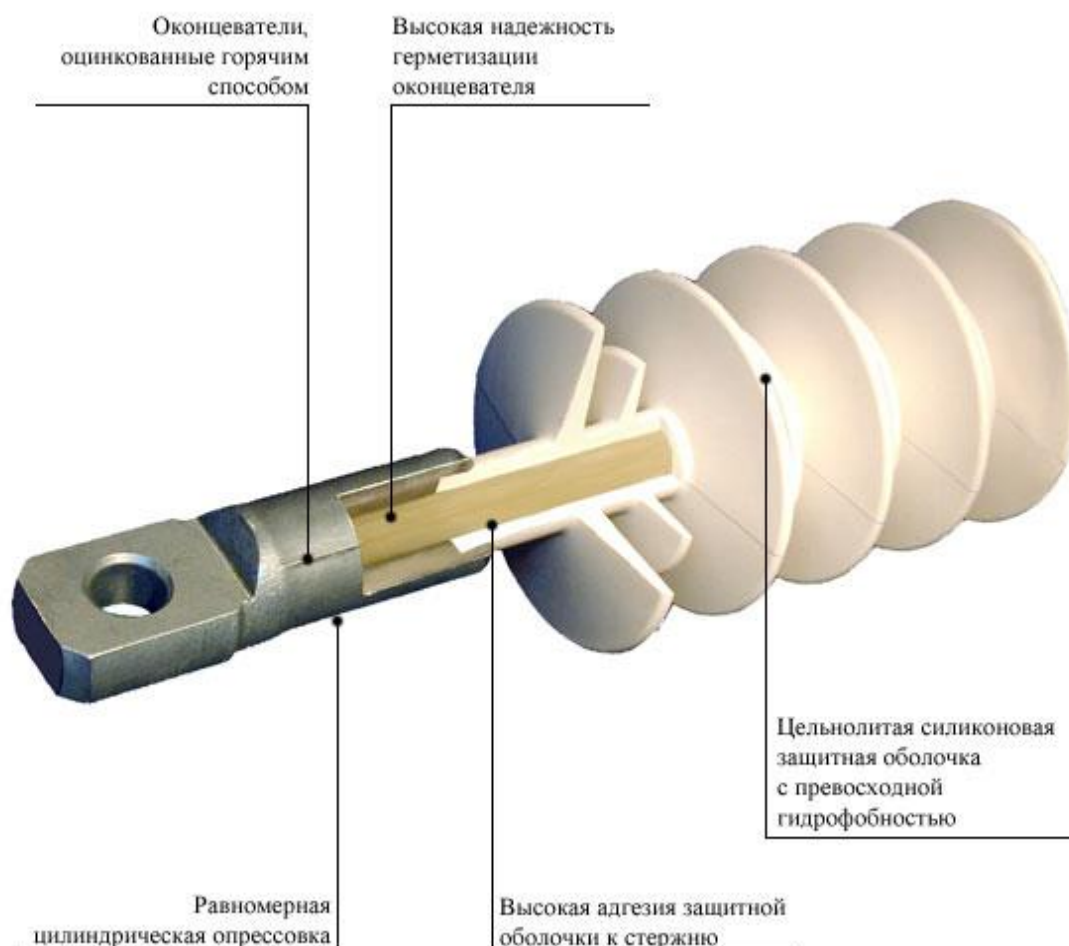


Рисунок 29- Конструкция полимерного изолятора

#### Преимущества изоляторов с кремнийорганической изоляцией:

- способность материала сохранять гидрофобные свойства наружной поверхности в течении срока службы изолятора, даже в сильно загрязнённых условиях;
- изоляторы обладают более высокой устойчивостью при воздействии ударных механических нагрузок при транспортировании, монтаже и эксплуатации;
- не требует дополнительного обслуживания, в течении всего срока службы изолятора;
- повышенные механические и электрические характеристики;
- значительное снижение веса.

## СТЕКЛЯННЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ С СИЛИКОНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ГОРЯЧЕГО ОТВЕРЖДЕНИЯ



Рисунок 30- Конструкция изолятора с силиконовым покрытием

Стекланные изоляторы с силиконовым покрытием горячего отверждения (рис. 30) предназначены:

- для эксплуатации в районах с сильными промышленными и естественными загрязнениями, на побережьях морей и океанов.
- в компактных линиях электропередачи при необходимости снижения длины гирлянд.
- в районах с повышенной вероятностью актов вандализма (расстрелов).

Покрытие позволяет придать стекланным изоляторам свойства полимерных при сохранении преимуществ закаленного стекла, а именно:

1. За счет высокой гидрофобности покрытия резко снижается загрязняемость поверхности изолятора. В 1.5 раза и более повышаются разрядные характеристики, резко снижается вероятность перекрытия гирлянды даже в условиях сильных загрязнений.

2. Исключается необходимость чистки и мойки гирлянд изоляторов, значительно снижаются затраты на эксплуатацию линий электропередач.

3. Снижается уровень радиопомех изоляторов и гирлянд в целом.

4. Изоляторы приобретают стойкость к актам вандализма (расстрелам).

Изоляторы стекланные с силиконовым покрытием горячего отверждения имеют следующие преимущества:

1. Более высокая гидрофобность. Угол смачивания более  $120^\circ$

2. Возможность нанесения покрытия литьем, практически без потерь материала, что в результате снижает себестоимость и позволяет прогнозировать срок службы покрытия соизмеримый со сроком службы стекланных изоляторов без возобновления покрытия.

4. Обеспечивается стойкость стекланных изоляторов к внешним механическим воздействиям (к актам вандализма).

5. Прочность LSR покрытия и прочность его соединения со стеклодеталью значительно превышает прочность RTV покрытия. Это обеспечивает возможность транспортировки изоляторов без нарушения целостности покрытия.

6. Стоимость LSR покрытия существенно ниже стоимости RTV покрытия.

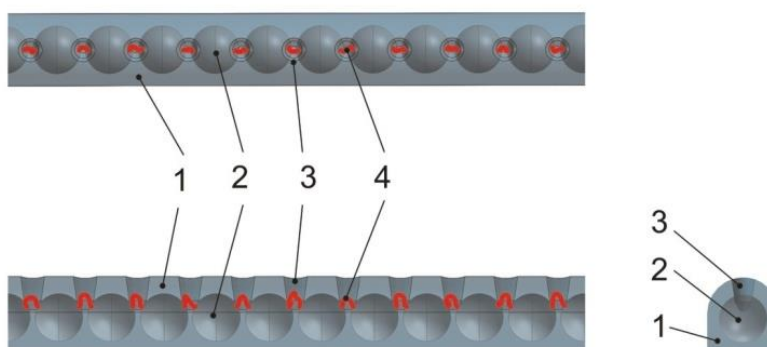


## ИЗОЛЯТОРЫ-РАЗРЯДНИКИ С МУЛЬТИКАМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ

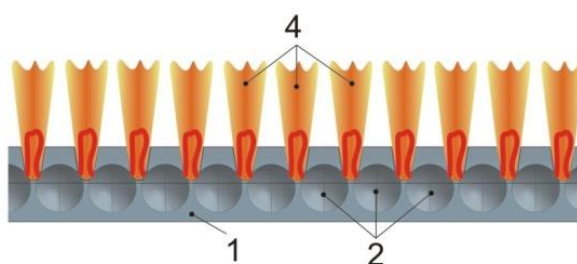
### Принцип работы МКС

Мультикамерная система (МКС) состоит из большого числа электродов, вмонтированных в профиль из силиконовой резины (рис. 31). Между электродами выполнены отверстия, выходящие наружу профиля. Эти отверстия образуют миниатюрные газоразрядные камеры. При воздействии на разрядник импульса грозового перенапряжения пробиваются промежутки между электродами. Благодаря тому, что разряды между промежуточными электродами происходят внутри камер, объёмы которых весьма малы, при расширении канала создаётся высокое давление, под действием которого каналы искровых разрядов между электродами перемещается к поверхности изоляционного тела и далее - выдуваются наружу в окружающий разрядник воздух. Вследствие возникающего дутья и удлинения каналов между электродами каналы разрядов охлаждаются, суммарное сопротивление всех каналов увеличивается, т.е. общее сопротивление разрядника возрастает, и происходит ограничение импульсного тока грозового перенапряжения.

1 - профиль из силиконовой резины; 2 - промежуточные электроды; 3 - дугогасящая камера; 4 - канал разряда.



