



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

организаторы конференции

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ



мероприятие проводится при поддержке

ФСК



ЕЭС



РОССЕТИ



4-6 июля / 2018

**V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ
ДЛЯ УМНЫХ СЕТЕЙ:
ИННОВАЦИИ
В ПРОЕКТИРОВАНИИ
И СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

Место проведения:

Санкт-Петербург, Petro Palace Hotel, конференц-зал «Бордо»

www.fc-union.com

www.nilkes.ru



- 4** **Нормативные требования к строительству и проектированию линий электропередачи**
АО «ЦИУС ЕЭС», Кузьмин А.В., руководитель УЭО ПС и ЛЭП
- 8** **Перестановка опор ВЛ на поверхностные фундаменты — решение проблем с пучением свайных оснований**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», Романов П.И., к.т.н., заместитель заведующей НИЛКЭС
- 14** **Системы обеспечения безопасного подъема и перемещения электромонтеров по опорам ВЛ и ПС с применением жестких и гибких анкерных линий. Международный опыт**
ООО «КАРАБЕЛЛИ С.р.л.»
Умарова А.И., глава представительства
Минюхин К.Г., технический директор представительства
- 30** **Компактные управляемые воздушные линии электропередачи переменного тока**
АО «НТЦ ФСК ЕЭС», Тимашова Л.В., к.т.н., начальник отдела ВЛ Центра управления надежностью и активами. Институт энергетики Академии Наук Молдовы, Постолатий В.М., д.т.н., заведующий лабораторией управляемых электропередач
- 34** **Вихревые резонансные колебания опор ВЛ: нормы, теория, практика, системы контроля**
АО «Электросетьстройпроект», НТЦ Электросети
Колосов С.В., заместитель генерального директора по научной работе
- 36** **Противоречия в нормативной документации. Новая редакция СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции». Ужесточение требований к фланцам. Предложения по корректировке нормативного документа**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», Романов К.П., начальник сектора НИЛКЭС
- 41** **Применение нанотехнологий для повышения долговечности железобетонных конструкций электросетевого строительства**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Сбойчакова Т.И., ведущий инженер НИЛКЭС, Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС
- 44** **Разработка железобетонных опор для ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», Качановская Л.И., к.т.н., заведующая НИЛКЭС
- 52** **Железобетонные фундаменты для многогранных опор ВЛ — решение вопроса долговечности при сокращении стоимости**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Качановская Л.И., к.т.н., заведующая НИЛКЭС, Веремеенко С.А., ведущий инженер НИЛКЭС
- 54** **Современная технологическая карта для монтажа железобетонной опоры из секционированных стоек для ВЛ 500 кВ**
АО «НТЦ ФСК ЕЭС», Сенькин Н.А., к.т.н., главный эксперт Дирекции по проектированию и реализации инновационных проектов
- 60** **Механические испытания новых (уникальных) фундаментов и опор для воздушных линий электропередачи**
ООО «Инженерный центр ОРГРЭС», Каверина Р.С., заместитель генерального директора
- 70** **Применение атмосферостойких сталей в конструкциях линий электропередачи, мостов и контактной сети электрифицированных железных дорог**
АО «ЦНИИС», Шелест А.И., к.т.н., ведущий научный сотрудник отделения электрификации железных дорог
АО «ВНИИЖТ», Конюхов А.Д., д.т.н., главный научный сотрудник



- 73 Новые конструктивные решения решетчатых опор ВЛ из сталей повышенной прочности**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС
- 77 Быстромонтируемые болтовые ростверки для опор ВЛ напряжением 110-750 кВ**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Романов П.И., к.т.н., заместитель заведующей НИЛКЭС
Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС, Трухина Т.А., инженер I категории НИЛКЭС
- 81 Провода нового поколения — особенности проектирования и опыт эксплуатации ВЛ 6÷220 кВ**
ООО «Ламифил», Фёдоров Н.А., директор по развитию
- 86 Поиск вариантов восстановления опоры ВЛ 220 кВ в Карелии**
ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Бондарева Е.О., инженер I категории НИЛКЭС, Трухина Т.А., инженер I категории НИЛКЭС
- 91 Комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор при проведении аварийно-восстановительных работ на ВЛ 220-500 кВ: от разработки к эксплуатации**
Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ, Павлов А.И., главный специалист отдела «Линий электропередачи»
- 97 Программное обеспечение в составе комплекта для сборки и установки быстромонтируемых опор**
Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ, Павлов А.И., главный специалист отдела «Линий электропередачи»
- 103 Оценка остаточного ресурса железобетонных опор и проводов действующих ВЛ 110-500 кВ**
АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями» (Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) «KEGOC», Утеулиев Б.А., начальник отдела управления технической политикой
- 107 Косвенная оценка остаточного ресурса ВЛ в процессе эксплуатации с применением параметров физического износа**
АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями» (Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) «KEGOC», Утеулиев Б.А., начальник отдела управления технической политикой
- 111 Пропитанные деревянные опоры нового поколения со сроком службы 70 лет**
ООО «Сеесъярвский мачтопропиточный завод», Лимбах И.И., директор по развитию
- 114 Опыт устройства фундаментов и усиления оснований опор ВЛ**
ГК «ГЕОИЗОЛ», Богданов И.С., главный конструктор
- 118 Сваебойное и буровое оборудование JUNTAN**
ООО «Главальянс», Ануфриев Ю.Н., генеральный директор
- 124 Цифровизация РЭС с использованием новых технологий. Опыт компании МНПП «Антракс»**
ООО МНПП «АНТРАКС», Золотых А.Г., заместитель директора

АВТОРСКИЕ ПРАВА НА ИНФОРМАЦИЮ И МАТЕРИАЛЫ:

Все материалы в данном Сборнике докладов предназначены для участников международной научно-технической конференции «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений», проводимой 4-6 июля 2018 г. International Association of Foundation Contractors (Международной Ассоциацией Фундаментостроителей) и не могут воспроизводиться в какой-либо форме и какими-либо средствами без письменного разрешения соответствующего обладателя авторских прав за исключением случаев, когда такое воспроизведение разрешено законом для личного использования.

Воспроизведение и распространение сборника докладов без согласия Международной Ассоциации Фундаментостроителей преследуется в соответствии с Федеральным законодательством РФ. При цитировании, перепечатке и копировании материалов Сборника докладов обязательно указывать сайт и название компании организатора конференции — Международная Ассоциация Фундаментостроителей (ООО «МАФ»), www.fc-union.com.

Авторы опубликованной рекламы, статей и докладов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и отсутствие данных, не подлежащих открытой публикации.

© ООО «МАФ» 2018. Все права защищены.

Нормативные требования к строительству и проектированию линий электропередачи

АО «ЦИУС ЕЭС»

Кузьмин А. В., руководитель УЭО ПС и ЛЭП

Уважаемые участники конференции! Представляя здесь крупнейшую компанию в области управления и инжиниринга в электросетевом строительстве мне хотелось бы сегодня рассмотреть проблемы и очередные задачи нашей отрасли в свете требований нормативных документов.

Задачи электросетевого строительства остаются неизменными:

1. Повышение эффективности и качества строительного производства.
2. Внедрение инновационных технологий строительства.
3. Сокращение капитальных затрат и сроков строительства вследствие применения инновационных конструкций и материалов, индустриализации строительства.

Основным нормативным документом, формулирующим актуальные принципы и направления развития строительства линий электропередачи, является Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». (Утверждено Советом Директоров ПАО «Россети» 22.02.2017). Пункт 7.3.1: при производстве СМР следует придерживаться следующих принципов:

— индустриальные методы строительства, применение конструкций высокой заводской готовности с целью минимизации времени и сложности выполнения технологических операций в условиях трассы ВЛ, сведения к минимуму объёма земляных работ;

— устройство и очистка просеки с применением современных технических средств: высокопроизводительных валочных комплексов, мульчеров и пр.;

— применение технологий устройства фундаментов опор, обеспечивающих сокращение затрат времени на монтаж и сведение к минимуму объёма земляных работ — вибропогружение, вдавливание свай оболочек, завинчивание винтовых свай и пр.;

— в условиях труднодоступной местности или в

стесненных условиях применение вертолётной техники или монтаж опор методом наращивания;

— монтаж проводов и грозозащитных тросов под тяжением без опускания провода на землю, позволяющий обеспечить отсутствие механических повреждений и загрязнения провода или троса.

Необходимо отметить, что для электросетевой отрасли это не просто лозунги, а руководство к действию. Крупнейшая и наиболее значимая стройка 2016 – 2018гг. ВЛ 750кВ Белозерская — Ленинградская была завершена в рекордные сроки во многом благодаря применению современных конструкций, материалов и технологий строительства. Как в зеркале отразился в ней и весь комплекс проблем электросетевого строительства.

Применение метода «под тяжением» при монтаже проводов и тросов ещё совсем недавно вызывало противодействие и непонимание. Комплексов в Стране было мало, стоили они дорого, подрядные организации



Рис. 1.

предпочитали работать привычными методами. Теперь ситуация изменилась принципиально — данный метод освоен практически всеми подрядными организациями и стал основным, преобладающим. **(рис.1)** Наряду с известным брэндом TESMEC получили распространение и комплексы других производителей.

Впервые в истории электросетевого строительства винтовые сваи стали основным конструктивным элементом фундаментов ВЛ 750кВ, что так же вполне отвечает требованиям Положения. Приходится, однако, сожалеть о том, что заполнение стволов винтовых свай по прежнему происходит в условиях трассы. Это не-технологично и ресурсоёмко. **Исходя из требований индустриализации строительства винтовые сваи безусловно должны поставляться со стволами, заполненными на заводе изготовителе. Это, а так же поиск наиболее эффективного метода антикоррозийного покрытия — одна из основных задач развития этой технологии.**

Проблемы разработки и внедрения индивидуальных конструкций отразились в процессе разработки ростверков винтовых свай на основе болтовых соединений. **(рис. 2)** Данная конструкция обеспечивала высокую заводскую готовность и существенное повышение эффективности и качества монтажа. Однако, разработать и внедрить данные конструкции в сжатые сроки не удалось, вследствие чего данная конструкция применена только на опоре 99.

По этим же причинам не удалось реализовать конструкцию, которая так же позволила бы получить суще-

ственный эффект — трёхсвайный ростверк. **Сокращение затрат времени на разработку индивидуальных конструкций (от технического задания заказчика — до опытного образца) — одна из важнейших ближайших задач.**

Устройство временных дорог при строительстве ЛЭП остаётся традиционным. Вместо традиционных лежнёвок **(рис. 3)** по идее можно было бы использовать современные модульные дорожные покрытия из композитных материалов, производство которых освоено рядом организаций. Применение данных покрытий сдерживается высокой стоимостью. Проектной обоснованности по ряду причин достигнуть не удаётся.

28 марта 2014 года Приказом № 155н от 28.03.2014 Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации утверждены новые Правила по охране труда при работе на высоте. Практическая реализация требований этих правил в электросетевом комплексе России вылилась в необходимость применения на всех вновь сооружаемых ВЛ т.н. жёстких анкерных линий (ЖАЛ). ЖАЛ получили весьма широкое распространение, несмотря на то, что данная технология имеет ряд существенных недостатков. Не последним из них является высокая стоимость изделий. Кроме того — неоптимальность конструктива (в части закрепления на пояском уголке) и низкая защищённость от расхождений. Эти проблемы необходимо преодолеть в самое ближайшее время.

Особо необходимо остановиться на проблеме противоречивости и запутанности требований нормативных



Рис. 2.

документов в части применения средств маркировки проводов и тросов. Требования дневной маркировки препятствий и светоограждения содержатся в п.2.5.292 ПУЭ 7 издания. Данный пункт транслирует требования РЭГА РФ. Содержит требования по дневной маркировке и светоограждению опор ВЛ. В части светоограждения, маркировки проводов и тросов ВЛ требований в ПУЭ нет. СТО 56947007-29.240.55.192-2014 ПАО «ФСК ЕЭС» Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ содержит **рекомендации**: п. 8.13 «В зоне полётов малой авиации и при пересечении автодорог для обеспечения безопасности **рекомендуется** применять маркировку проводов и грозозащитных тросов. При проектировании ВЛ в районах аэродромов и приаэродромных территориях необходимо получить технические условия аэродромов и организаций, управляющих аэронавигацией в регионе проектирования. В данных технических условиях могут быть установлены требования к размещению средств маркировки в соответствии с требованиями Приложения 14 к ИКАО и других ведомственных НТД. **При этом необходимо отметить, что ни один документ не содержит требований обязательного применения средств светоограждения проводов ВЛ в ночное время. Вызывает сомнение и эффективность применения этих средств.**

При проектировании воздушных линий электропередачи следует руководствоваться перечнем нормативно-правовых актов (НПА) и нормативно-технических документов (НТД), устанавливающих обязательные

требования к конструкциям и материалам ВЛ:

1. Градостроительный, земельный, водный ко-дексы РФ.
2. Перечень Национальных стандартов и сводов правил, утвержденных Постановлением правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521.
3. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» (Утверждено 22.02.2017г.).
4. Правила устройства Электроустановок. Глава 2.5
5. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750кВ. Стандарт ПАО «ФСК ЕЭС» 2014г.

При этом ключевым, фундаментальным документом в данном перечне является Глава 2.5 ПУЭ 7-го издания. Данная глава введена в действие 2003-м году. С тех пор произошли значительные изменения в нормативно-правовой базе: ряд пунктов главы утратило актуальность, вошло в противоречие с документами более высокого ранга. При этом глава 2.5 ПУЭ процентов на 80 продолжает оставаться базовой и основной, но нуждается, всё таки, в некоторой модернизации и повышении статуса. На некоторых аспектах применения ПУЭ мне и хотелось бы остановиться в следующей части доклада.

С 2003-го года прошло уже 15 лет, но до настоящего времени продолжается применение опор унификаций прошлого века. С целью приведения в соответствие нагрузок от внешних воздействий и несущей способности опор, применяется ослабление тяжений, уменьшение



Рис. 3.



длин пролётов, усиление отдельных конструктивных элементов. И вот, наконец, свершилось: усилиями ПАО «ФСК ЕЭС», СибНИИЭ, НИЛКЭС ПО «Энергожелезобетонинвест» разработана серия стальных и железобетонных опор ВЛ 220 — 500кВ, конструктив которых полностью отвечает требованиям действующих нормативных документов. Полностью разработана конструкторская документация, изготовлены опытные образцы, проведены успешные механические испытания, разработаны технологические карты на сборку и установку, единичные нормы и расценки. Имеет смысл уже сейчас полностью отказаться от применения опор унификаций прошлого века, ибо новые опоры обеспечивают не только эффективность проектирования, строительства и эксплуатации, но и технико-экономический эффект.

Окончательно снято нелепое, действующее под надуманным предлогом ограничение применения железобетонных опор. В Положении ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» п. 7.4.9. указано: на ВЛ 220-750 (1150) кВ должны применяться опоры необходимой высоты и прочности, соответствующие действующим нормативным документам; одноцепные, двухцепные стальные опоры многогранных и решетчатых конструкций (в том числе новейшей унификации), **а также опоры на основе железобетонных центрифугированных стоек, в том числе секционированных.**

Необходимо отметить, что в главе 2.5 ПУЭ и ряде других нормативных документов содержатся требования и рекомендации по антикоррозийной защите. Следует помнить, что в данном вопросе следует, прежде всего, исходить из требований основного «антикоррозийного»

документа — СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии». Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.