а) схема, поясняющая начальный момент развития разрядов;



б) схема, поясняющая завершающий момент развития разрядов

Рисунок 31- Конструкция и принцип работы МКС

### Особенности исполнения

ГИРМК (гирлянда мультикамерных изоляторов-разрядников) предназначена для молниезащиты воздушных линий электропередачи (ВЛ) трехфазного переменного тока классов 35, 110 и 220 кВ (рис. 33).

Мультикамерные разрядники серии ГИРМК состоят из гирлянды изоляторов-разрядников мультикамерных (ИРМК) на основе тарельчатых стеклянных изоляторов U120AD (рис. 32). ИРМК-U120AD-УХЛ1 является принципиально новым устройством, сочетающими в себе одновременно свойства и изолятора, и разрядника. Его применение позволяет защитить воздушные линии электропередачи от прямых ударов молнии и от индуктированных грозových воздействий и их последствий.

Применение ГИРМК на ВЛ позволяет отказаться от грозозащитного троса. При этом снижается высота, масса и стоимость опор, а также стоимость всей ВЛ в целом, но обеспечивается её надёжная молниезащита.

#### Принцип работы

Основу изолятора-разрядника составляет массово выпускаемый стеклянный тарельчатый изолятор U120AD, на который специальным образом установлены мультикамерная система (МКС) и электроды. Такие дополнения не приводят к ухудшению изоляционных свойств изолятора, но благодаря им он приобретает свойства разрядника.



Рисунок 32- Общий вид ИРМК

МКС установлена по периметру ребра изолятора. Она занимает примерно пять шестых окружности ребра, оставшаяся часть которого занята профилем из силиконовой резины без электродов. От одного из концов МКС отходит верхний подводящий электрод, а от другого — нижний отводящий электрод.

При воздействии перенапряжения на ИРМК сначала пробиваются искровые воздушные промежутки, а затем — МКС. Ток грозового перенапряжения протекает от верхнего подводящего электрода через искровой канал воздушного промежутка, затем — по МКС, и далее — через канал разряда воздушного промежутка, к нижнему отводящему электроду.

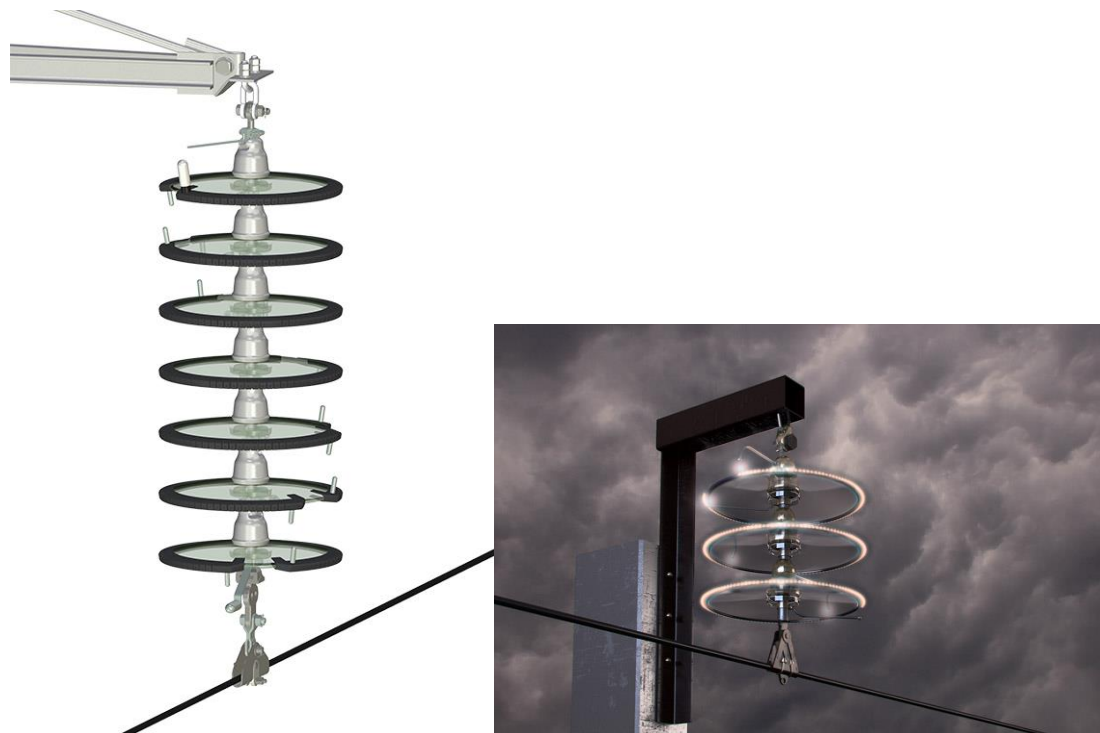


Рисунок 33- Общий вид ГИРМК

Преимущества применения ИРМК вместо троса:

- исключение грозовых отключений;
- облегчение эксплуатации ВЛ;
- отказ от заземлителей опор;
- уменьшение веса и стоимости опор или сокращение числа опор.

**4.6 Конструктивные особенности спиральной арматуры.**

Спиральная арматура является относительно новым альтернативным типом арматуры для традиционных видов арматуры, предназначенной для проводов высоковольтных воздушных линий электропередачи, молниезащитных тросов и оптических кабелей.

Широкое применение спиральной арматуры при строительстве, эксплуатации и ремонте воздушных линий электропередачи и воздушных волоконно-оптических линий связи обусловлено её некоторыми преимуществами перед другими типами линейной арматуры. Возможно, главным является отсутствие необходимости применения специального инструмента и приспособлений для её монтажа, использование которых в полевых условиях просто невозможно или затруднительно. Второе преимущество – скорость и удобство монтажа, по которым спиральная арматура уступает только клиновой (или клиносочлененной). Третье, сама конструкция спиральной арматуры позволяет распределить нагрузку, передаваемую на проводник, на большую его площадь и, следовательно, сделать условия работы системы «зажим-провод» более щадящими.

**Функционально спиральная арматура подразделяется на:**

- **зажимы натяжные**- предназначены для крепления проводов (тросов) ВЛ к анкерным (анкерно-угловым) опорам (рис. 34);

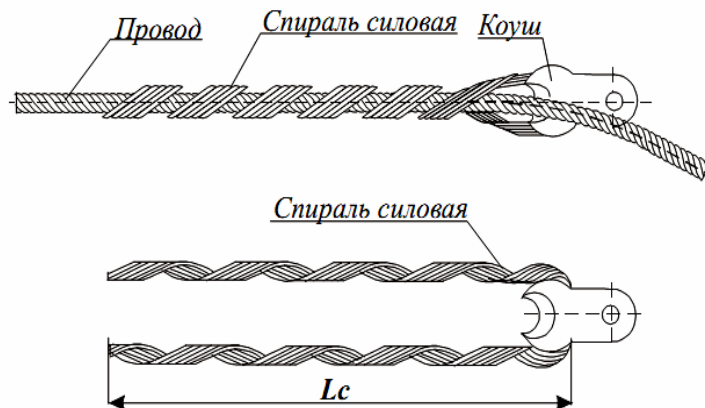


Рисунок 34- Зажим натяжной

-**зажимы поддерживающие**- предназначены для подвески проводов и тросов к промежуточным опорам ВЛ (рис. 35);

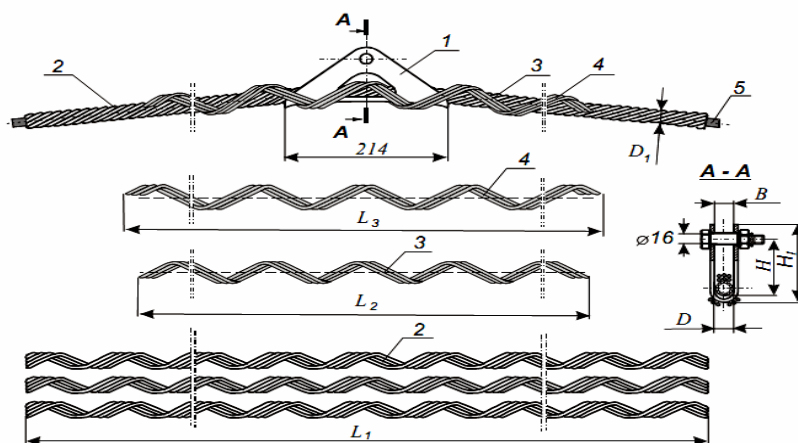


Рисунок 35- Зажим поддерживающий

- **зажимы соединительные**- предназначены для соединения двух провода одной марки между собой. Соединение должно обеспечить механическую прочность не менее 95% от прочности провода (троса) на разрыв и не должно приводить к снижению пропускной способности провода (электрическое сопротивление должно быть не выше, чем в проводе) (рис. 36);

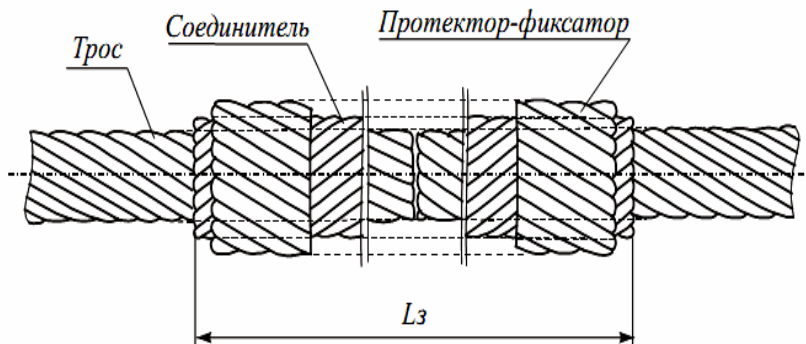


Рисунок 36- Зажим соединительный

- **зажимы ремонтные**- предназначены для ремонта сталеалюминевых проводов сечением от 35 мм<sup>2</sup> до 400 мм<sup>2</sup> (рис. 37);

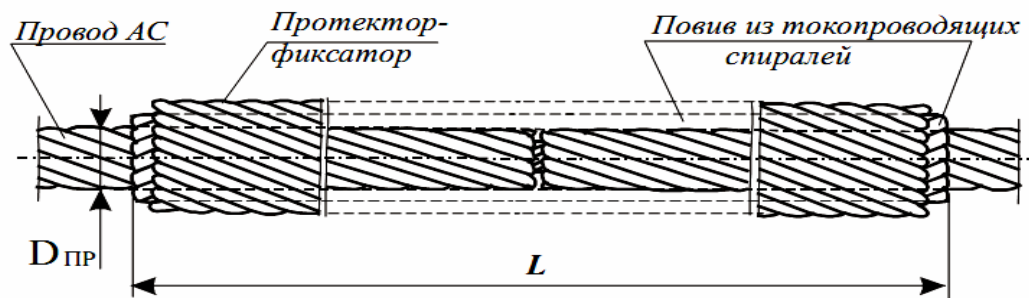


Рисунок 37- Зажим ремонтный

- **протекторы**- предназначены для защиты проводов (тросов) от преждевременных поломок отдельных проволок под воздействием колебаний, для предотвращения смятия повивов проводов из алюминиевого сплава при соприкосновении с более твердыми поверхностями (лодочки поддерживающих зажимов, плашки распорок, ролики многороликовых подвесов и др.) (рис. 38).

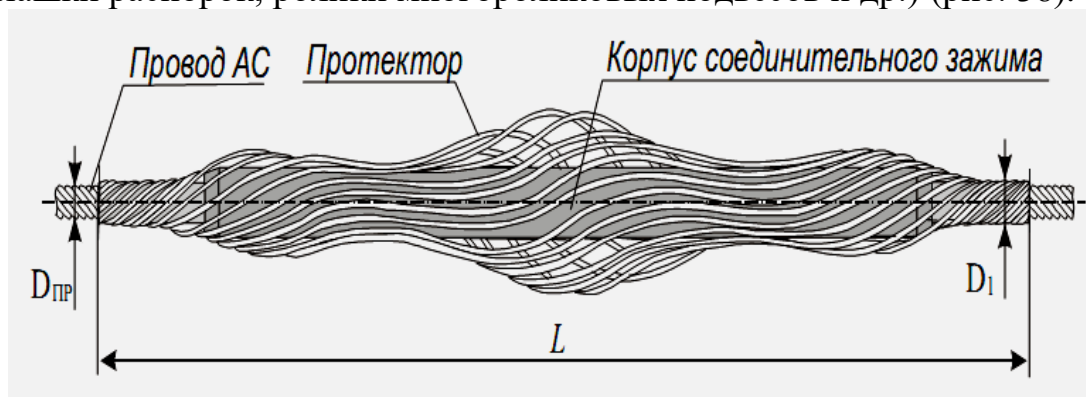


Рисунок 38- Протекторы

#### Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 4:

1. Какими мероприятиями осуществляется повышение мощности передаваемой линии?
2. За счет чего осуществляется повышение пропускной способности проводов?
3. С чем связана необходимость разработки грозотросов нового поколения?
4. В чем конструктивная особенность грозотросов нового поколения?
5. Какие проблемы решает создание фундаментов новой конструкции?
6. Какова главная цель при выборе фундаментов новых конструкций?
7. Перечислить основные виды фундаментов, применяемых при реконструкции и новом сооружении ВЛ.
8. Какой вид фундаментов допускает их демонтаж?
9. Какие фундаменты допускается монтировать под углом к поверхности земли?
10. Какие проблемы решает создание опор новой конструкции?
11. Перечислить основные виды опор, применяемых при реконструкции и новом сооружении ВЛ.
12. На какие группы делятся многогранные опоры из гнутого профиля?
13. В чем основные преимущества и недостатки многогранных опор из гнутого профиля?
14. Каким образом осуществляется соединение новых конструкций опор с фундаментами? (указать вид закрепления для каждого вида опоры)

15. Использование каких конструкций изоляторов ВЛ обеспечивается высокая изолированность линии от земли?

16. За счет чего обеспечивается соблюдение требований надежности ВЛ и ее пропускной способности по изоляционным характеристикам?

17. Что представляет собой система МКС на изоляторах-разрядниках, принцип ее работы? (можно рисунок)

18. В чем преимущества применения спиральной арматуры перед традиционными элементами?



## Тема 5. Монтаж заменяющихся элементов ВЛ

### Изучаемые вопросы темы:

- 5.1 Монтаж винтовых свайных фундаментов.
- 5.2 Монтаж фундаментов из свай-оболочек.
- 5.3 Монтаж фундаментов из буронабивных свай.
- 5.4 Монтаж многогранных опор.
- 5.5 Монтаж композитных опор.
- 5.6 Особенности расщепления фазы и/или увеличение количества проводов в фазе при реконструкции.
- 5.7 Особенности увеличения количества цепей при реконструкции.
- 5.8 Особенности применения и монтажа спиральной арматуры.

**Используемые информационные ресурсы:**[2], [3], [5], [7], [9], [19], [22], [23], [24], [26], [32].

### **5.1 Монтаж винтовых свайных фундаментов.**

Фундаменты на винтовых сваях (рис. 40) предназначены для закрепления опор ВЛ и стальных порталов ОРУ подстанций во всех типах нескальных грунтов.

Фундаменты состоящие из одной сваи являются бесростверковыми и для крепления опор и оттяжек имеют наголовники Н1, Н1А, Н2, Н4. Двух-, трех- или четырехсвайные фундаменты объединяются по наголовникам НР ростверками из инвентарных балок Б2, Б4 с опорными узлами ОГ, ОШ.

#### **Преимущества фундаментов из винтовых свай**

1. Устройство фундаментов в сложных геологических условиях: в заболоченных грунтах и под водой, на торфяных и песчаных грунтах, а также в условиях вечной мерзлоты;
2. Быстрый монтаж и при необходимости легкий демонтаж и возможность повторного использования фундаментных конструкций;
3. Долговечность (более 50 лет) и надежность. Всесезонное использование оцинкованных винтовых свай;
4. Экономичные транспортные расходы. Низкая стоимость и сроки СМР
5. Низкая материалоемкость и стоимость фундаментных конструкций;
6. Возможность проведения СМР и в стесненных условиях;
7. Сохранение окружающей среды за счет отсутствия земляных работ;
8. Отсутствие «мокрых технологий» дает возможность устройства фундаментов при отрицательных температурах.