Раздел «Прохождение ВЛ по насаждениям» Главы 2.5 ПУЭ (п.2.5.206 – 2.5.209) подлежат полной переработке. С 2011-го года ширина просеки под ВЛ устанавливается по ширине охранной зоны ВЛ в соответствии с Правилами использования лесов для строительства, реконструкции и эксплуатации линейных объектов, утверждённых Приказом Рослесхоза от 10.06.2011 № 223. В этом же разделе необходимо ввести норму, которая позволит легитимно существенно уменьшать ширину просеки в варианте применения высотных опор. Действующий пункт 2.5.208 допускает такой подход только для мест, характеризующихся «понижением рельефа» — на косогорах и в оврагах.

Отдельные пункты главы 2.5 ПУЭ требуют существенных уточнений. Так, например, пункт 2.5.222 гласит, что опоры ВЛ 500-750кВ, ограничивающие пролёт пересечения с ВЛ 500-750кВ должны быть анкерного типа. При этом не указано — идёт ли речь только о пересекающей ВЛ или о пересекаемой то же. Пункт 2.5.223, регламентирующий пересечение ВЛ 500-750кВ с ВЛ 6 — 20кВ вообще исключён из ПУЭ Приказом Минэнерго.

Пункт 2.5.8 Главы 2.5 ПУЭ требует соответствия всех элементов ВЛ государственным стандартам, строительным нормам и правилам. Данный пункт входит в прямое противоречие с Федеральным законом «О техническом регулировании». В практике электросетевого строительства в настоящее время широко применяются разнообразные конструкции нестандартных проводов и тросов.

АО «ЦИУС ЕЭС»
г. Москва
+7 (495) 710 60 60
cius@fsk-ees.ru
www.cius-ees.ru

Перестановка опор ВЛ на поверхностные фундаменты — решение проблем с пучением свайных оснований

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Романов П.И., к.т.н., заместитель заведующей НИЛКЭС

В районах Западной Сибири и Крайнего Севера под воздействием сложных геологических, климатических и геокриологических условий местности происходят нарушения работы действующих ВЛ, вызванных нарушением геометрического состояния конструкции опор. Одной из причин таких нарушений является наличие сильнопучинистых грунтов. На сегодняшний день имеются случаи выпучивания свай фундаментов опор ВЛ от 0,5 до 5 м, а также случаи отклонения совместно с выпучиванием отдельных свай от вертикальной оси.

В ходе эксплуатации ВЛ на пучинистых грунтах поиски путей преодоления рассматриваемой проблемы сводились к принятию следующих решений:

- забивка сваи рядом с существующей и объединение их единым ростверком;
 - выправка опор при помощи оттяжек;
 - пригрузение фундаментов при помощи железобетонных свай;
 - замораживание грунта вокруг свай при помощи СОУ (сезонно-действующие охлаждающие устройства).
- Все эти мероприятия не сняли вопрос устойчивости

фундаментов на трассе. Так, например, на трассе ВЛ 500(220) кВ «Тарко-Сале-Уренгой» встречалось множество из перечисленных конструктивных решений фундаментов, но каждое подверглось разной степени выпучивания (**Рис. 1**).

В 2004 году лаборатория НИЛКЭС в ходе поиска технических решений для капитального ремонта фундаментов опор ВЛ 500(220) кВ «Тарко-Сале-Уренгой» рассмотрела вариант перестановки опор на поверхностные фундаменты. Поверхностные фундаменты (типовой проект №9570тм-т4) представляют собой железобетонные сваи (части свай) длиной 6 м, объединенные между собой металлическим ростверком, на который опирается стойка опоры. Поверхностные фундаменты давно и обоснованно используются в условиях пучинистых грунтов и доказали свою эффективность.

Для сокращения трудозатрат и стоимости перестановки опор на новые фундаменты лабораторией НИЛКЭС была создана методика, которая дает возможность замены фундамента без демонтажа проводов, тросов и самой конструкции опоры.



Рис. 1. Пучение свай фундаментов ВЛ 500(220) кВ «Тарко-Сале-Уренгой»

Использование поверхностных фундаментов исключает необходимость использования бурильной и забивной технологии и работы по смене фундаментов могут быть проведены даже в летнее время. Поверхностные (лежневые) фундаменты применяются на местности с ровным рельефом (без косогоров, склонов и т.п.).

ОПЫТ ПЕРЕСТАНОВКА ПОРТАЛЬНЫХ ОПОР НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ НА ВЛ 500(220) КВ «ТАРКО-САЛЕ-УРЕНГОЙ»

Разработанная методика перестановки опор была успешно проверена в реальных условиях на ВЛ 500(220) кВ «Тарко-Сале-Уренгой». Технология перестановки порталных опор на оттяжках на поверхностные фундаменты состояла из следующих основных этапов:

- установка поверхностного фундамента в проектное положение;
- раскрепление опоры с помощью оттяжек;
- закрепление стойки опоры за стрелу бульдозера автокраном с помощью подстропников (**Рис. 2А**);

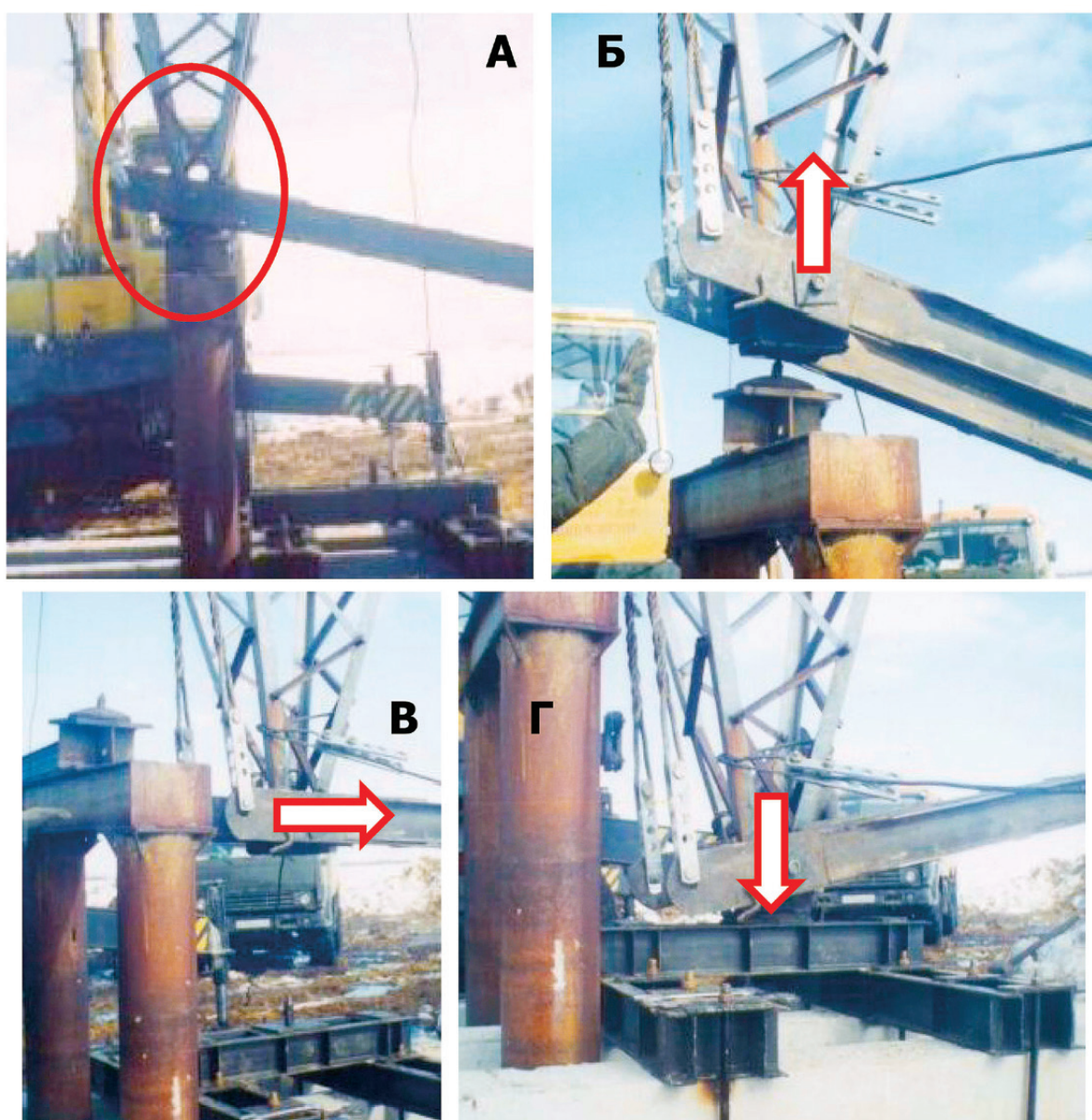


Рис. 2. Перестановка опор ПБ-1 на новые фундаменты без отключения ВЛ

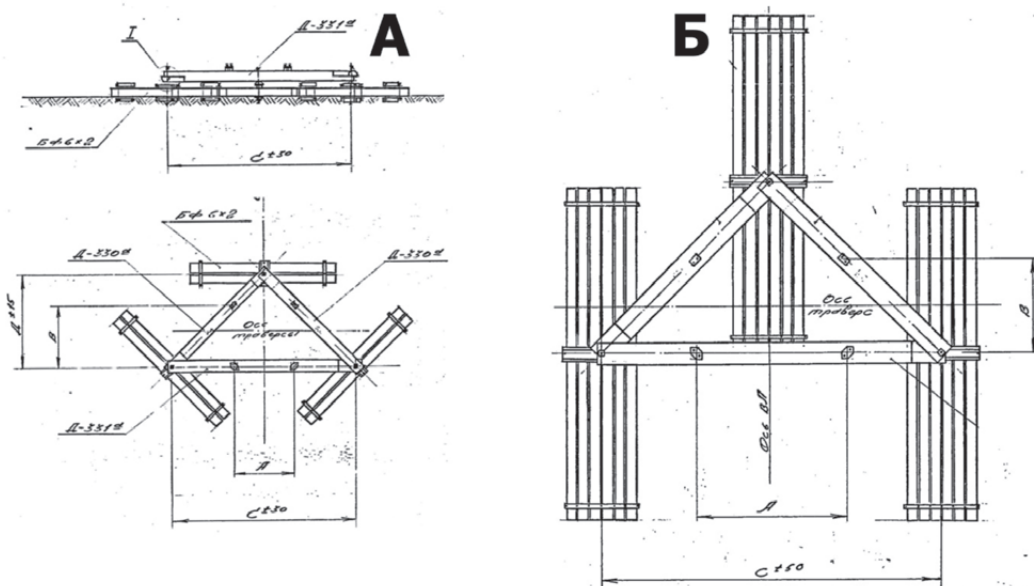


Рис. 3 Типовой проект поверхностного фундамента 9570tm-t4. А – для опор 35-110 кВ; Б – для опор 220 кВ

— подъем стойки опоры на 1 см от уровня штыря фундамента автокраном (**Рис. 2Б**);

— установка стойки опоры на штырь поверхностного фундамента (**Рис. 2В, 2Г**);

— установка акнерного устройства для крепления оттяжек промежуточной опоры.

После перестановки стоек на поверхностные фундамента опорные точки смещаются на 0,6 – 1,5 м. После этого опора наклоняется вдоль оси ВЛ на 1 – 3° относительно вертикальной оси. Перемонтаж проводов и тросов не требуется. Расчетами усилий в элементах опоры проверена возможность постоянной эксплуатации опоры с углом наклона опоры 1 – 3° вдоль ВЛ.

МЕТОДИКА ПЕРЕСТАНОВКА БАШЕННЫХ ОПОР ВЛ 35-110 кВ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ ВЛ АО «ТЮМЕНЬЭНЕРГО»

На основании успешного опыта перестановки порталных промежуточных опор на трассе ВЛ 500(220) кВ «Тарко-Сале-Уренгой» на поверхностные фундамента, лабораторией НИЛКЭС в рамках НИОКР по разработке мероприятий по снижению аварий существующих ВЛ «Тюменьэнерго» для решения проблемы выпучивания свай фундамента была предложена технология перестановки башенных опор 35-110 кВ на поверхностные фундамента типового проекта №9570tm-t4 (**Рис. 3**).

Технические решения были разработаны для серии типовых решетчатых опор напряжением 35 и 110 кВ, наиболее часто встречающихся на объектах АО «Тюменьэнерго».

Четыре ноги опоры устанавливаются на плоскую треугольную металлическую раму, имеющую типовые узлы для соединения башмаков опоры с фундаментом.

Схема поверхностного фундамента для промежуточной опоры ПЗ5-1 приведена на (**Рис. 4**).

Каждый угол металлической рамы опирается на отдельный фундаментный блок. Наличие трех точек опирания позволяет в любом случае обеспечить равномерное распределение нагрузок от опоры на каждый из трех поверхностных фундамента, не допуская перекосов опоры и нерасчетных нагрузок в её элементах. Эта идеология (опирание четырех ног башенных опор на три поверхностных фундамента) давно и обоснованно

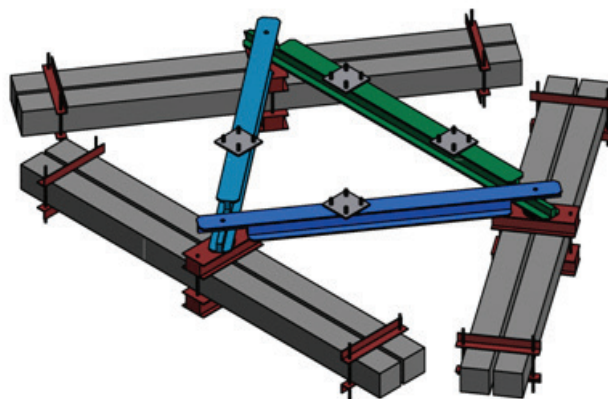


Рис. 4. Поверхностный фундамент ФП1800-6х6. Шесть свай длиной 6 м, база опоры – 1800 x 1800 мм