#### **В состав винтового фундамента входят (рис. 39):**

- Винтовые сваи
- Наголовники
- Балки ростверка
- Опорные узлы

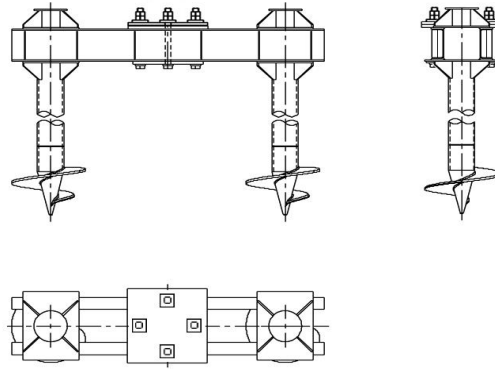


Рисунок 39- Общий вид фундамента из винтовых свай

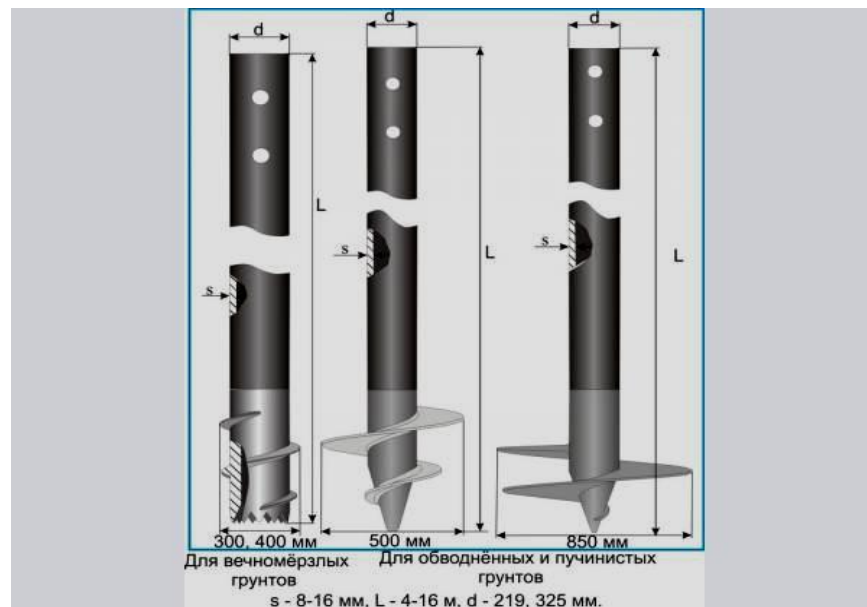


Рисунок 40- Модификация винтовых свай по форме наконечника

### Устройство свайных фундаментов

Рекомендуемая последовательность устройства свайных фундаментов из винтовых свай:

- планировка поверхности площадки;
- разбивка осей фундаментов;
- приёмка винтовых свай;
- проверка наличия всех деталей, сборочных единиц и их соответствия спецификациям общих видов, комплектующей и отгрузочной ведомостям;
- погружение винтовых свай до проектной отметки (рис. 41);
- составление акта скрытых работ на погружение винтовых свай;
- проведение испытаний винтовых свай статической нагрузкой;
- составление протокола испытаний винтовых свай;
- устройство свайного ростверка;
- приёмка и контроль качества работ по устройству свайных фундаментов в соответствии с требованиями СП 50-102-2003;
- составление акта скрытых работ на монтажные работы.



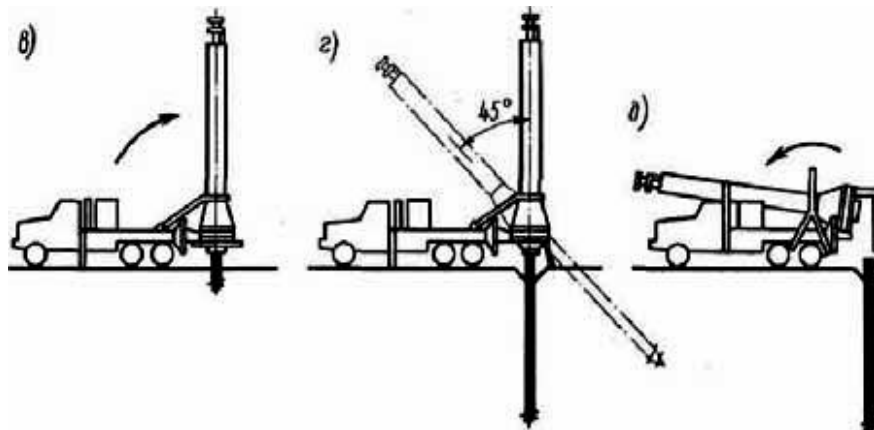


Рисунок 41- Погружение винтовой сваи машиной для завинчивания

Погружение винтовых свай в грунт может производиться различными методами:

- вручную (воротом);
- с использованием вращающего механизма (различных видов кабестанов);
- специальной машиной для завинчивания свай (рис. 41) (с устройством для захвата сваи и вращающим механизмом).

Специальные механизмы для погружения винтовых свай (в том числе машины для завинчивания) должны обеспечивать значение величины крутящего момента 5 -15 т · м и гарантировать вертикальность или точность угла наклона сваи при погружении.

Погружение винтовых свай в вечномёрзлые грунты осуществляется с предварительным устройством лидерной скважины, диаметр которой принимается равным диаметру ствола сваи. В немёрзлых грунтах погружение осуществляется без лидерной скважины, при необходимости допускается устройство лидерной скважины с диаметром, меньшим диаметра ствола сваи. В соответствии с СП 50-102-2003 в процессе погружения свай через каждые 0.5 м должны фиксироваться и заноситься в журнал погружения винтовых свай продолжительность погружения сваи и значения крутящего момента.

## 5.2 Монтаж фундаментов из свай-оболочек.

Рекомендуемая последовательность устройства фундаментов из стальных свай-оболочек:

### 1. Подготовительный этап

- 1.1 планировка поверхности площадки;
- 1.2 разбивка осей фундаментов;
- 1.3 проверка наличия всех деталей, сборочных единиц и их соответствия спецификациям общих видов, комплектующей и отгрузочной ведомостям;

### 2. Этап монтажа:

#### 2.1 погружение стальных свай-оболочек:

- **забивкой, вдавливанием, вибропогружением** (рис. 42) до проектной отметки при погружении стальных свай-оболочек без выемки грунта или в скважину диаметром, равным диаметру ствола сваи (с ее предварительным бурением);
- **краном** (рис. 43) в скважину диаметром, большим диаметра ствола сваи, или в котлован (с предварительным устройством скважины или котлована);

Примечание- глубина погружения свай-оболочки зависит от нагрузки на фундамент и грунтовых условий и составляет 9 и 10 м. Таким образом, длина свай-оболочки для различных грунтовых условий составила 9,8 и 10,8 м.

2.2 при необходимости- установка ригелей в котлован (при его разработке) и соединение их со сваяй;

2.3 засыпка пазух котлована или скважины непучинистым грунтом и последующая трамбовка (при диаметре скважины, большем диаметра ствола сваи или разработанном котловане)

2.4 при бетонировании внутренней полости сваи: установка арматурного каркаса в полость сваи и заполнение полости ствола сваи грунтом или литым бетоном В15 (в верхней части сваи бетонной смесью обеспечивается уклон от центра сваи к отверстиям для стока конденсата);

### 3. Заключительный этап

3.1 составление акта скрытых работ на погружение стальных свай- оболочек и ригелей;

3.2 проведение испытаний стальных свай-оболочек статической нагрузкой и составление протокола испытаний;

3.3 устройство свайного ростверка;

3.4 устройство (отсыпка) банкетки;

3.5 приёмка и контроль качества работ по устройству свайных фундаментов в соответствии с требованиями СП 50-102-2003;

3.6 составление акта скрытых работ на монтажные работы.

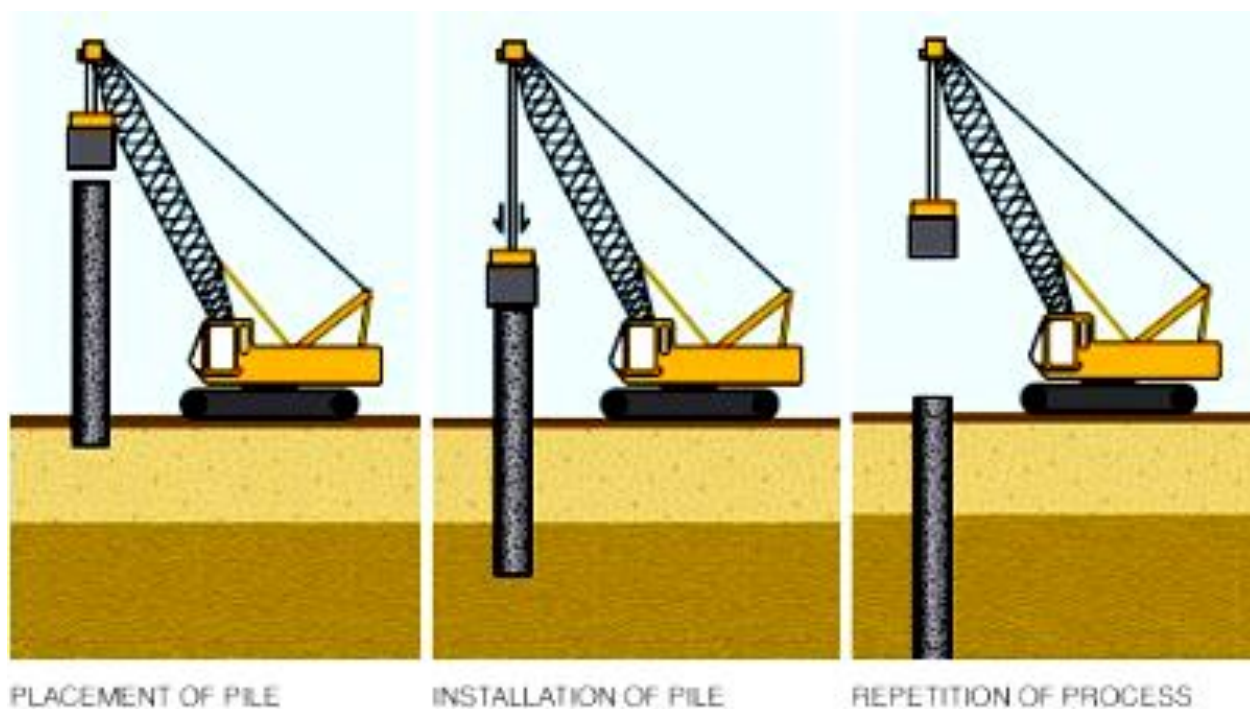
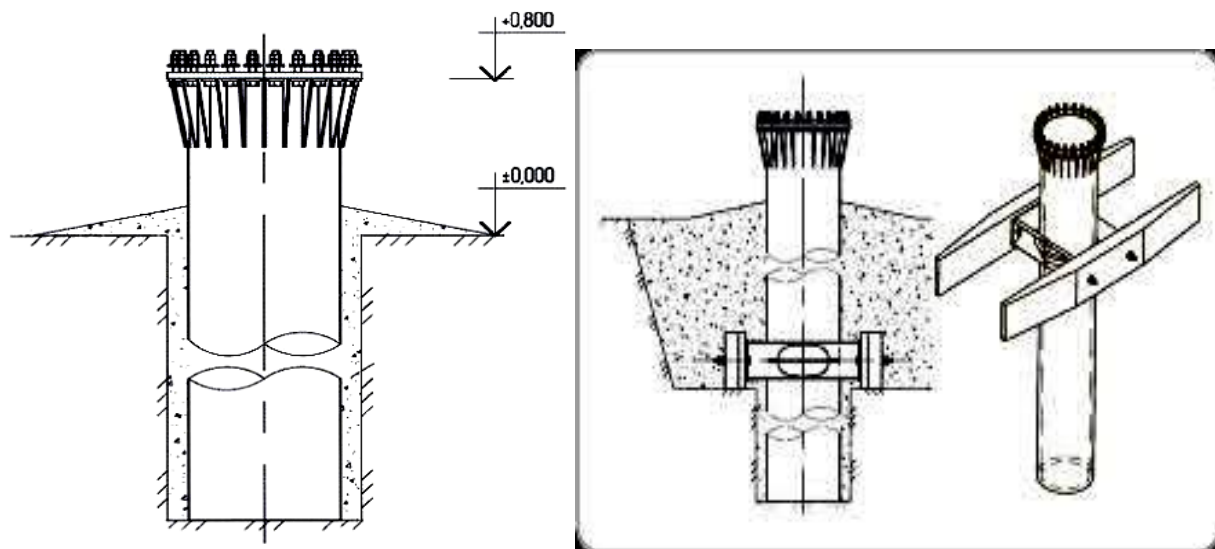


Рисунок 42-Установка свай-оболочек Мвибропогружением.



А) Б)  
 Рисунок 43- Смонтированный фундамент из сваи-оболочки:  
 А- установка в пробуренный котлован;  
 Б- установка в разработанный котлован с ригелем

### 5.3 Монтаж фундаментов из буронабивных свай.

Требования к производству работ по монтажу фундаментов из буронабивных свай:

1. Буронабивные сваи бетонируются в скважинах, пробуренных в глинистых грунтах выше уровня подземных вод без крепления стенок скважин, а в любых грунтах ниже уровня подземных вод — с закреплением стенок скважин глинистым раствором или инвентарными извлекаемыми обсадными трубами.

2. Обсадные трубы допускается оставлять в грунте только в случаях, когда исключена возможность применения других решений конструкции фундаментов (при устройстве буронабивных свай в пластах грунтов со скоростью фильтрационного потока более 200 м/сут, при применении буронабивных свай для закрепления действующих оползневых склонов и в других обоснованных случаях).

3. При устройстве буронабивных свай в водонасыщенных глинистых грунтах для крепления стенок скважин допускается использовать избыточное давление воды. Бетонирование под водой или под глинистым раствором следует производить только методом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) или с помощью бетононасосов.

Рекомендуемая последовательность устройства фундаментов из буронабивных свай большого диаметра (рис. 44):

#### 1. Подготовительный этап

- 1.1 планировка поверхности площадки;
- 1.2 разбивка осей фундаментов;
- 1.3 проверка наличия всех деталей, сборочных единиц и их соответствия спецификациям общих видов, комплектующей и отгрузочной ведомостям;

#### 2. Этап монтажа:

- 2.1 устройство скважины диаметром, равным диаметру ствола сваи, с погружением при необходимости обсадной трубы (ниже уровня подземных вод);

2.2 установка арматурного каркаса в скважину или в обсадную трубу и заполнение скважины или обсадной трубы литым бетоном (или наоборот в зависимости от технологии изготовления буронабивной сваи);

2.3 извлечение обсадной трубы;

2.4 после твердения бетона сваи (набора необходимой прочности) устройство котлована на глубину, равную проектной глубине погружения ригелей;

2.5 установка ригелей в котлован и соединение их со сваями;

2.6 устройство низкого свайного ростверка;

2.7 засыпка котлована грунтом и последующая трамбовка;

### 3. Заключительный этап

3.1 составление акта скрытых работ на устройство буронабивных свай и погружение ригелей;

3.2 проведение испытаний свай статической нагрузкой и составление протокола испытаний;

3.3 устройство высокого свайного ростверка;

3.4 устройство (отсыпка) банкетки;

3.5 приёмка и контроль качества работ по устройству свайных фундаментов в соответствии с требованиями СП 50-102-2003;

3.6 составление акта скрытых работ на монтажные работы.