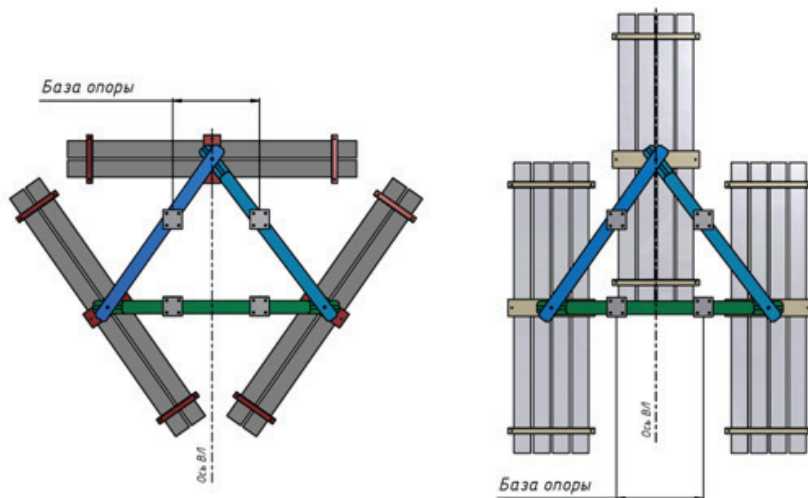


Рис. 5. Примеры поверхностных фундаментов. ФП1800-6х6 и ФП1800-12х6

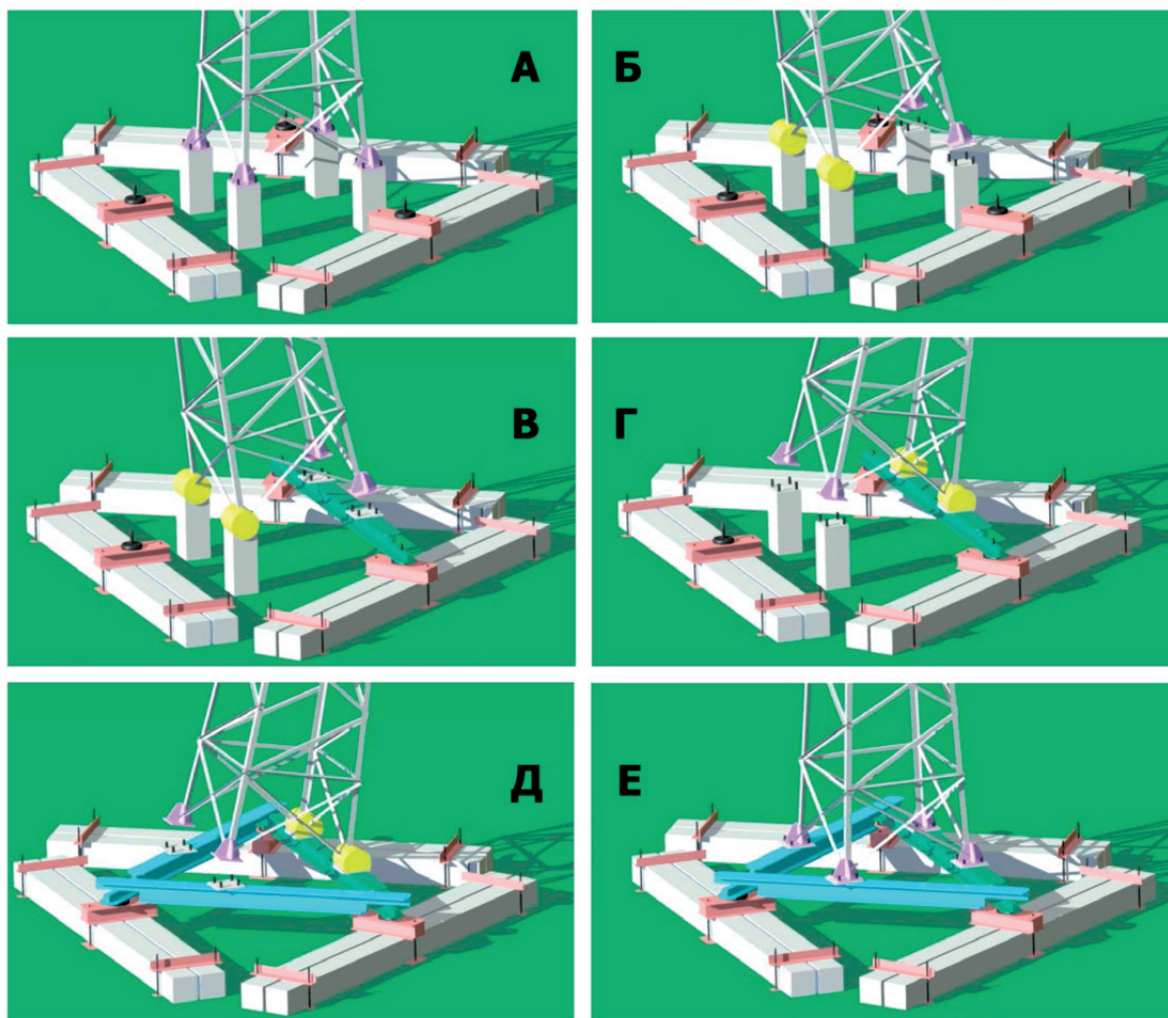


Рис. 6. Последовательность работ при перестановке решетчатых опор на поверхностные фундаменты

ванно используется в проектах унифицированных поверхностных фундаментов (существуют специальные металлические переходники с четырех точек опирания на три) (типовой проект № 9596тм-т1).

Последовательность работ при перестановке решетчатых опор на поверхностные фундаменты

Схема расположения и размеры фундаментных блоков определяются из условий расположения опоры и несущей способности грунтов основания. Примеры поверхностных фундаментов приведены на (Рис. 5).

Предложена следующая последовательность работ при перестановке решетчатых опор на поверхностные фундаменты:

1. Выложить фундаментные блоки поверхностного фундамента;
2. Освободить два башмака опоры от крепления к сваям, установить на них типовые шарниры (Рис. 6-а);
3. Ослабить болты в двух оставшихся башмаках, повернуть опору на шарнирах относительно оси траверс (Рис. 6-б);
4. Срезать выступающие над землей части освобожденных свай;

5. Установить первую балку под ноги опоры, закрепить её на фундаментных блоках (Рис. 6-в);

6. Опустить опору на балку поверхностного фундамента и закрепить её при помощи типовых шарниров;

7. Демонтировать ранее используемые шарниры;

8. Повернуть опору на шарнирах относительно оси траверс (Рис. 6-г);

9. Срезать выступающие над землей части освобожденных свай;

10. Закрепить на фундаментных блоках вторую и третью балку поверхностного фундамента (Рис. 6-д)

11. Опустить опору на фундамент, закрепить башмаки и демонтировать шарниры (Рис. 6-е).

Лежневые фундаменты и балки ростверка монтируются при помощи подъемного крана. При перестановке используются типовые инвентарные монтажные шарниры.

В качестве тягового и тормозного устройства могут быть использованы бульдозеры.

Для сложных грунтовых условий могут быть использованы фундаменты с повышенной площадью опирания (Рис. 7).



Рис. 7. Фундамент с повышенной площадью опирания



РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В ходе разработок мероприятий по снижению воздействия пучинистых грунтов на фундаменты опор лабораторией НИЛКЭС были созданы методики перестановки опор на поверхностные фундаменты без демонтажа проводов, тросов и самой конструкции опоры:

- для порталных опор на оттяжках ВЛ 220-500 кВ;
- для башенных опор ВЛ 35-110 кВ.

Технико-экономическая выгода рассмотренных методик:

- снижение затрат на ремонт и эксплуатацию ВЛ за счет эффективности работы поверхностных фундаментов в условиях сильнопучинистых грунтов;
- сокращение трудозатрат на ремонт за счет возможности перестановки на новые фундаменты без отключения напряжения ВЛ.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, nilkes.pф

Системы обеспечения безопасного подъема и перемещения электромонтеров по опорам ВЛ и ПС с применением жестких и гибких анкерных линий. Международный опыт

ООО «КАРАБЕЛЛИ С.р.л.»

Умарова А.И., глава представительства

Минюхин К.Г., технический директор представительства

Обеспечение безопасности при подъеме и перемещении по опорам ВЛ и ПС является актуальным вопросом во всем мире.

ГЛАВА 1. Системы безопасного подъема на опоры ВЛ и ПС 110 – 750 кВ

Одним из инновационных методов является метод подъема на опоры ЛЭП по Т-образной жесткой анкерной линии, разработанный компанией Карабелли и аттестованный международным концерном по электрификации ЭНЕЛ С.п.а.

Применяя метод подъема необходимо установить устройство ползункового типа на Т-образный профиль жесткой анкерной линии с одной стороны и за карабин к нагрудной анкерной точке страховочной привязи с другой.

Устройство свободно перемещается по анкерной линии, что позволяет электромонтеру в момент подъема / спуска всегда находиться в безопасном положении.

Данная система позволяет осуществлять безопасный подъем по всем типам опор ЛЭП.



Применяя метод подъема необходимо установить устройство ползункового типа на Т-образный профиль жесткой анкерной линии с одной стороны и за карабин к нагрудной анкерной точке страховочной привязи с другой.

Устройство свободно перемещается по анкерной линии, что позволяет электромонтеру в момент подъема / спуска всегда находиться в безопасном положении.

Данная система позволяет осуществлять безопасный подъем по всем типам опор ЛЭП.

Рис. 1. Средство защиты ползункового типа на жесткой анкерной линии АРТ. 2146МА29СЕВ

Преимуществами Т-образной жесткой анкерной линии являются:

- Безопасность при подъеме и спуске электромонтера по ЖАЛ;
- Возможность создания непрерывной жесткой анкерной линии;
- Отсутствие возможности повреждения Т-образного профиля при рывке (остановке падения);
- Сокращение времени подъема/спуска, влияющее на увеличение производительности;
- Ход устройства ползункового типа вверх/вниз без дополнительной помощи руками;
- Фиксация устройства в верхней точке ЖАЛ без

установленных ограничителей;

— Открытая конструкция профиля позволяет подниматься по ВЛ в зимний период, после ледяных дождей и др. погодных условий. При подъеме по лестнице с Т-образным ЖАЛ устройство ползункового типа автоматически освобождает направляющую от обледенения и загрязнения, что крайне затруднительно сделать при подъеме по жесткой анкерной линии закрытой конструкции;

— Возможность отклонения Т-образного профиля от тела опоры на 300-700 мм. Возможность дополнительной страховки для перехода на траверсы.



Рис. 2. Монтаж опоры с ЖАЛ



Рис. 3. Подъем по смонтированной опоре с ЖАЛ. ПС 110/10 Горенки

Испытания Т-образной жесткой анкерной линии на опоре ПБ500



Рис. 4, 5, 6, 7. Испытания Т-образной жесткой анкерной линии и устройств ползункового типа при температуре -20°C . ЦПП «Белый Раст» - ПАО «ФСК ЕЭС»

Выводы после проведенных испытаний



— Т-образная жесткая анкерная линия установлена на опору ПБ 500;

— Устройство ползункового типа проведено по всей длине ЖАЛ и подтверждено свободное перемещение устройства по обледенелой жесткой анкерной линии закрытого типа;

— Для проведения испытаний устройства ползункового типа был сброшен манекен Гоша. Длина пути устройства при падении 5-7 см.

— Устройство ползункового типа на Т-образной жесткой анкерной линии открытого типа полностью обеспечивает безопасность электромонтера в период подъема / спуска и падения.

Рис. 8. Подъем по смонтированной опоре с ЖАЛ. ПС 110/10 Горенки

Система подъема на круглые и многогранные опоры с Т-образной жесткой анкерной линией 2142RExxxx

Комплексное использование системы обеспечивает непрерывную страховку и безопасный подъем на все существующие типы круглых, трапециевидных опор 0,4-500 кВ в местах отсутствия возможности использования автомобильных подъемников. Невысокая стоимость и модульность системы позволяют оснастить бригады монтеров устройствами подъема на опоры любой высоты, и в ряде случаев, сократить расходы на приобретение автовышек.

Разработанная система сертифицирована международным концерном по электрификации ЭНЭЛ, применяется для работы на электросетевых объектах всего мира и соответствует нормам обеспечения безопасности, обновленной Единой Технической Политики ДЗО ПАО «Россети».

Первые опытно-промышленные испытания системы прошли

в России на полигоне филиала ПАО «МРСК Северо-Запада» — «Колэнерго» в пгт. Мурмаши при температуре -30°C и показали надежность, простоту и удобство системы даже при низких температурах.

В рамках программы импортозамещения Компанией Карабелли начато создание производства систем безопасного подъема в России на базе ООО «ТЭМЗ».



Рис. 9. Монтаж верхней секции

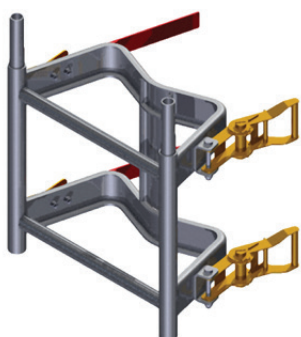


Рис. 10. Безопасный подъем по лестнице

Элементы лестницы с интегрированной жесткой анкерной линией



A. Базовая секция с ленточным креплением



A1. Базовая секция с цепным креплением



B. Соединительная секция длиной 2,50 м



C. Верхняя секция



D. Устройство ползункового типа без ограничителя хода



D1. Устройство ползункового типа с ограничителем хода

Типы платформ для лестницы модель 2142RExxxx



Рис. 11. Платформа для двух электромонтеров
Модель 2142P20



Рис. 12. Платформа для одного электромонтера
Модель 2142P



Рис. 13, 14. Платформа для одного электромонтера с возможностью установки на ступенях лестницы
Модель 2142ASL



Испытания системы подъема на круглые и многогранные опоры 2142RExxxx



Рис. 4, 5, 6, 7. Испытания Т-образной жесткой анкерной линии и устройств ползункового типа при температуре -20°С. ЦПП «Белый Раст» - ПАО «ФСК ЕЭС»

Выводы после проведенных испытаний



— Время установки лестницы высотой 10 м с параллельным подъемом на опору — 6-7 м;

— Для работы при низкой температуре разработаны специальные ручки и лебедки из легкого алюминиевого сплава;

— Трос для фиксации лестницы укомплектован коушем, предотвращающим истирание.

Алюминиевая лестница с жесткой анкерной линией и устройствами ползункового типа с внесенными изменениями может быть использована на круглых, многогранных опорах, не имеющих ЖАЛ и возможности круглогодичного доступа к опоре при любых дорожных условиях.

Рис. 19. Подъем по смонтированной опоре с ЖАЛ

Штурмовая лестница с жесткой анкерной линией для подъема на решетчатые опоры с особенностями конструкции не позволяющими установить гибкую анкерную линию

Метод разработан для подъема по существующим опорам ВЛ и ПС не имеющим встроенных лестниц с жесткой анкерной линией и с отсутствием возможности установить гибкую анкерную линию. Лестница произведена из легкого алюминиевого сплава со стальным крюком и имеет Т-образную жесткую анкерную линию с устройством ползункового типа. Рабочая нагрузка лестницы 100 даН. Стандартные длины 3,7 и 4,7 м. Лестница длиной 4,7 м может быть изготовлена из двух элементов.



Рис. 20. Опоры на которых применимы для подъема штурмовые лестницы.

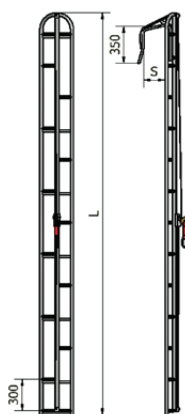


Рис. 21. Чертеж лестницы.



Рис. 22. Подъем по штурмовой лестнице.



Рис. 23. Установка штурмовой лестницы на опоре.

Международный опыт применения Т-образных жестких анкерных линий открытого типа



**Система подъема на металлические решетчатые опоры линий,
не оборудованных ЖАЛ модель 2147BA020I**



Метод подъема на металлическую опору с использованием гибкой анкерной линии был разработан компанией Карабелли С.р.л. В 1951 году и аттестован международным концерном по электрификации ЭНЕЛ С.п.а. (техническая спецификация ENEL EA040).

Система получила названия Pastorale (итал. – «Клюка пастуха»).

Метод подъема на металлические опоры впервые был представлен в России на соревнованиях электромонтеров МЭС Центра в 2015 г. и в настоящее время широко используется на объектах ПАО «ФСК ЕЭС».

Данная система может быть использована для подъема на существующие металлические опоры ВЛ и ПС, не имеющие стационарных лестниц.

Рис. 24. Первый подъем в России со стекловолоконной штангой. Соревнования электромонтеров МЭС Центра. СПб «Белый Раст». 2014 г.

Комплектация системы создания гибкой анкерной линии



Рис. 25. Устройство ползункового типа АРТ. 3408CENTP с гибкой анкерной линией АРТ. А08Р14L



Рис. 26. Стекловолоконная штанга АРТ. 2147VI



Рис. 27. НОУ Учебный центр ПАО «МРСК Северного Кавказа»

Система подъема на металлические решетчатые опоры линий, не оборудованных ЖАЛ модель 2147ВА020I



Рис. 28. Первый подъем в России со стекловолоконной штангой. Соревнования электромонтеров МЭС Центра. СПб «Белый Раст». 2014 г

- Возможность организации непрерывной страховочной гибкой анкерной линии по всей высоте опоры;
- Безопасность подъема и спуска электромонтера;
- Быстрый, легкий монтаж и демонтаж первым электромонтером;
- Возможность подъемов / спусков по установленной анкерной линии;
- Сокращение временных затрат на подъем и спуск электромонтера;
- Увеличение производительности.

ГЛАВА 2. СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ВЛ И ПС 110 – 750 кВ

Для предотвращения падения при выполнении работ на проводах и изоляторах компанией Карабелли раз-

работаны специализированные лестницы с двумя жесткими линиями. Устройство ползункового типа на жестких анкерных линиях лестницы позволяет перемещаться и производить работы всегда в безопасном положении.

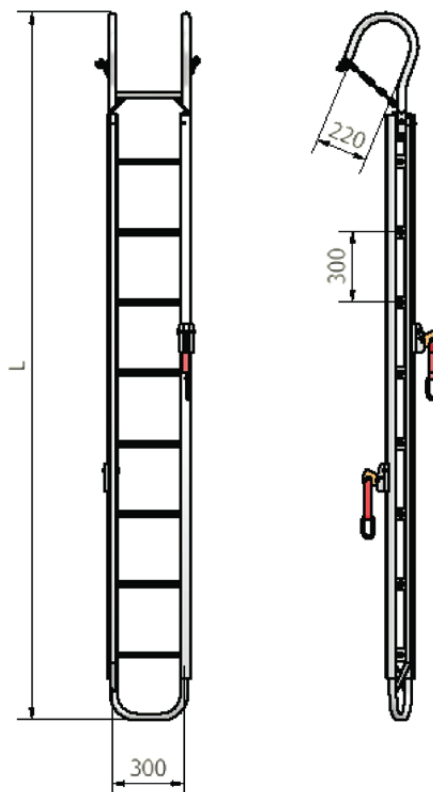


Рис. 29. Международные соревнования электромонтеров в г. Бресте. Подвесная лестница для работы на изоляторах.

Таблица 1. Стандартные длины лестниц для выполнения работ на изоляторах

Длина, м	Кол-во элементов	Вес, кг
3	1	13,5
4	1	16,4
5	1	19,6
6	1	22,8
6	2	24
8	2	31
10	2	38

ГЛАВА 3. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПОДЪЕМА И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ОПОРАМ ВЛ И ПС

Профессиональная страховочная привязь с 5 точками крепления A02PRC

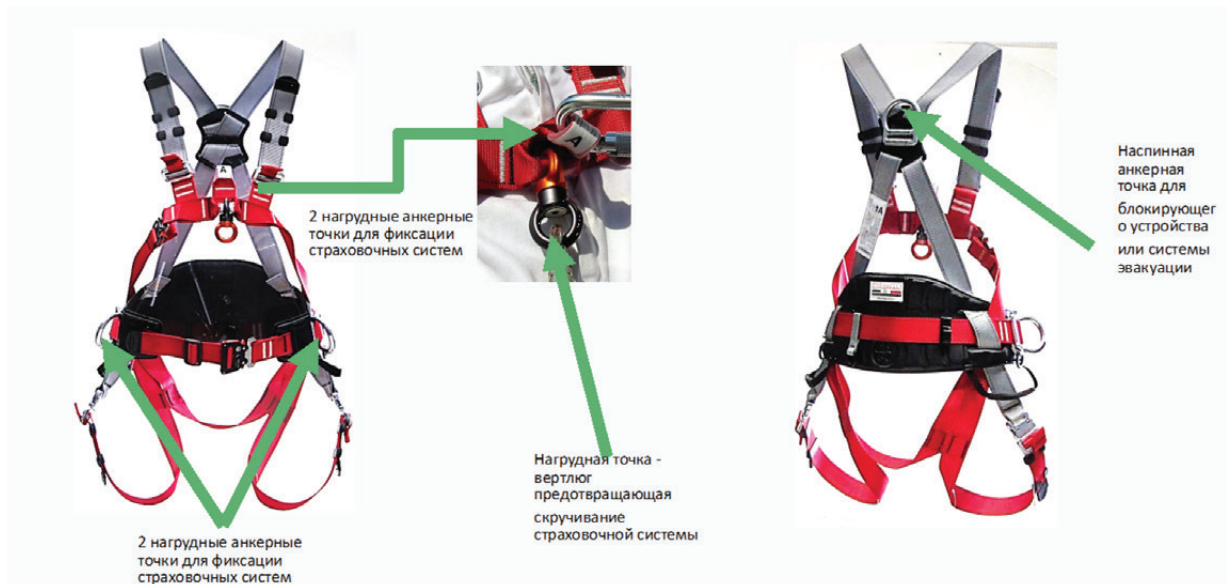


Рис. 30. Точки крепления на страховочной привязи A02PRC

Преимущества профессиональной страховочной привязи модель A02PRC



Рис. 31. Команда МЭС Центра на региональных соревнованиях электромонтеров

Профессиональная страховочная привязь с 5 точками крепления (1 наспинная анкерная, 2 нагрудные анкерные, 2 боковые для системы позиционирования)

— вес привязи до 1000 гр. позволяет снизить нагрузку на электромонтера в процессе подъема / спуска / выполнения работ на высоте;

— разработанное решение с 2 нагрудными анкерными точками позволяет одновременно зафиксировать 2 страховочные системы (1 для подъема по телу опоры или степ-болтам с применением гибкой анкерной линии или по лестнице жесткой анкерной линией используя устройство ползункового типа; 2 для перемещения по траверсе опоры с использованием двухплечевого стропа с карабинами с открытием зева 110 мм);

— пояс из специализированного термоформованного материала, предотвращающий повреждение позвоночника в случае удара о тело опоры;

— идентификационные ярлыки позволяющие определить необходимость выбраковки привязи после падения или старения.

Двухплечевой страховочный строп модель A06P00Dx



Рис. 32. Двухплечевой строп

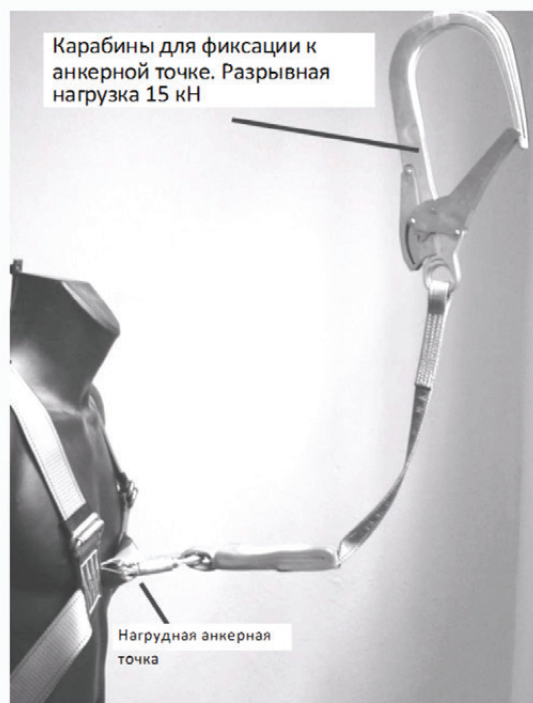
Двухплечевой, страховочный, ленточный строп с амортизатором, 2 карабинами с открытием зева 110 мм, длиной от 0,85 см до 1,85 см A06P00Dx

— двухплечевой страховочный строп предназначен как для подъема по телу опоры, так и для безопасного перемещения по траверсам опоры по горизонтали. Строп служит хорошей заменой блокирующих устройств, что позволяет облегчить подъем и перемещение электромонтера;

— конструкция стропа позволяет проводить визуальную проверку всех узлов крепления, что способствует увеличению безопасности при проведении работ.

Преимущества двухплечевого стропа:

- Возможность быть всегда застрахованным при подъеме / спуске с опоры;
- Двухплечевой строп позволяет передвигаться по траверсе опоры по горизонтали;
- Запрещено использовать два одинарных стропа заменяя один двухплечевой строп.



Строп для позиционирования рабочего положения A04P16AL



- автоматическая регулировка длины;
- материал стропа: трехрядный полиамидный полиэстеровый трос диаметром 16 мм уменьшает возможность протирания стропа;
- карабины из легкого алюминиевого сплава уменьшают вес стропа.

Рис. 33. Строп для позиционирования рабочего положения

Метод проверки систем и средств индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты от падения с высоты должны проходить ежегодную проверку компетентным лицом, уполномоченным работодателем и обученным производителем.

Проверка осуществляется согласно инструкции завода-изготовителя и листу поверки. Отсутствие сертификатов и маркировки на проверяемом изделии является поводом изъять эти изделия из эксплуатации.

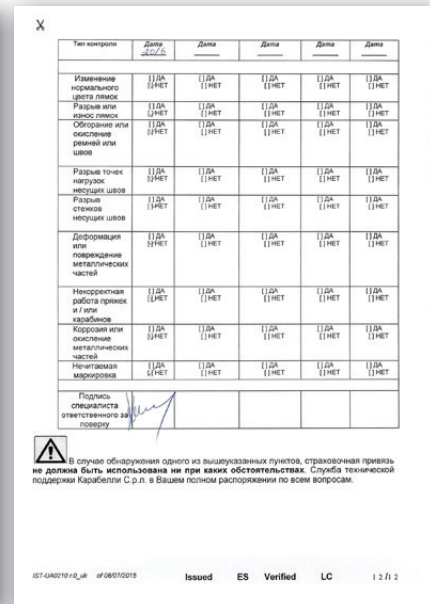
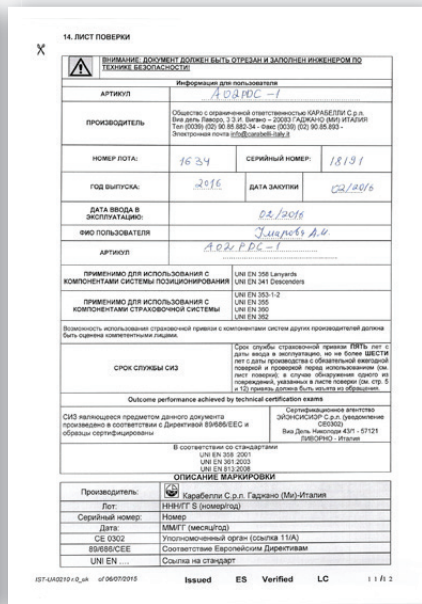


Рис. 34. Инструкция по эксплуатации

Рис. 35. Паспорт СИЗ

Рис. 36. Лист проверки



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Международная сертификация



UNI EN ISO 9001:2008

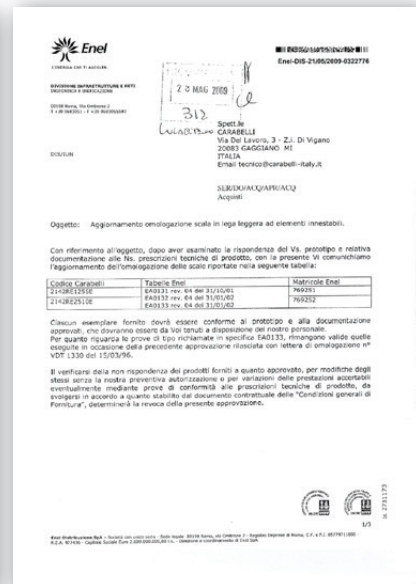
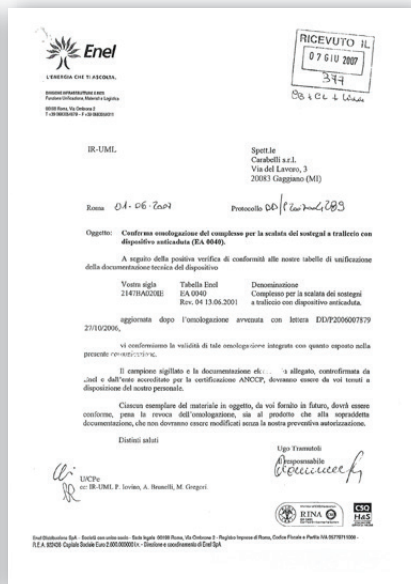
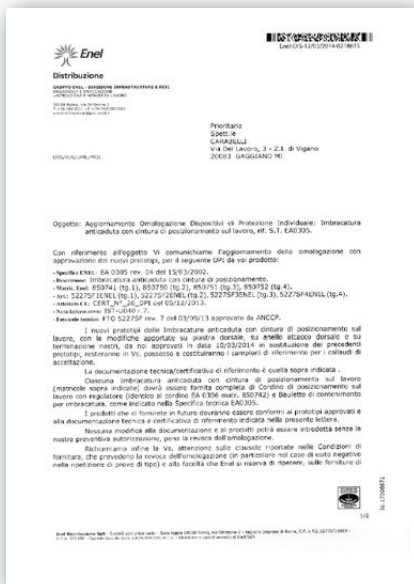


ISO 3834-2:2006



UNI EN 15085-2:2008

Сертификация международного концерна по электрификации ЭНЕЛ С.п.а.





Список применимых стандартов Российской Федерации

- ОТиТБ
- Технический Регламент Таможенного Союза ТР ТС 019/2011
- Правила при охране труда при эксплуатации электроустановок
- ГОСТ Р ЕН 358-2008 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Привязи и стропы для удержания и позиционирования. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р ЕН 361-2008 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Страховочные привязи. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р ЕН 813-2008 «ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Привязи для положения сидя. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р ЕН 355-2008 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Амортизаторы. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р ЕН 353-1-2008 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Средства защиты от падения с высоты ползункового типа на жесткой анкерной линии. Часть 1. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р ЕН 353-2-2007 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты ползункового типа на гибкой анкерной линии. Часть 2. Общие технические требования. Методы испытаний»;
- ГОСТ Р ЕН 795-2014 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты от падения с высоты. Устройства анкерные. Общие технические требования. Методы испытаний».