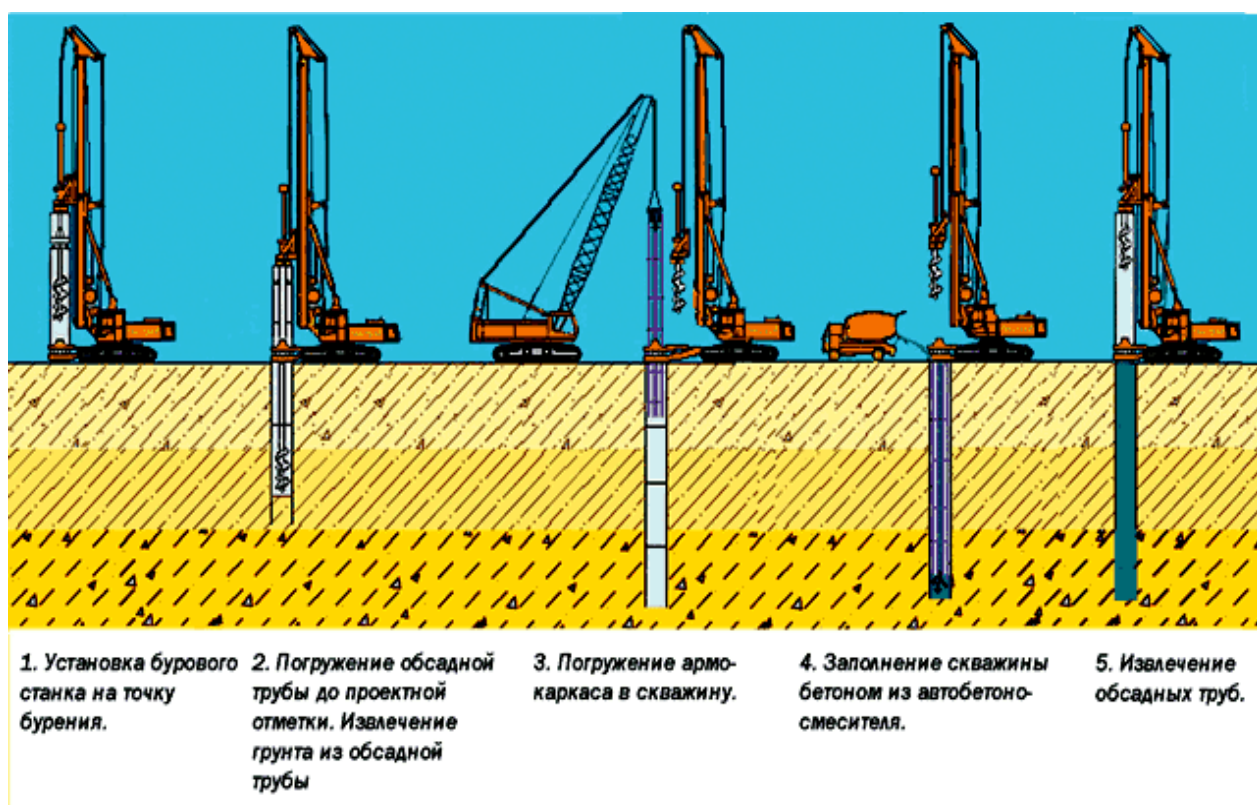


Рисунок 44- Монтаж буронабивных свай-оболочек

#### 5.4 Монтаж многогранных опор.

Монтаж опор должен производиться в соответствии с технологическими картами, намечаемыми к разработке в 2008г.

Конструкции стоек и опор должны подаваться на монтаж оцинкованными и очищенными от грязи, льда, масла и ржавчины.

Стальные конструкции подлежат проверке на месте установки. Допускаемые отклонения от проектных размеров стальных конструкций должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

Установка собранной опоры производится с помощью крана соответствующей грузоподъемности и вылета стрелы. В месте крепления строповочного троса опоры должны иметь прокладку для обеспечения сохранности цинкового покрытия.

Головки и гайки болтов должны плотно соприкасаться с плоскостями элементов конструкций и шайб. В каждом болте со стороны гайки должно оставаться не менее одной нитки резьбы с полным профилем. Надежность фиксации гаек анкерных болтов обеспечивается второй гайкой. Момент затяжки болтов при монтаже металлоконструкций должен быть не менее 15 кГСМ. После затяжки резьбу болтов раскернить или приварить.

Если в конкретном проекте ВЛ предусмотрены дополнительные заземлители, то их следует присоединить к контакту опоры болтом М16.

При производстве монтажных работ не допускается:

- механическое повреждение конструкций (образование остаточных деформаций, вмятин и др.);
- повреждение защитных покрытий. Транспортные и монтажные нагрузки на опоры не должны превышать расчетных. При складировании или сборке опор на месте установки опоры или их секции должны укладываться на деревянные прокладки.

Выкладка опоры облегчена малым количеством элементов. Сборка опоры так же исключительно проста:

- Сначала стыкуются секции стойки – нижняя со второй, вторая с третьей и т.д. (обычно, бригада из 7-8 человек тратит на это около 1 часа);
- Затем к стойке крепятся траверсы, каждая с помощью 4-9 болтов (для 110 кВ и 330 кВ). (На это уходит менее часа).

Закрепление многогранных опор в грунте в отличии от решетчатых или бетонных опор предусматривает гораздо большее число вариантов:

- непосредственно на трубный фундамент в пробуренный котлован;
- по типу свай-оболочки;
- на винтовые сваи со сборным железобетонным и металлическим ростверком;
- фундамент из грибовидных подножников с ростверком;
- на монолитный фундамент.

Крепится к фундаменту опора 330 кВ с помощью 32 болтов, опора 110 кВ — 24 болтов.

### **УСТАНОВКА СМО В ПРОБУРЕННЫЙ КОТЛОВАН**

Установка СМО в пробуренный котлован — самый простой способ закрепления. Он полностью идентичен установке железобетонных опор. Основным недостатком этого варианта закрепления является то, что при его применении снижается высота до нижней траверсы (на глубину заделки), существенно сокращаются пролетные расстояния и ухудшаются экономические показатели строительства ВЛ.

### **УСТАНОВКА НА СБОРНЫЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОН**

При реализации данного вида закрепления сна чала устанавливаются грибовидные подножники как и в случае с решетчатыми опорами. Затем они

связываются с помощью металлического или бетонного ростверка с ответным фланцем, на который и устанавливается многогранная опора. Этот вид закреплений сложен и достаточно дорог. Область эффективного применения готовых железобетонных фундаментов ограничивается сетями низкого напряжения, осветительными опорами и т.п., где фундаменты просты в изготовлении и установке.

### **УСТАНОВКА НА МОНОЛИТНЫЙ ФУНДАМЕНТ**

Этот вид закрепления наиболее распространен в западных странах. Обусловлено это тремя факторами — хорошей транспортной доступностью, экономичностью данного варианта закрепления. В России этот вид установки многогранных опор так же достаточно распространен. Он является основным при строительстве теле- коммуникационных башен, при строительстве сложных, не типовых опор, в особенности в условиях плотной городской застройки. Применение такого типа закрепления целесообразно в условиях транспортной доступности объекта строительства и экономической эффективности перевозки бетонных смесей. Такой тип фундаментов требует выполнения отдельного раздела проекта с разработкой анкерной конструкции и расчета объемов бетонных работ. Однако этот фактор является и основным преимуществом данного типа закреплений – высокая адаптивность.

### **УСТАНОВКА НА ВИНТОВЫЕ СВАИ**

Данный вариант установки многогранных опор является предпочтительным при сооружении объектов в районах с вечной мерзлотой и в условиях слобонесущих грунтов. Проектирование такого типа закрепления также осуществляется силами заводских специалистов путем расчета несущей способности винтовой сваи для конкретных типов грунтов и расчета металлоконструкции ростверка, исходя из нагрузок на опору. Подобное закрепление получает особенное распространение в настоящее время в связи с появлением новейших технологий бурения и завинчивания свай. Применение свайных фундаментов зачастую позволяет значительно сократить объемы земляных работ в фундаментной части опорной конструкции и избежать применения «мокрых» процессов в труднодоступных районах и районах со сложными климатическими условиями.

### **УСТАНОВКА НА ТРУБЫ**

Этот вид закрепления считается наиболее эффективным для сетей напряжением до 330 кВ в условиях нормальных грунтов. Для каждого класса напряжений известны наиболее вероятные опрокидывающие моменты на уровне земли. В соответствии с ними для каждого класса напряжений подобраны диаметры и длины труб соответствующие этим моментам. Так, промежуточные опоры в сетях 6-10 кВ, как правило, устанавливаются на трубы диаметром 219-325 мм, в сетях 35 кВ — на трубы 426-530 мм, в сетях 110 кВ — на трубы 720 мм и т.д. Разумеется, для каждого конкретного проекта уточняется диаметр трубы, толщина стенки, длина трубы. В отдельных случаях предусматривается применение унифицированных ригелей типа AP6 или AP8.

#### **5.5 Монтаж композитных опор.**

Композитная опора состоит из модулей, близких по форме к конусу. К месту сборки опоры доставляют в разобранном виде, при этом нижний – самый большой по



габаритам и диаметру – является одновременно и футляром для остальных элементов конструкции.

Основные этапы монтажа стеклопластиковых опор аналогичны традиционным опорам – это транспортировка, выкладка секций и сборка опоры, установка, выверка и закрепление опоры, однако есть некоторые особенности их выполнения.

**Подготовительные работы.** Проводятся на специальных площадках расположенных рядом с трассой сооружаемой воздушной линии и включают нанесение разметочных линий на секции опоры, сверление отверстий, обрезку секций в случае необходимости и т.д.