Carabelli Srl
Головной офис в Милане
MILANO (ITALY)
+39 (02) 908 5882 3 4
info@carabelli-italy.it
www.carabelli-cis.com

ООО «КАРАБЕЛЛИ С.р.л.»
Представительство по странам СНГ
г. Москва
+7 (495) 774 0561
info@carabelli-cis.com



Компактные управляемые воздушные линии электропередачи переменного тока

АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Тимашова Л. В., к.т.н., начальник отдела ВЛ Центра управления надежностью и активами.

Институт энергетики Академии Наук Молдовы

Постолатий В. М., д.т.н., заведующий лабораторией управляемых электропередач

Компактные управляемые ВЛ знаменуют собой новый этап дальнейшего совершенствования линий электропередач переменного тока и использования их предельных возможностей. Техническая и экономическая целесообразность создания компактных ВЛ показана в ряде работ [1-2].

Компактные ВЛ являются частью умных электрических сетей. Умные сети позволяют в комплексе решить проблему управления всеми процессами энергоснабжения и работы энергосистемы в оптимальных условиях. Потребители также являются элементами управления энергосистем в целом.

Настоящая работа имеет своей целью раскрыть техническую сущность компактных трехфазных ВЛ в одноцепном, двухцепном и многоцепном исполнении, показать зависимость их параметров и характеристик от определяющих факторов и обосновать целесообразность и необходимость разработок соответствующих новых конструкций опор и других элементов и устройств, применение которых в комплексе позволит реализовать на практике идеи компактных ВЛ, как одних из базовых технических решений, положенных в основу умных сетей.

Компактные ВЛ предназначены для транспорта и распределения электроэнергии в общей системе умных сетей. Естественно, что к ним предъявляются те же требования, что и к умным сетям в целом. Главные требования к умным сетям состоят в обеспечении высокой надежности их функционирования, минимума затрат на создание и работу всей системы энергоснабжения, при минимальном экологическом воздействии на окружающую среду.

Умные сети призваны обеспечить энергией потребителей: генерация энергии, транспорт, распределения до потребления. Умные сети это единый комплекс, включающий в себя топливно-энергетический сектор, транспортно-распределительный и потребительский,

функционирующий в социальной сфере и соприкасающийся с окружающей средой.

Анализ ВЛ традиционной конструкции различных классов напряжения показывает, что применяемые на практике конструкции ВЛ, обладают рядом недостатков и не позволяют в полной мере использовать возможности, которыми располагают системы переменного тока.

Компактные управляемые ВЛ позволяют избежать ряда недостатков ВЛ переменного тока традиционной конструкции и придать новые свойства энергосистемам, в первую очередь высокому управляемости.

Главная сущность компактных управляемых ВЛ состоит в выборе новых конфигураций расположения фаз и минимально допустимых расстояний между ними, при соблюдении основных ограничений по коммутационным и грозовым перенапряжениям и величине максимальной напряженности электрического поля на поверхности проводов. При создании компактных ВЛ обязательно учитываются условия работы проводов линии в пролетах при воздействии неблагоприятных атмосферных факторов (ветер, гололед и др.).

Компактные управляемые ВЛ, как элемент умных сетей оснащаются комплексом средств регулирования. К ним применимы практически все известные средства регулирования и компенсации, используемые на практике для одноцепных и многоцепных ВЛ традиционной конструкции, а также средства нового типа, в частности фазорегулирующие устройства (ФРТ). Ниже рассмотрены основные влияющие факторы и оценено, в какой мере они способствуют достижению указанных показателей компактных управляемых ВЛ, в первую очередь их пропускной способности.

Пропускная способность ВЛ является одной из главных характеристик электропередач переменного тока. Ее величина определяется пределом передаваемой по линии мощности:

$$P = \frac{|U_1| \cdot |U_2|}{Z_{\Sigma} \cdot \sin \alpha_0 l} \cdot \sin \delta \quad (1)$$

где U_1, U_2 — вектор напряжения, приложенного в начале линии и в ее конце, соответственно;

δ — угол сдвига векторов напряжений начала и конца линии;

Z_{Σ} — волновое сопротивление линии (Ом), определяемое по формуле:

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{\frac{r_o + jx_o}{g_o + jb_o}} \quad (2)$$

где $x_o = \omega L_o$ — удельное индуктивное сопротивление проводов (фаз);

$b_o = \omega C_o$ — удельная емкостная поперечная проводимость проводов (фаз) линии;

r_o — удельное активное сопротивление проводов (фаз), Ом/км;

g_o — удельная активная поперечная проводимость проводов (фаз) линии, определяемая выражением:

$$g_o = \Delta P_{\text{корр.ср}} / U_{\text{ном}}^2 \quad (\text{См/км}),$$

где $\Delta P_{\text{корр.ср}}$ — среднегодовые потери на корону;

$\alpha_o l$ — волновая длина линии (электрических градусов); здесь l — длина линии (км),

α_o — коэффициент изменения фазы (эл. град./км), определяемый по формуле:

$$\alpha_o = \omega \sqrt{L_o C_o} \left(1 + \frac{r_o^2}{8x_o^2} \right) \quad (3)$$

При фиксированных значениях напряжения линии, ее длины и волнового сопротивления предельная величина мощности (P_m), которую можно передать по линии, достигается при $\sin \delta = 1$, т.е. когда разность углов между векторами напряжений достигает 90° . В данном случае выражение (1) примет вид:

$$P_m = \frac{|U_1| \cdot |U_2|}{Z_{\Sigma} \cdot \sin \alpha_0 l} \quad (4)$$

При волновой длине ВЛ, равной 90 эл. град., $\sin \alpha_0 l = 1$, и при равенстве модулей напряжений $|U_1| = |U_2|$ выражение (4), которое является выражением натуральной мощности линии, принимает вид:

$$P_m = \frac{U^2}{Z_{\Sigma}} = P_{\Sigma} \quad (5)$$

Выражение (5) представляется весьма удобным для сопоставления различных типов ВЛ, отличающихся друг от друга при заданном классе напряжения только

волновым сопротивлением.

Благодаря воздействию на величину волнового сопротивления, можно изменять при прочих равных условиях характеристики линии и ее режимные параметры.

Как следует из выражения (5), увеличить значение натуральной мощности линии можно за счет уменьшения волнового сопротивления, что может быть достигнуто путем изменения погонных параметров линии: уменьшения удельного индуктивного сопротивления линии x_o и соответствующего увеличения удельной емкостной проводимости g_o , как это следует из выражения (2).

Для трехфазных одноцепных ВЛ, при условии симметричных и равных по модулю протекающих по фазам токов при частоте $f=50$ Гц, выражения погонных параметров имеют следующий общеизвестный вид [3]:

$$\begin{aligned} r_o^t &= \frac{r_{\text{онп}}^t}{n}; \\ x_o &= 0,1445 \cdot \lg D_{\text{ср}} \frac{r_3}{r_3} + \frac{0,0157}{n}; \\ b_o &= \frac{7,58 \cdot 10^{-6}}{\lg \left(\frac{D_{\text{ср}}}{r_3} \right)}; \\ g_o &= \frac{\Delta P_{\text{корр.ср}}}{U_{\text{н}}^2} \end{aligned} \quad (6)$$

где r_o^t и — удельное погонное активное сопротивление фазы и провода соответственно при заданной температуре воздуха, Ом/км.

$D_{\text{ср}}$ — среднегеометрическое расстояние между фазами ВЛ, м;

$U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение линии;

r_3 — эквивалентный радиус расщепленной фазы, м.

Из выражений (6) следует, что уменьшить удельное индуктивное сопротивление и увеличить удельную емкостную проводимость, а следовательно снизить величину волнового сопротивления и соответственно увеличить величину натуральной мощности ВЛ, можно идя по пути уменьшения среднегеометрического расстояния между фазами ($D_{\text{ср}}$), т.е. выполнения компактной ВЛ с предельно сближенными между собой фазами.

При этом предполагается соответствующее изменение конструкции опор, числа и сечения составляющих расщепленных фаз и обязательное выполнение нормируемых требований.

Выполненные исследования показали, что не нарушая правила устройства электроустановок, речь может идти о создании компактных одноцепных трехфазных ВЛ различных классов напряжения с уменьшенными расстояниями между фазами по сравнению с ВЛ

традиционных типов.

Анализ и расчеты показали, что значения минимально допустимых расстояний между сближенными фазами с учетом разрядных характеристик изоляционных промежутков «фаза-фаза» при максимальных рабочих напряжениях, грозовых и коммутационных перенапряжениях могут быть приняты на уровне 0,35-0,5 от величины междупазовых расстояний D , применяемых на ВЛ традиционной конструкции, что не противоречит правилам устройства электроустановок ПУЭ-7 [4].

Благодаря этому можно обеспечить увеличение натуральной мощности компактной ВЛ в 1,2-1,4 раза по сравнению с величиной натуральной мощности ВЛ традиционного исполнения.

При сближении фаз в компактных ВЛ должны соблюдаться требования, чтобы максимальная напряженность электрического поля (E_m) на поверхности проводов не превышала величину напряженности поля начала короны (E_n). При этом должно соблюдаться условие: $E_m \leq 0,9 E_n$.

Выполненные исследования [5] показали, что в случае необходимости создания многоцепных компактных ВЛ, более целесообразно применение компактных управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий электропередачи (УСВЛ). Такие линии в двухцепном исполнении напряжением 10-110 кВ находятся в промышленной эксплуатации в Молдавской энергосистеме более 40 лет. Проведены натурные испытания, которые подтвердили расчетные технические характеристики. Данные линии отличаются высокой надежностью и сниженными на 10-20% капитальными затратами

Основные конструктивные особенности УСВЛ состоят в том, что цепи УСВЛ, как правило, располагаются на общих опорах (одно, двух, четырехстоечных). Возможно расположение пар сближенных фаз на отдельных опорах. Сближенные фазы в пролетах фиксируются друг относительно друга с помощью изоляционных элементов, которые при воздействии неблагоприятных атмосферных факторов практически снимают проблему пляски и вибрации проводов линии. Возможны варианты нетрадиционных подвесок фаз на опорах, что при определенных расчетных условиях может обеспечить работоспособность сближенных фаз без установки между ними в пролетах изоляционных элементов. Механическая устойчивость ВЛ может быть обеспечена применением расщепленных фаз специальной конструкции.

Выполненные к настоящему времени исследования и разработки показали, что компактные управляемые ВЛ благодаря комплексу новых технических решений открывают дополнительные технические возможности электропередач переменного тока, создают значитель-

ный экономический эффект, оказывают сниженное экологическое влияние.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о значительной эффективности применения в энергосистемах компактных управляемых ВЛ 110, 220, 330, 500, 750 кВ, которые по сравнению с традиционными электропередачами позволяют:

- повысить в 1,3-1,6 раза пропускную способность высоковольтных линий и электросетей;
- существенно улучшить регулировочные свойства электропередач и энергосистем;
- снизить удельные капитальные затраты на строительство в расчете на единицу передаваемой мощности в пределах 15-30%;
- уменьшить потери электроэнергии и эксплуатационные затраты;
- улучшить экологические показатели за счет сокращения на 20-40% земельных площадей, отводимых под строительство ВЛ, а также уменьшения напряженности электромагнитного поля в коридоре прохождения ВЛ и вблизи границ зон отчуждения;
- разработанные и построенные компактные ВЛ 10-110 кВ более, чем за 30-летний период показали их высокую надежность работы;
- разработанные варианты компактных управляемых ВЛ 220-750 кВ показали, что возможный технико-экономический эффект оценивается десятками и сотнями тысяч долларов на каждый км линии.

Совершенно очевидны технико-экономические преимущества компактных управляемых ВЛ по сравнению с традиционными. Доказано, что они создают новую платформу технического прогресса в области передачи и распределения электроэнергии и могут рассматриваться как одна из основ умных сетей.

В связи с изложенным целесообразно проведение проектных и опытно-конструкторских работ по унификации опор и фундаментов, а также других элементов конструкции, изоляции и устройств регулирования, которые обеспечили бы новые возможности широкого внедрения компактных управляемых ВЛ различных классов напряжения, формирования на их основе энергосистем, обладающих новыми качественными свойствами, высоко надежными, экономичными и экологически чистыми.

Новые типы линий электропередачи – компактные управляемые ВЛ основываются на выборе и обосновании прежде всего оптимальных конфигураций расположения фаз и проводников в расщепленных фазах, выборе числа составляющих и их сечения.

Под оптимальными подразумеваются те конфигурации, которые по заданным критериям обеспечивают либо



максимальные их значения, такие, например, как пропускная способность ВЛ, либо минимальные значения, например, удельное значение суммарного сечения проводов, отнесенное к пределу передаваемой мощности, а также стоимостные показатели ВЛ, отнесенные к величине передаваемой мощности и протяженности ВЛ. К числу минимизируемых могут быть отнесены и другие показатели, например, удельная мощность компенсирующих устройств.

При оптимизации конструкции фаз и их располо-

жения на опорах и в пролетах важно обеспечивать равномерную загрузку фаз и проводов, симметрирование параметров режимов. Это может быть достигнуто, например, при условии равенства рабочих емкостей фаз, или величин зарядов на проводах.

Частично указанные результаты изложены в работе [5] и других публикациях.

Целесообразно продолжить исследование компактных управляемых ВЛ различных классов напряжений при различных исходных данных.

Список литературы:

1. Шакарян Ю.Г., Тимашова Л.В., Карева С.Н., Постолатий В.М., Быкова Е.В., Сулов В.М. «Эффективность применения компактных управляемых линий электропередачи переменного тока». В сборнике трудов «Инновационные технические решения в программе НИОКР ПАО «ФСК ЕЭС», под общ. ред. Мурова А.Е., - М.: Из-во АО «НТЦ ФСК ЕЭС» 2016, -320 с. ил., стр. 76-103.
2. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. Chapter 13: Innovative 10-110 kV Compact Controlled Overhead Lines. V.M. Postolati, E.V. Bicova, Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova, 2018.
3. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для ВУЗов/Ю.П. Рыжов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 488 с. илл.
4. ПУЭ-7.
5. Компактные управляемые самокомпенсирующиеся высоковольтные линии электропередачи переменного тока: В.М. Постолатий, Институт Энергетики Академии наук Молдовы. – Кишинев: Б.И., 2017 (Tipografia Academiei de Ştiinţe a Moldovei). -732 p.: des. tab.

АО «НТЦ ФСК ЕЭС»
г. Москва
+7 (495) 727 19 09
timashova_lv@ntc-power.ru
www.ntc-power.ru

Институт энергетики Академии Наук Молдовы
Республика Молдова, г. Кишинев
+7 (373-22) 727 040, 735 388
vpostolati@rambler.ru
www.ie.asm.md/ru

Вихревые резонансные колебания опор ВЛ: нормы, теория, практика, системы контроля

АО «Электросетьстройпроект», НТЦ Электросети

Колосов С. В., заместитель генерального директора по научной работе

В докладе рассмотрены основные принципы и базовая физическая модель развития колебаний опор, приведен обзор нормативной документации по вопросу контроля вихревых резонансных колебаний опор ВЛ, представлены видеосвидетельства колебания опор и выполнен анализ основных систем предотвращения и подавления колебаний опор.

Ключевые слова: ветровые колебания, эолова вибрация, воздушная линия электропередач

I. ВВЕДЕНИЕ

Существует явление резонансного возбуждения колебаний пространственно-распределенных конструкций при воздействии ветра. В различных источниках такое возбуждение называют «эолова вибрация», «вихревые резонансные колебания» и т.д. Причина этого явления не зависит от самой структуры и состоит в следующем. В воздушном потоке образуются вихри при обтекании жестких конструкций при определенных скоростях ветра. Возбуждение колебаний конструкций происходит из-за силового воздействия со стороны вихрей, которые срываются попеременно с противоположных краев конструкции [1]. Скорости ветра, при которых может происходить формирование вихрей и дорожки Кармана, имеют ограничения по соответствующим числам Рейнольдса [2]: $Re_L \in [40, 150]$,

при этом число Рейнольдса определяется по формуле $Re_L = U \cdot L / \nu_0$,

где U — это скорость свободного невозмущенного воздушного потока, L — характерная длина обтекаемого объекта, ν_0 — кинематическая вязкость [3].

Явление резонансного возбуждения колебаний регулярно наблюдается на проводах воздушных линий [4], [5]. Известны проявления того же процесса на мостах [6], [7], небоскребах [8], дымовых трубах [9] и опорах [10].

II. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

На резонансное вихревое возбуждение должны проверяться сооружения, для которых верно соотношение [11]:

$$\lambda_e > 20, \quad (1)$$

где λ_e — это «относительное удлинение», которое для опоры ВЛ определяется выражением

$$\lambda_e = 2 \cdot l / b,$$

где l — высота опоры в м., а b — характерный диаметр опоры в м.

Для любых опор ВЛ соотношение (1) верно, а значит следует проводить проверочный расчет. Проверочный расчет состоит в сравнении критической скорости ветра V_{cr} при которой происходит возбуждение и максимальной скорости ветра V_{max} . Возбуждение резонансных вихревых колебаний не происходит если критическая скорость превосходит максимальную скорость ветра:

$$V_{cr} > V_{max} \quad (2)$$

III. РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ

Критическая скорость, при которой возникает резонансное вихревое возбуждение, может быть вычислена по формуле (3):

$$V_{cr} = k_v \cdot f_i \cdot d / St, \quad (3)$$

где k_v — это коэффициент, учитывающий эффект захвата собственной частоты колебаний, выбирается из диапазона $[0,9; 1,1]$ из условия реализации наилучшего варианта нагружения; f_i — это собственная частота колебаний по i -й изгибной собственной форме; d — это поперечный диаметр опоры, а St — число Струхала поперечного сечения, определяемое экспериментально или по справочным данным; для круглых поперечных сечений $St=0,2$; для сечений с острыми кромками (в том числе и прямоугольных) — $St=0,11$.

Согласно разработанной аналитической модели для частотного анализа металлической многогранной опоры ВЛ 500 кВ высотой 34,35 м, диаметром 0,75/0,4 м и массой 11435 кг, собственные частоты первой — четвертой форм колебаний составят:

$$\begin{aligned} f_1 &= 0,5 \text{ Гц,} \\ f_2 &= 3,1 \text{ Гц (полуволновые колебания),} \\ f_3 &= 8,7 \text{ Гц,} \\ f_4 &= 17 \text{ Гц.} \end{aligned} \quad (4)$$

Соответствующие этим модам критические скорости ветра:

$$\begin{aligned} V_{cr1} &= 1,2 \text{ м/с,} \\ V_{cr2} &= 7,6 \text{ м/с,} \\ V_{cr3} &= 21,5 \text{ м/с,} \\ V_{cr4} &= 42,1 \text{ м/с.} \end{aligned} \quad (5)$$



Возбуждение полуволновых колебаний на такой опоре подтверждается видеосвидетельствами.

Для композитных опор ВЛ 220 кВ высотой 37,4 м, диаметром 1,085/0,36 м и массой 2170 кг, собственные частоты первой-четвертой форм колебаний составят:

$$\begin{aligned} f_1 &= 0,44 \text{ Гц,} \\ f_2 &= 2,8 \text{ Гц (полуволновые колебания),} \\ f_3 &= 7,8 \text{ Гц,} \\ f_4 &= 15,2 \text{ Гц.} \end{aligned} \quad (6)$$

Соответствующие этим модам критические скорости ветра:

$$\begin{aligned} V_{cr1} &= 1,4 \text{ м/с,} \\ V_{cr2} &= 9,1 \text{ м/с,} \\ V_{cr3} &= 25,3 \text{ м/с,} \\ V_{cr4} &= 49,3 \text{ м/с.} \end{aligned} \quad (7)$$

Из представленных результатов расчетов следуют два вывода. Во-первых, критические скорости ветра, при которых может происходить резонансное возбуждение первых двух мод, находятся в диапазоне наиболее частых ветров, однако первая мода колебаний чаще всего является «запрещенной», поскольку траверсы опоры связаны закрепленными проводами. Во-вторых, и собственные частоты и критические скорости ветра для близких по габаритам многогранной стальной опоры и для композитной опоры близки.

Список литературы:

- [1] Theodore von Kármán, Aerodynamics. McGraw-Hill, 1967
- [2] Blevins, R. D., Flow-Induced Vibration, Second Edition, Van Nostrand Reinhold, New York, 1990
- [3] Mechanical vibration, Den Hartog, 1947
- [4] EPRI Transmission Line Reference Book—Wind-Induced Conductor Motion: The “Orange Book”, EPRI 1979
- [5] CIGRE SC22 WG1 Report on Aeolian vibration. ELECTRA no. 124, pp. 41-77 (1989)
- [6] Wind Induced Vibrations of frUHSC Bridge Decks, Ing. E. Bosman, MSc Thesis, Delft University of Technology
- [7] Wind-induced vibrations of a suspension bridge: A case study in full-scale, PhD thesis, University of Stavanger, Norway
- [8] WIND-INDUCED VIBRATIONS IN HIGH-RISE BUILDINGS, F. Steffen, Master’s Dissertation, Lund University, 2016
- [9] ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ПРИЧИН РАЗРЫВА АНКЕРНЫХ БОЛТОВ И ОБРАЗОВАНИЯ ТРЕЩИН В ЧЕТЫРЕХ РЯДОМ СТОЯЩИХ СТАЛЬНЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБАХ, С.П. Суцев, И.А. Адаменко, В.В. Самарин, А.А. Сулонов, В.Т. Калугин, Е.Б. Киндяков, ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, Электронный журнал, 2010-08-30
- [10] QUALIFICATION OF OVERHEAD LINE SUPPORTS UNDER STATIC AND DYNAMIC LOADS, CIGRE WG B2.24 TB,
- [11] СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
- [12] 13.42 Lecture: Vortex Induced Vibrations Prof. A. H. Techet 21 April 2005

IV. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РЕЗОНАНСНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ

К методам контроля резонансных возбуждений следует отнести два типа устройств. Первый тип – устройства, сбивающие синхронизацию схода вихрей с поверхности. Такие устройства получили название **интерцепторы** или **helical strakes** [12].

Второй тип устройств называется гасители вибрации. Эти устройства не имеют влияния на воздушный поток и срыв вихрей, однако они эффективно поглощают энергию этих колебаний и тем самым уменьшают амплитуду [5].

Практика показывает, что оба вида устройств контроля вибрации эффективно справляются с проблемой. Не следует, однако, забывать, что эффективность этих устройств основана на расчете их характеристик и применимости к конкретному объекту.

V. ВЫВОДЫ

Проверочный расчет на резонансное вихревое возбуждение следует проводить для любых опор ВЛ.

Критические скорости ветра, при которых может происходить резонансное возбуждение второй (одно-полуволновой) моды находятся в диапазоне наиболее частых ветров.

АО «Электросетьстройпроект», НТЦ Электросети
г. Москва
+7 (495) 727 43 43
info@essp.ru, sergey.kolosov@gmail.com
www.essp.ru



Противоречия в нормативной документации. Новая редакция СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции». Ужесточение требований к фланцам. Предложения по корректировке нормативного документа

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Романов К. П., начальник сектора НИЛКЭС

В августе 2017 года была принята новая редакция свода правил СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*».

Новая редакция должна заменить предыдущую — СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменением N 1)».

При всей кажущейся обыденности этих событий, они имеют принципиальное значение как электроэнергетики, так и для других областей, в которых применяются стальные конструкции с фланцевыми соединениями. Понятие фланца, существовавшее в СП 16.13330.2011, при переходе к СП 16.13330.2017 меняется принципиально. Ничто не предвещало таких изменений. На сайте ФАУ «ФЦС» можно найти первую редакцию данной актуализации, названную СП 16.13330.2016 (https://www.faufcc.ru/upload/doc_library/sp9226.pdf) в которой нет столь принципиальных изменений в отношении к фланцам.

СУТЬ ИЗМЕНЕНИЙ

Что было.

СП 16.13330.2011 предъявляет специфические требования к фланцам в подразделе 15.9 «Фланцевые соединения» и пункте 15.9.1 указывает:

15.9.1 При проектировании фланцевых соединений следует:

«применять сталь для фланцев С255, С285, С345, С375, С390 с относительным сужением $\psi Z \geq 25\%$ (с учетом требований п.п. 13.3-13.5)»;

«использовать *высокопрочные болты*, обеспечивающие возможность воспринимать поперечные усилия за счет сил трения между фланцами.»

Требования по натяжению болтов, его контролю и плотности контакта между фланцами даны в СП 70.13330.

Что стало.

Вот как это пункт выглядит в СП 16.13330.2017:

«15.9.1 При проектировании фланцевых соединений стальных конструкций, подверженных растяжению, изгибу или их совместному действию, следует применять сталь для фланцев С355 и С390 с относительным сужением $\psi Z \geq 35\%$, *предварительно напряженные высокопрочные болты* из стали классов прочности не ниже 10.9, высокопрочные гайки и шайбы к ним.

Фланцевые соединения стальных конструкций, подверженных сжатию или совместному действию сжатия с изгибом (при однозначной эпюре сжимающих напряжений в соединяемых элементах), выполняются или на болтах (в том числе высокопрочных) без предварительного натяжения, затяжкой стандартным ручным ключом, или на высокопрочных болтах с предварительным их натяжением».

Требования по натяжению высокопрочных болтов во фланцевом соединении, обеспечивающем возможность воспринимать поперечные усилия за счёт сил трения между фланцами, его контролю и плотности контакта между фланцами приведены в СП 70.13330.

Что изменилось.

Принципиально добавились 2 слова, которые, тем не менее абсолютно меняют понятие фланца. Редакция 2017 года не допускает применения фланцев без контролируемого натяжения болтов. Указанный в абзаце 2 случай «фланцевые соединения стальных конструкций, подверженных сжатию или совместному действию сжатия с изгибом (при однозначной эпюре сжимающих напряжений в соединяемых элементах)» не в счет, так как конструкций, работающих только на сжатие, в опорах линий электропередачи практически не встречается.

Это приводит к тому, что многие существующие кон-

струкции становятся «вне закона» и их применение на объектах, в частном случае ПАО «Россети», невозможно.

ПОСЛЕДСТВИЯ

В области электроэнергетики фланцевые соединения без контролируемого натяжения болтов применяются с первой половины прошлого века и отлично себя зарекомендовали. На этих соединениях основаны конструкции

- всех опор больших переходов ВЛ, решетчатая структура которых собрана из труб,
- всех стальных многогранных опор ВЛ и порталов ПС напряжением от 0,4 кВ до 750 кВ,
- железобетонных секционированных опор ВЛ,
- крепления на фундаменте большей части стальных решетчатых опор и др.

Более того, сталей С355 и С390, единственных разрешенных для использования во фланцевых соединениях



пунктом 15.9.1 новой редакции СП, нет среди разрешенных к применению в конструкциях опор ВЛ и ПС в соответствии разделом 16 «Требования по проектированию конструкций опор воздушных линий электропередачи, открытых распределительных устройств контактных сетей транспорта» СП 16.13330.2017, что вообще запрещает использование фланцев в электросетевом строительстве, хоть в существующих, хоть во вновь разрабатываемых конструкциях.

В настоящий момент ситуацию спасает то, что в соответствии «Перечнем национальных стандартов и сводов



правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», утвержденный постановлением правительства №1521 от 26 декабря 2014 года, необходимо руководствоваться предыдущей редакцией СП 16.13330.2011, включенной в этот перечень, однако вступление в силу СП 16.13330.2017 (включение его в перечень №1521 — перечень документов, применение которых обеспечивает соблюдение федерального закона №384-ФЗ), приведет к запрету на применение указанных конструкций — основных конструкций электросетевого строительства.

Оснований для отказа от использования этих кон-



струкций нет. Все они были спроектированы, рассчитаны и испытаны в соответствии с действовавшей нормативной документацией, с учетом применения соединений без контролируемого натяжения болтов. Опыт применения таких конструкций в советской и российской энергетике измеряется десятилетиями. Он показывает, что для этих конструкций оказывается достаточно фланцевых соединений без контролируемого натяжения болтов, с использованием сталей, указанных в разделе 16 СП 16.13330.

Аналогичные проблемы возникнут и при приме-



нении фланцев в других существующих конструкциях: столбах для дорожных знаков и освещения, пешеходных и автомобильных ограждениях, детских игровых комплексах и других, в которых используются фланцевые соединения без контролируемого натяжения болтов.

Сложности возникнут и при фактическом выполнении болтового соединения с контролируемым натяжением болтов в соответствии требованиями СП 70.13330, к которому нас отсылает последний абзац — абзац 3.

В соответствии СП 70.13330.2012 на соединения на болтах с контролируемым натяжением распространяются требования раздела 4.6 СП 70.13330.2012, в частности — требования пунктов 4.6.2, 4.6.6-4.6.9. 4.6.13-4.6.17, предполагающие значительно более высокие





требования к обработке поверхностей и специальные процедуры выполнения соединений с контролируемым натяжением болтов, процедуры контроля и приемки, включающие в числе прочих:

- специальную подготовку соединяемых поверхностей, болтов и гаек и повторную подготовку в случае задержки монтажа,
- тотальную трехкратную проверку каждого соединения с контролем натяжения каждого болта (про-

веряется 100% болтов),

- двукратное клеймлением каждого соединения персональными клеймами,

- для каждого соединения регистрация всех операций по подготовке, сборке и контролю в специальные журналы и т.д.

Эти требования избыточны для большего количества существующих фланцевых соединений, которыми сейчас, в силу отсутствия определения, называются любые соединения, имеющие характерные внешние признаки и неизбежно приведут к подорожанию и изделий, и работ по их монтажу.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВЫХОДУ ИЗ СИТУАЦИИ

Необходимость ужесточения требований к фланцевым соединениям для отдельных типов конструкций не должна менять требования ко всем фланцам в целом, для которых существующих требований достаточно. По этой причине считаем, что в перспективе стоит разделить фланцевые соединения в соответствии со стоящими перед ними задачами и предъявить к каждой группе свои требования.

В настоящий момент, для конструкций опор ВЛ и ПС и фундаментов для них, считаем необходимым сохранить возможность использовать фланцевые соединения на болтах без контролируемого натяжения болтов и стали в соответствии с требованиями, действующими на настоящий момент. Для чего внести изменения в новую редакцию СП 16.13330.2017, а именно в суще-





ствующем разделе 16 «Требования по проектированию конструкций опор воздушных линий электропередачи, открытых распределительных устройств и контактных сетей транспорта» указать особые требования к фланцевым соединениям для таких конструкций.