**Транспортировка.** К месту монтажа опоры обычно доставляют в разобранном виде, при этом нижний – самый большой по габаритам и диаметру модуль – является одновременно и футляром для остальных элементов конструкции. Таким образом, формируется "набор" секций стойки опоры. Для исключения возможных перемещений отдельных секций в "наборе" при транспортировке, они скрепляются между собой болтами. При этом для перевозки опор не требуется специальная крупногабаритная техника. По информации некоторых электротехнических компаний, занимающихся монтажом ВЛЭП, транспортировка опор из композитных материалов обходится в 2 раза дешевле, чем деревянных опор.

**Сборка.** В зависимости от условий монтажа и транспортировки опор, они могут собираться:

- непосредственно на пикете из отдельных заводских элементов;
- на специальных сборочных площадках рядом с объектом монтажа и на пикет доставляться в собранном виде;
- на сборочных площадках собираются укрупненные блоки, которые доставляют на пикет, где опора окончательно собирается.

Относительно небольшой вес композитных опор не требует использования специальной техники при монтаже, для сборки достаточно иметь кран небольшой грузоподъемности (например, кран-манипуляторную установку).

Сборка опоры производится на земле и сводится к «наращиванию» отдельных секций до получения стойки необходимой высоты. Познакомимся более подробно с особенностями сборки стойки опор из композитных материалов.

**После выгрузки набора секций на пикете выполняют следующие операции:**

1. Отвинчивают специальный болт, соединяющий секции между собой во время транспортировки для исключения их перемещения и повреждения. Этот болт находится у основания набора секций.

2. После того как «транспортный» болт удален, извлекают секции из «набора», начиная с внутренней (самой маленькой) и укладывают их друг за другом на деревянные бруски. Легкие внутренние секции могут извлекаться и перемещаться вручную двумя монтажниками, для перемещения более тяжелых секций используют грузоподъемные машины.

3. После выкладки секций проводят их соединение, начиная с самых больших (нижних) модулей. При этом, меньшую, более легкую секцию надвигают на более тяжелую, ориентируясь по меткам, которые нанесены на секции опоры. Наличие меток позволяет выровнять монтажные отверстия (используемые для их стягивания) в разных секциях друг относительно друга.

4. В предварительно высверленные отверстия соединяемых секций устанавливают монтажные зажимы. В каждой секции имеется два отверстия расположенные на одной высоте, с противоположных сторон секции (напротив друг друга). Всего устанавливается четыре зажима, по два на каждую секцию.

5. Для исключения смещения зажимов при стягивании соединяемых модулей опоры, в результате чего может произойти повреждение модулей или самих зажимов, последние фиксируются предохранительным ремнем или цепью, которые продеваются в отверстия зажимов и охватывают модуль опоры. С противоположных сторон соединяемых модулей (напротив друг друга) устанавливаются ручные лебедки.

6. Модули стягиваются ручными лебедками, причем усилия, создаваемые каждой из лебедок, должны быть одинаковы во избежание перекоса соединяемых секций опоры. Стягивание секций останавливают, когда верхняя, более легкая секция заходит за контрольную метку, нанесенную на более тяжелую (нижнюю) секцию.

7. После того, как соединяемые модули насажены друг на друга высверливается отверстие под болтовое крепление секций. Отверстие сверлится во внутреннем модуле доступ к которому осуществляется через продольную щель внешнего модуля. Отверстие высверливается как можно ближе к нижнему краю щели (обычно это место указано соответствующими метками).

8. В высверленное отверстие вставляют специальную гайку, прикрепленную к монтажной нити. Нить натягивается, и гайка занимает горизонтальное положение внутри опоры. Затем в гайку вставляется и заворачивается болт, который окончательно зажимается ключом. После установки болтового соединения монтажная нить обрезается.

9. Соединение остальных секций выполняется аналогично.

10. После того как стойка опоры собрана монтируется нижняя опорная крышка. Для этого в монтажные отверстия, расположенные у основания нижней секции, устанавливаются J-образные болты.

11. В зависимости от типа опорной крышки (от ее диаметра) J-образные болты могут монтироваться с внутренней или наружной стороны нижней секции опоры. Крышка крепится четырьмя болтами.

12. В завершении операций по сборке стойки опоры монтируется верхняя крышка. Крышка крепится четырьмя винтами к верхней секции стойки.

13. После сборки стойки опоры производят монтаж траверсы.

**Установка.** Промежуточные свободностоящие одностоечные опоры ВЛ до 220 кВ обычно устанавливают непосредственно в грунт. Котлованы для этих фундаментов разрабатываются буровыми машинами с буровыми головками диаметром на 5-10 см больше диаметра устанавливаемой стойки. Таким образом, стойку опоры устанавливают практически в ненарушенный грунт, обладающий высокими механическими характеристиками.

Установка композитных опор производится с помощью крана. В качестве такелажных приспособлений не используют острые, абразивные материалы, чтобы не повредить стеклопластиковую опору, как правило, применяют нейлоновые тросы. Нейлоновый трос крепят в точке равновесия опоры (центр масс), которая примерно совпадает с геометрическим центром опоры. Опору поднимают до вертикального положения и опускают стойкой в котлован, устанавливая так, чтобы оси траверс опоры были расположены перпендикулярно к оси трассы. Проверяют, чтобы ось



опоры была строго вертикальна и совпадала с осью трассы. Далее котлован заполняется композитной смесью.

### **5.6 Особенности расщепления фазы и/или увеличение количества проводов в фазе при реконструкции.**

Варьирование количества проводов в фазе обеспечивает возможность создания воздушных линий необходимой пропускной способности без использования каких-либо источников реактивной мощности (синхронных компенсаторов, статических тиристорных компенсаторов, продольной емкостной компенсации индуктивного сопротивления линии и т.п.). Для компенсации избыточной зарядной мощности таких линий необходимо использование управляемых шунтирующих реакторов трансформаторного типа. То есть расщепление фазы (для ВЛ 110-220 кВ) или простое увеличение количества проводов в фазе (для ВЛ 330 кВ и выше) невозможно. Требуется проведение специальных мероприятий по реконструкции оборудования ПС и полный перерасчет ВЛ с корректировкой длин пролетов (перерасстановкой опор) и полной заменой спецификации изоляции и линейной арматуры, что требует полного перепроектирования ВЛ и серьезной ее реконструкции. Практически строительства новой ВЛ взамен существующей.

### **5.7 Особенности увеличения количества цепей при реконструкции.**

Это, наверное, один из самых доступных способов увеличения пропускной способности сети. Состоит он в том, что на одних и тех же опорах прокладываются несколько ВЛ одновременно, иногда нескольких классов напряжения. Этот способ дает возможность также строительства новых ВЛ путем увеличения цепности существующих, не выходя при этом, что очень важно, за границы уже существующих коридоров. Задействование дополнительных ячеек у генерации и расширение РУ на ПС, как правило, больших технических проблем не вызывает. Основная техническая сложность состоит в конструкции многоцепных опор и методах их закрепления. Чем тяжелее опора и меньше ее база, тем большая нагрузка передается на фундамент. Соответственно усложняется конструкция фундамента. Таким образом, говоря о многоцепной опоре, практически следует говорить о связке «опора-фундамент» как о едином целостном элементе ВЛ. Если двухцепные ВЛ одного класса напряжения стали уже в России более-менее привычными, то многоцепные ВЛ, тем более с цепями разного класса напряжений, сегодня еще экзотика и их строительство тормозится не столько из-за технических или экологических проблем, сколько из-за боязни чиновников, в том числе и руководителей энергосистем и энергоснабжающих организаций.

### **5.8 Особенности применения и монтажа спиральной арматуры.**

Монтаж спиральной арматуры осуществляется в соответствии с инструкцией, предоставляемой изготовителем арматуры. Эксплуатация спиральной арматуры производится в соответствии с инструкцией, предоставляемой заводом-изготовителем кабеля.

Нагрузки на спиральную арматуру не должны превышать допустимых нагрузок, установленных на конкретный тип спиральной арматуры. Спиральная арматура эксплуатируется при температуре окружающей среды от - 60 °С до + 85 °С.

Спиральная арматура проста и удобна при монтаже и эксплуатации. Для ее монтажа не нужны специальных инструментов, приспособлений и техники, зажим легко может смонтировать один человек без применения каких-либо усилий, что значительно экономит время и деньги заказчика.

Во время монтажа спирального зажима на кабель или трос необходимо лишь отмерить расстояние до места его установки, далее можно ориентироваться лишь на цветные метки, нанесенные на зажим.

В отличие от традиционных болтовых и прессуемых зажимов во время эксплуатации спиральной арматуры происходит распределение сжимающего усилия со стороны спиральных элементов зажима на закрепляемый провод по всей его длине, за счет чего исключаются локальные концентрации усилий.

Надежное крепление провода при помощи спиральной арматуры предохраняет его от чрезмерных перегибов, перетирания и других механических повреждений при контакте с элементами подвеса и опор.

### **Вопросы для самоконтроля по пройденной теме 5:**

1. Назвать назначение свайного куста
2. Назвать назначение ростверка.
3. Перечислить основные операции при монтаже фундаментов из винтовых свай.
4. Перечислить методы погружения винтовых свай.
5. Назвать назначение лидерной скважины. В каких случаях, при монтаже винтовых свай, применяются лидерные скважины?
6. В каких случаях, при монтаже свай-оболочек, фундаменты монтируют в заранее пробуренные котлованы?
7. В каких случаях, при монтаже свай-оболочек, фундаменты монтируют без предварительного бурения котлованов?
8. Назвать способы погружения свай-оболочек при монтаже их без предварительного бурения котлованов
9. В каком случае, при монтаже свай-оболочек, необходима разработка котлованов?
10. С помощью чего осуществляется крепление стенок скважин при монтаже буронабивных фундаментов? В каком случае крепление не выполняется?
11. Перечислить основные операции при монтаже буронабивных фундаментов.
12. Каким образом осуществляется отток конденсата, образующегося у опор типа СМО, в фундаментах из металлических труб?
13. Что не допускается при производстве работ по монтажу опор типа СМО.
14. Назвать способы сборки опор типа СМО.
15. Назвать порядок сборки опор типа СМО при ее выкладке на земле.
16. Назвать порядок сборки опор типа СМО методом вертикального наращивания краном.
17. Назвать особенности сборки и установки (закрепления) композитных опор на пикете.
18. С чем связаны трудности расщепления фазы и/или увеличения количества проводов в фазе при реконструкции?
19. С чем связаны трудности увеличения количества цепей в линии при реконструкции?

## **Информационные ресурсы**

### Основные печатные издания:

1. Правила устройства электроустановок [Текст]: Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.12.2013. – М. : Кнорус, 2013. – 488 с.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации - СПб.: ДЕАН, 2012- 352 с.
3. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (в ред. От 19.02.2016)–СПб.: ДЕАН, 2017- 176 с.
4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017)
5. Эксплуатация линий электропередачи напряжение 110 кВ и выше: учебно-методическое пособие / Д.Б. Гвоздев, В.Н. Тульский, Р.Р. Насыров (и др.); под общ. Ред. Д.Б. Гвоздева и В.Н. Тульского. – М. : ЦПУ Радуга, 2017. – 416 с.
6. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие/ И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под. ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с.: ил.
7. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт ВЛ 110-1150 кВ: учебное пособие/ Лаврентьев В.М., Царанов Н.Г.; под общ. ред. Лаврентьева В.М.-М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 572 с.: ил.
8. Оценка экономической эффективности энергосбережения: теория и практика: справочно методическое пособие: Фрей Д.А., Костюченко П.А., Зубкова А.Г., Евсеенко И.В., Бархатов В.Д.,Царьков И. Н.; под общ. ред. Фрей Д.А. -М.: Издательский дом МЭИ, 2015. –400 с.
- 9.Привалов, Е. Е. Эксплуатация воздушных линий электропередач [Текст]: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 130 с.
- 10.Привалов, Е. Е. Диагностика оборудования воздушных линий электропередач [Текст]: учебное пособие / Е. Е. Привалов. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 70 с.

### Дополнительные печатные издания:

11. Сроки работ по проектированию, строительству и реконструкции подстанций и линий электропередачи [Текст]: СТО 56947007-29.240.013-2008; Введ. 2008-04-18.- М.: ОАО ФСК ЕЭС , 2008.-9 с.
12. Методические указания по проведению периодического технического освидетельствования воздушных линий электропередачи ЕНЭС [Текст]: СТО 56947007-29.240.01.053-2010.- М.: ОАО ФСК ЕЭС ,2010.
13. Руководящие указания об определении и отнесении видов работ и мероприятий в электрических сетях отрасли «Электроэнергетика» к новому строительству, расширению, реконструкции и техническому перевооружению [Текст]: РД 153-34.3-20.409-99.- М.: РАО ЕЭС России», 2000.-10 с
14. Руководство по проектированию многогранных опор и фундаментов к ним на ВЛ напряжением 110-500 кв [Текст]: СТО 56947007-29.240.55.054-2010.- М.: ОАО ФСК ЕЭС, 2010.
15. Траверсы изолирующие полимерные для опор ВЛ 110-220 кв. Общие технические требования, правила приемки и методы испытаний [Текст]: СТО

56947007-29.120.90.033-2009.- М.: ОАО ФСК ЕЭС, 2009.

16. Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай [Текст]: СТО 56947007-29.120.95.050-2010.- М.: ОАО ФСК ЕЭС, 2010.

17. Нормы проектирования поверхностных фундаментов для опор ВЛ и ПС [Текст]: СТО 56947007-29.120.95.049-2010.- М.: ОАО ФСК ЕЭС», 2010.

18. Нормы проектирования фундаментов из стальных свай –оболочек и буронабивных свай большого диаметра [Текст]: СТО 56947007-29.120.95.051-2010.- М.: ОАО ФСК ЕЭС, 2010.

19. Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ. РД 34.20.504-94 [Текст] – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.-200 с.

20. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кв. (НТП ВЛ) [Текст]: СТО 56947007-29.240.55.016-2008.- Взамен СО 153-34.20.121-2006.ОНТП ВЛ-78.- М.:ОАО ФСК ЕЭС,2008

21. Методические указания по оценке технического состояния воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кв, находящихся в длительной эксплуатации [Текст]- М.;СПб.: РАО ЕЭС России, 2001.-45 с.

22. Гологорский, Е.Г. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4 -750 кв [Текст] / Е.Г.Гологорский, А.Н.Кравцов, Б.М.Узелков; под ред. Е.Г.Гологорского.- М.: ЭНАС, 2009. -560 с.

23. Гологорский, Е.Г. Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4- 500кв. [Текст] / Е.Г.Гологорский, А.Н.Кравцов, Б.М.Узелков; под ред. Е.Г.Гологорского.-М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2009.- 560 с.

24. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах [Текст]: учеб пособие / И.И.Левченко [и др. ]- М.: МЭИ, 2007.-448 с.

25. Основы энергосбережения: учебник / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под ред. Н.И. Данилова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ,2006. 564 с.

#### Электронные ресурсы:

26. Научно-техническая литература [Электронный ресурс] / Электронная библиотека. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com> Дата обращения: 19.02.2018

27. Книги по электроэнергетике, электрическим сетям, оборудованию [Электронный ресурс] / Электронная библиотека. – Режим доступа: <http://www.knigi.tr200.ru>. Дата обращения: 19.02.2018

28. Техническая литература [Электронный ресурс] / Крупнейшая бесплатная электронная интернет библиотека для "технически умных" людей. – Режим доступа: [http://www.tehlit.ru/e\\_enir.htm](http://www.tehlit.ru/e_enir.htm). Дата обращения: 19.02.2018

29. Нормативно-технические документы [Электронный ресурс] / База нормативно-технических документов. – Режим доступа: [WWW.complexdoc.ru](http://WWW.complexdoc.ru). Дата обращения: 19.02.2018

30. Энергетика. Оборудование и документация: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://forca.ru>. Дата обращения: 19.02.2018

31. Правила и Нормы, Руководящие документы и материалы (РД) используемые на объектах электроэнергетики, при эксплуатации электроустановок и электрооборудования. ПУЭ, ПТЭЭ, ПТБ, МПОТ, правила эксплуатации электроустановок, нормы испытаний электрооборудования, нормы

электроснабжения: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.electrocentr.info/down/>. Дата обращения: 19.02.2018

32. Типовые инструкции, инструкции по обслуживанию, эксплуатации, ремонту и испытаниям электрооборудования, электроустановок. Должностные инструкции персонала электроэнергетических и электротехнических предприятий: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.electrocentr.info/down/>. Дата обращения: 19.02.2018