С этой целью предлагаем дополнить раздел 16 пунктом:

«Для конструкций, указанных в настоящем разделе, вне зависимости от характера возникающих усилий, могут применяться фланцевые соединения без контролируемого натяжения болтов с обязательным проведением их расчетов в соответствии с требованиями п.15.9.2.

Выбор материалов для фланцев не ограничивается сталями, указанными в пункте 15.9.1, а регламентируется требованиями настоящего раздела и делается на основании расчета.»

С указанными предложениями мы сначала обратились к разработчику данного документа — ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, а после — уже к заказчику разработки и корректировки нормативной документации — ФАУ «ФЦС», которое осознало серьезность вопроса.

В настоящий момент решается вопрос во включении работ по корректировке СП 16.13330.2017 в план работ на 2019 год.

Для достижения этого результата, включения корректировки в план работ, предлагаем предложить ПАО «Россети» обратиться в ФАУ «ФЦС» с подобным обращением.

А также, рассчитывая, что корректировка будет включена в план работ на 2019 год, всех призываю высказать свои предложения по корректировке текста СП 16.13330.2017, с целью учета в данном документе интересов электроэнергетики.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, нилкэс.пф

Применение нанотехнологий для повышения долговечности железобетонных конструкций электросетевого строительства

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Сбойчакова Т.И., ведущий инженер НИЛКЭС
Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС

В настоящее время наиболее актуальной является проблема обеспечения надежности и повышения долговечности железобетонных конструкций ВЛ. Раннее разрушение может быть вызвано различными факторами, в том числе: нарушением норм и правил при проектировании, низким качеством исполнения при изготовлении и монтаже, внезапным изменением условий эксплуатации и т.п. Но в большинстве случаев на долговечность типовой конструкции оказывают влияние разрушающие воздействия окружающей среды, из которых наиболее известными являются: карбонизация, замораживание-оттаивание, воздействие агрессивных солей и реакция между щелочными составляющими цемента с кремнеземом заполнителя в бетоне.

Цель нашей работы заключается в обеспечении надежности и повышении долговечности железобе-

тонных конструкций электросетевого строительства за счет применения при их изготовлении современных материалов. Для того чтобы разобраться какими именно качествами должен обладать стойкий к разрушениям бетон, рассмотрим механизмы разрушения и меры защиты от этих воздействий, представленные в **таблице 1**.

Карбонизация. Первоначально бетон является щелочным материалом, и стальная арматура в щелочной среде не подвергается коррозии. Когда углекислый газ из воздуха проникает в бетон и вступает в реакцию с гидроксидом кальция, щелочность бетона снижается до $pH=10$ и он утрачивает пассивирующее действие на сталь, развивается коррозия арматуры с образованием слоя окислов, арматура увеличивается в объеме, а в бетоне возникают напряжения, которые со временем превышают его прочность и происходит отслоение

Таблица 1. Определение свойств бетона, обуславливающих его долговечность

Причина повреждения	Механизм разрушения	Последствия разрушения	Меры первичной защиты
Карбонизация	Депассивация арматуры	Откалывание защитного слоя	Повышение плотности бетона
Переменное замораживание и оттаивание	Возникновение растягивающих напряжений в бетоне	Образование сети трещин на бетонной поверхности	Регулирование порового пространства
Проникновение солей из грунта	Потеря прочности цементного камня	Разрушение цементного камня	Снижение проницаемости и водопоглощения
Взаимодействие щелочей с кремнеземом заполнителя	Возникновение растягивающих напряжений в бетоне	Образование трещин, сколов, раковин	Минимизация расхода цемента



защитного слоя. Скорость и глубина карбонизации в значительной степени зависит от структуры бетона, его проницаемости и пористости, поэтому следует стремиться к повышению плотности бетона.

Замораживание-оттаивание. Проникшая в поры бетона вода при замораживании увеличивается в объеме и может создавать в бетоне растягивающие напряжения, которые будут значительно превосходить его прочность на растяжение. Циклы замораживания-оттаивания действуют как микронасос, повышая раз за разом степень насыщения бетона влагой. Прежде всего, стойкость бетона к морозу обусловлена структурой порового пространства, поэтому необходимо обеспечить определенный объем воздухоовлечения и получение воздушных пор как можно меньшего размера, что позволит уменьшить общую пористость и будет способствовать повышению морозостойкости бетона.

Воздействие солей из грунтовых вод. Активное воздействие на бетон оказывают находящиеся в грунте соли (хлориды, нитраты и сульфаты и т.д.). Нарушения конструкций, наблюдаемые выше уровня земли, проявляются в виде высолов, сколов, трещин, отслоения защитного слоя, коррозии арматуры. Основными агрессивными веществами являются хлориды, ускоряющие коррозию арматурного каркаса, и сульфаты, которые приводят к образованию сульфатных солей (этtringит), способствующих возникновению кристаллизационного давления из-за значительного увеличения в объеме. Если растягивающие усилия в конструкции превышают прочность бетона, происходит его разрушение. В качестве превентивной меры, в таких ситуациях рекомендуется снижать проницаемость бетона и величину водопоглощения, а также связывать избыточный гидроксид кальция, участвующий в коррозионных процессах, в труднорастворимые низкоосновные силикаты кальция.

Реакция между щелочными составляющими цемента с кремнеземом заполнителя в бетоне. Некоторые виды заполнителей, особенно содержащие в своем составе аморфных кремнезем, могут взаимодействовать со щелочными составляющими цементного раствора, разбухая и увеличиваясь при этом в объеме, что приводит к образованию трещин, сколов и раковин. Одним из способов подавления данной реакции является подбор состава бетона с минимальным расходом цемента.

Таким образом, бетон, обладающий увеличенным сроком службы в агрессивных средах, должен иметь: повышенную плотность, непроницаемость и морозостойкость. Совершенствование указанных свойств бетона может быть достигнуто в результате эффективной химической активации бетонной смеси современными

добавками-модификаторами.

На кафедре «Инженерная химия и естествознание» Петербургского государственного университета путей сообщения разработана комплексная добавка, состоящая из специально подобранных, хорошо совместимых между собой компонентов разной природы, в том числе содержащих дисперсии наноразмера.

В качестве основы комплексной добавки использованы современные поверхностно-активные вещества (поликарбоксилатные полимеры), которые характеризуются повышенным пластифицирующим эффектом, оказывающим положительное влияние на плотность материала и способствующим росту прочности, водонепроницаемости и морозостойкости.

Для повышения реакционной активности системы использован золь кремниевой кислоты, в состав которого входят нанодисперсии $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$, которые обладают уникальными свойствами: повышенной поверхностной энергией и определенным значением водородного показателя pH, оказывающим эффективное влияние на смещение кислотно-основного равновесия твердеющей системы, таким образом, усиливая реакционную активность наномодифицированной бетонной смеси.

По данным физико-химических исследований установлено полное отсутствие в активированном бетоне гидролизной извести, которая вероятнее всего вступает в реакции синтеза с нанодисперсиями $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$, образуя труднорастворимые гидросиликаты, более устойчивые к агрессивному воздействию солей.

Для повышения связности и удобоукладываемости бетонной смеси использован высокомолекулярный полимер, который обладает воздухоовлекающими свойствами и способствует формированию равномерно распределенной мелкопористой структуры, что благоприятно влияет на морозостойкость бетона.

По результатам экспериментальных исследований, установлено рациональное количество каждого из компонентов комплексной добавки, обеспечивающее получение повышенного суммарного эффекта действия.

Применение наномодифицирующей добавки для приготовления бетонов повышает: на 30-35% плотность бетона, которую оценивали по показателю водопоглощения, прочность на сжатие на 70-80% и в наибольшей степени прочность на растяжение при изгибе на 80-90%, благодаря увеличенному количеству низкоосновных гидросиликатов, обладающих игольчатой или волокнистой структурой, которые осуществляют микроармирование бетона, а также повышает такие параметры долговечности, как водонепроницаемость на 3-4 ступени и морозостойкость в 2-3 раза. Разра-



ботанная комплексная добавка прошла опытно-промышленную апробацию и успешно применяется, в том числе, на объектах дорожного строительства, в качестве бетонных покрытий аэродромов и погрузочно-разгрузочных площадок, т.е. для конструкций, подверженным высоким осевым нагрузкам и воздействию антигололедных солей.

Использование комплексной добавки обеспечивает получение бетона с фактическим классом по прочности на сжатие В60, вместо нормируемого В40, при одних и

тех же расходах компонентов бетонной смеси. Такое повышение прочности по предварительным расчетам позволяет сократить металлоемкость, например, грибовидных фундаментов и свай на 20-25%, и дополнительно уменьшить тем самым себестоимость долговечных изделий. При уменьшении расхода цемента на 24% для достижения проектного класса бетона В40, на 70% повышается морозостойкость и в 2 раза водонепроницаемость, что позволяет обеспечить повышенную долговечность конструкций без увеличения себестоимости изделий.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, нилкэс.рф

Разработка железобетонных опор для ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Качановская Л.И., к.т.н., заведующая НИЛКЭС

Задача поиска конструктивных решений опор и фундаментов, которые позволят сократить затраты на строительство и эксплуатацию воздушных линий электропередачи, актуальна для разработчиков всех поколений.

Железобетонные конструкции по своей сути всегда дешевле металлических. Этот факт был использован немецкими инженерами, которые в 1934 г. построили несколько линий электропередачи напряжением 60 кВ на опорах из центрифугированных стоек. Отдельные конструкции таких опор и сегодня находятся в эксплуатации в АО «Янтарьэнерго».

Объективные данные о параметрах потока отказов ВЛ, обработанные ОАО «Фирма ОРГРЭС» в 2014 году, говорят о равной надежности и металлических и желе-

зобетонных опор.

Выход в свет седьмой редакции Правил устройства электроустановок (ПУЭ-7), в которой существенно повышены требования к надежности конструкций, привел к необходимости резкого сокращения пролетов типовых опор при их установке на трассу, т.е. к увеличению количества опор, линейной арматуры и гирлянд изоляторов на каждый километр ВЛ.

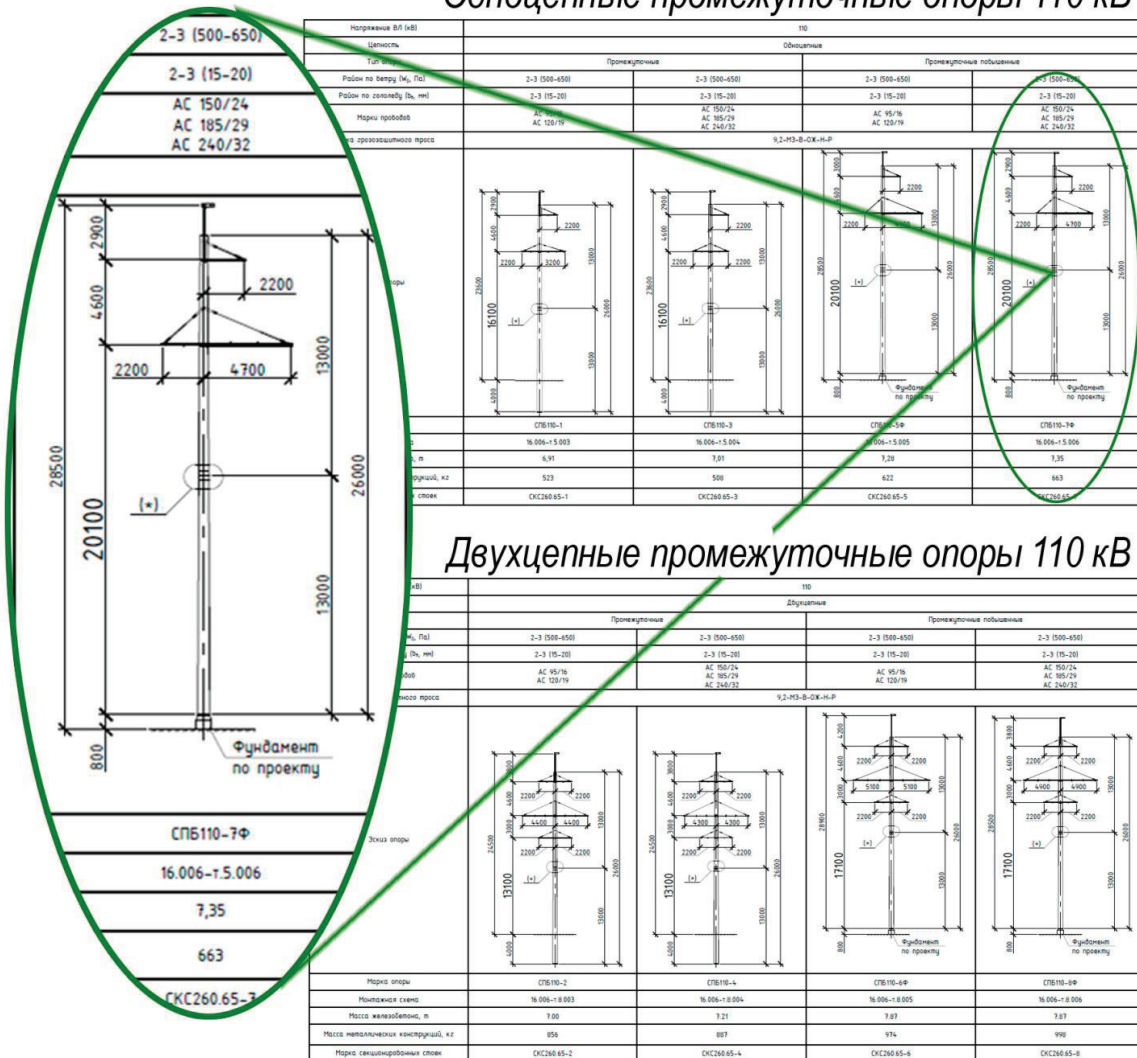
Отдельные недостатки конструкции, выявленные за многие годы эксплуатации, были связаны со

- сложностями при доставке на трассу длинномерных конструкций с фиксированной длиной (до 26 м) и проблемами в эксплуатации, которые возникали при повреждении стоек в процессе транспортировки;
- необходимостью установки ригелей в грунтах с



Рис. 1. Внутренний фланец для соединения секций

Одноцепные промежуточные опоры 110 кВ



Двухцепные промежуточные опоры 110 кВ

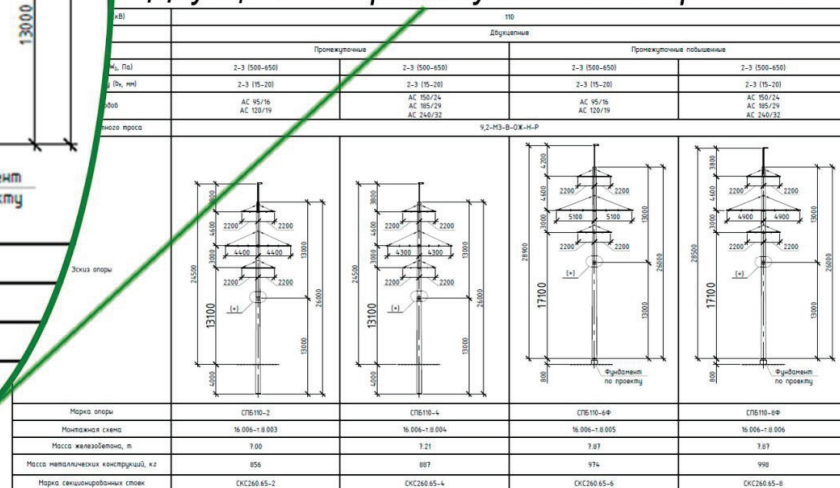


Рис. 2. Обзорный лист промежуточных опор

низкой несущей способностью, обусловленной невозможностью увеличения глубины заделки опор из-за фиксированной длины стоек.

Изучение опыта производства, строительства и эксплуатации железобетонных опор позволили разработчикам конструкций и заводским специалистам преодолеть все технологические и организационные проблемы путем разработки и внедрения в жизнь центрифугированных стоек в секционированном варианте.

Современные стойки, как и прежде, изготавливаются в конических или цилиндрических опалубках длиной 26 или 20 метров соответственно. Для сокращения расходов на перевозку длинномерных конструкций стойки делятся на секции, которые соединяются между собой на строительной площадке при помощи болтов.

Первым вариантом узла соединения секций был внешний фланец, привариваемый к элементам секций после распалубки. В процессе оптимизации узла соединения секций был разработан вариант внутреннего фланца, в котором все закладные элементы помещаются в опалубку перед центрифугированием. Это обеспечило выпуск полностью готового изделия сразу после распалубки стойки, отказавшись от приварки внешних фланцев после ее изготовления. (Рис. 1). Такое решение было проверено испытаниями известных (армированных по ГОСТ 22687.1-85) центрифугированных конических стоек длиной 26 м, выполненных в секционированном варианте.

Секционирование стоек позволило в 3-4 раза сократить время и затраты на их транспортировку.



В рамках НИОКР ПАО «Ленэнерго» специалисты НИЛ-КЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест» приступили к созданию опор нового поколения для ВЛ напряжением 110 кВ.

Задача работы — разработка серии современных железобетонных промежуточных и анкерно-угловых опор в одноцепном и двухцепном вариантах.

В процессе выполнения НИОКР были пройдены следующие этапы работы:

- Разработка комплектов конструкторской документации на железобетонные опоры ВЛ 110кВ из центрифугированных секционированных стоек.

- Изготовление и испытание опытных образцов конструкций железобетонных опор ВЛ110кВ.

- Разработка комплектов чертежей фундаментных секций, для железобетонных опор ВЛ110 кВ.

- Выпуск альбома железобетонных опор ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек.

- Разработка нормативно-технической документации.

- Формирование интеллектуального портфеля и нематериальных активов путём патентования в России и за рубежом результатов разработок.

Исходные данные для разработки опор

Конструкции промежуточных и анкерных опор разработаны в двух вариантах: для подвески легких (АС 95/16, АС 120/19) и тяжелых (АС 150/24, АС 185/29, АС 240/32) марок проводов. Во всех вариантах в расчете принят грозозащитный трос — 9.2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р.

Расчеты проведены для открытой местности (тип «А») на сочетание следующих климатических условий: районы по ветру — II (500Па), III (650Па), районы по гололеду — II (15 мм), III (20 мм)). Конструкции разработаны для 1-3 степени загрязненности атмосферы для районов с умеренной интенсивностью пляски проводов. Региональные коэффициенты по ветру и гололеду приняты равными 1.0.

Разработано 23 типа опор, из них — 8 промежуточных и 15 — анкерно-угловых.

Основные конструктивные решения опор

Промежуточные опоры изготавливаются на базе конических стоек в секционированном варианте в опалубке длиной 26 м. Верхний диаметр стоек 410, нижний — 650 мм.

Секции имеют длину 13 м и соединяются между собой на строительной площадке при помощи фланцевых соединений на высокопрочных болтах.

Все промежуточные опоры — одностоечные свободностоящие. Обзорный лист промежуточных опор приведен на **рис. 2**.

Конструкции выполнены в двух вариантах: обычные — устанавливаемые путем погружения нижней части опоры в пробуренный котлован, и повышенные — устанавливаемые на фундамент. Установка на фундамент — это принципиально новое решение для железобетонных опор. Увеличение высоты подвеса нижних проводов позволяет увеличить габаритные пролеты и сократить количество опор на ВЛ. По этому параметру повышенные железобетонные опоры стали сопоставимы с металлическими (решетчатыми и многогранными) опорами. Стойки повышенных опор имеют в нижней своей части закладную деталь — фланец для соединения с фундаментом. Увеличение расстояний между опорами и, соответственно, нагрузок от проводов и тросов потребовало увеличения прочностных характеристик стоек опор. Эта задача была решена выбором системы армирования стоек с использованием современной канатной арматуры и бетонов повышенной прочности. В отличие от ранее используемых стоек с показателями прочности В30, В40, в новых опорах применяется бетон В60. Плотность центрифугированного бетона всегда выше, чем у вибрированного. Если обычно, значение водонепроницаемости составляет для них соответственно $W=6$ и $W=4$, то в современных условиях, при использовании специальных добавок в бетонную смесь, водонепроницаемость центрифугированных конструкций достигает $W=8-16$. При этом морозостойкость увеличивается не менее, чем до $F=400$.

Все металлические элементы опор, включая закладные детали для соединения секций между собой и стойки с фундаментом, защищаются от коррозии при помощи горячего цинкования.

Такие показатели обеспечивают повышенную долговечность стоек. Срок службы железобетонных и многогранных опор теперь сопоставим: до 60-70 лет. За счет того, что исключается потребность в ремонтах на протяжении всего срока службы железобетонных опор, сокращаются и общие затраты на эксплуатацию ВЛ.

Анкерные опоры современного проекта разработаны на базе цилиндрических стоек диаметром 800 мм, изготавливаемых, как и для промежуточных опор, в секционированном варианте. Длина опалубки цилиндрических стоек равна 20 м. Обзорный лист анкерных опор приведен на **рис 3**.

Основной тип анкерных опор — одностоечные свободностоящие конструкции, которые могут устанавливаться как в пробуренный котлован, так и, для увеличения высоты подвески проводов, на фундаменты.

Таблица 1.

Область применения одноцепных анкерно-угловых опор																					
Пробой	Марка	АС 95/16				АС 120/19				АС 150/24				АС 185/29				АС 240/32			
	Максимальное напряжение при гололеде σ_t и отрицательной температуре σ_t , кг/мм ²	11,6				13,05				13,05				13,05				12,15			
Глазомер	Максимальное напряжение в средневекслучационном режиме σ_s , кг/мм ²	8,7				8,7				8,7				8,7				8,1			
	Марка	9,2-МЗ-В-ОЖ-Н-Р																			
Район по ветру / нормативное ветровое давление W_0 , Па	Максимальное напряжение, кг/мм ²	27				35				40				43				46			
	Район по ветру / нормативное ветровое давление W_0 , Па	II/500		III/650		II/500		III/650		II/500		III/650		II/500		III/650		II/500		III/650	
Район по гололеду / нормативная толщина стенки гололеда b_0 , мм	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	II/15	III/20	
	Ветровой пролёт, м	258	207	247	201	291	235	281	229	310	253	300	248	324	268	314	263	331	280	323	276
Предельный угол поворота ВЛ, град	Весовой пролёт, м	323	259	309	251	364	294	352	287	388	317	375	310	405	335	393	329	414	350	404	345
	СЧБ110-1, СЧБ110-1Ф	60	60	60	60	59	59	58	56	46	46	45	44	39	39	37	37	32	32	31	30
Предельный угол поворота ВЛ, град	2СЧБ110-1, 2СЧБ110-1Ф	-	-	-	-	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	СЧБ110-3Ф	60	60	60	60	45	44	43	42	35	35	33	33	30	29	28	28	26	24	23	23
	2СЧБ110-3Ф	-	-	-	-	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	53	52	51	51
	СЧБ110-5Ф	55	54	52	52	38	38	36	36	30	30	28	28	26	26	24	23	21	21	19	19
	2СЧБ110-5Ф	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	55	54	53	53	45	45	44	43
	2СЧБ110-5Ф	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	55	54	53	53	45	45	44	43

Большое количество вариантов опор дает возможность выбора при проектировании для сокращения затрат на строительство линий.

В отличие от старых типовых проектов, в которых анкерные опоры были рассчитаны на максимально возможный угол поворота (обычно 600), для каждой опоры настоящего проекта определены максимальные по несущей способности углы поворота ВЛ в зависимости от сочетания климатических условий, характеристик проводов и троса. Такой подход позволяет при расстановке опор по трассе не использовать тяжелые конструкции там, где можно обойтись их облегченным вариантом. Нагрузки на фундаменты приведены для каждой анкерной опоры с шагом 100, что позволит оптимальным образом подобрать ее закрепление в зависимости от реального угла ее установки на трассе. Область применения анкерных опор приведена в таблице 1.

Фундаменты для промежуточных и анкерных опор разработаны на базе секций диаметром 800 мм в тех же формах, что и стойки анкерных опор. В типовом варианте в одной 20 м опалубке изготавливаются одновременно 4 или 3 фундамента длиной по 5 или 6.7 м соответственно. Наличие различных вариантов длины фундаментов позволяет обеспечить надежную заделку фундаментов в большинстве грунтовых условий.

Конструкция внутренней закладной детали фундаментных секций имеет две разновидности: одна из них

предназначена для закрепления промежуточных опор, нижний диаметр стоек которых 650 мм, другая — для анкерных конструкций с диаметром 800 мм. Схемы фундаментных секций приведены на рис. 4.

Коррозионная стойкость железобетонных секций подтверждена многолетней практикой эксплуатации центрифугированных стоек в грунтах разной степени агрессивности. Повышенная долговечность гарантируется использованием современных технологий по

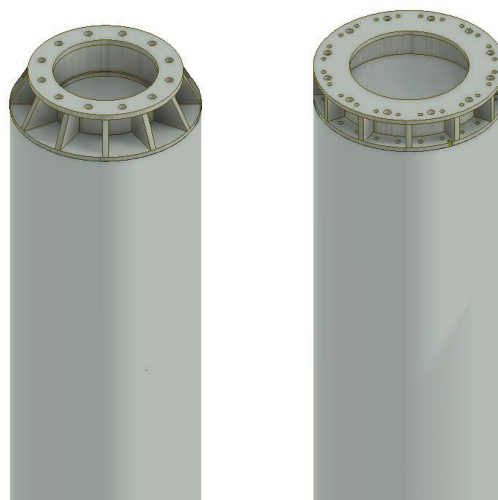


Рис. 4. Фундаментные секции для установки промежуточных и анкерно-угловых железобетонных опор

График несущей способности стойки СЦФ50.80.1

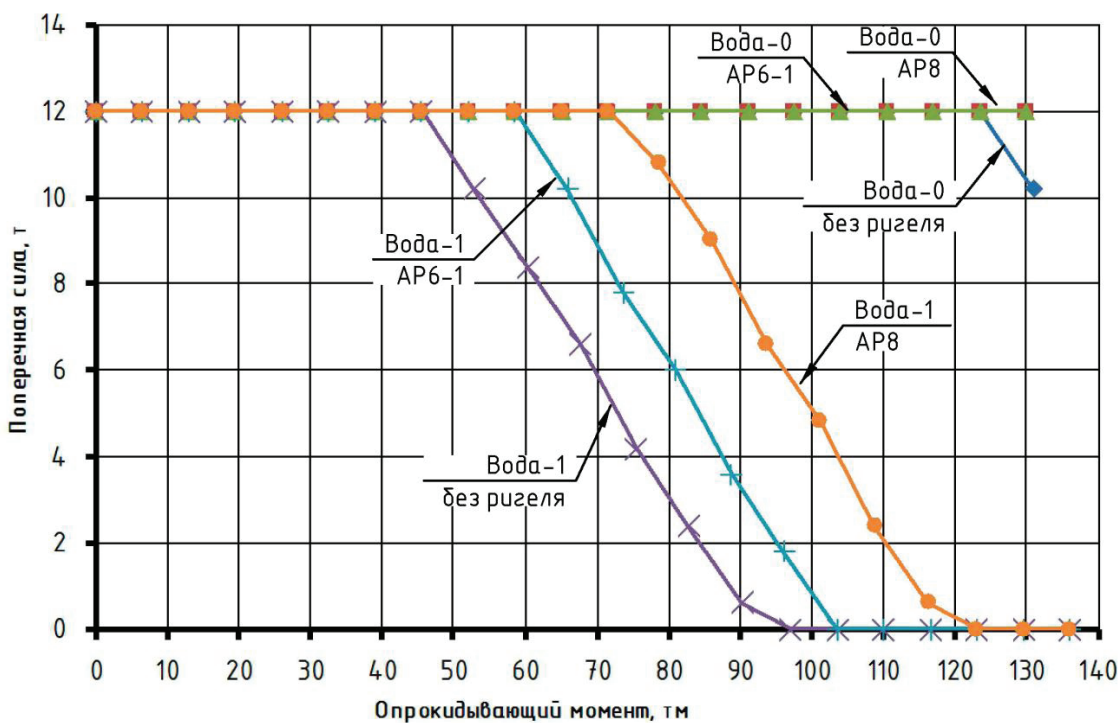


Рис. 5. График несущей способности по грунту для фундамента

подбору состава бетона, режимов центрифугирования, тепло-влажностной обработки и конструктивных решений по разработке узлов соединения секций между собой и стоек с фундаментами.

При показателях водонепроницаемости бетона центрифугированных стоек и фундаментных секций ($W=10-16$) любая грунтовая среда к бетону становится неагрессивной и фундаменты не требуют организации вторичной защиты от коррозии (нанесения защитных покрытий на бетонную поверхность стойки).

Для всех разработанных в проекте фундаментных секций приведены графики их несущей способности по материалу.

Для расчета фундаментов в проектах конкретных ВЛ в материалах НИОКР приведены нагрузки на закрепления в четырех расчетных режимах по двум группам предельных состояний: по деформации и по устойчивости.

Для упрощения процесса подбора фундаментов для всей трассы ВЛ разработана серия графиков, по которым может быть сделан выбор необходимого типа закреплений в зависимости от характеристик грунтов в месте установки конкретной опоры и нагрузок на фундаменты.

Для каждого из 56-ти грунтов, характеристики которых приведены в СП 22.13330 «Основания зданий

и сооружений», разработаны по 4 графика несущей способности: для фундаментных секций длиной 5 и 6, 7 метров отдельно для анкерно-угловых и для промежуточных опор.

На каждом графике (рис. 5) нанесено 6 кривых, 3 из которых — для обводненного грунта и 3 — для необводненного. Каждая кривая соответствует своему типу закрепления фундамента: без ригеля, с ригелем AP-6, и с ригелем AP-8. После определения номера грунта, физико-механические свойства которого максимально близки к указанному в проекте ВЛ, в зависимости от типа опоры (промежуточной или анкерной) на графике находится точка пересечения значений поперечной силы и опрокидывающего момента на фундамент. Если эта точка находится под графиком — то несущая способность закрепления обеспечена.

Таким образом, выбор типовой схемы фундамента под каждую стойку будет простым, рассчитанным по единой методике и, в то же время, индивидуальным для каждой опоры.

При сложных геологических условиях, например, в слабых или скальных грунтах, когда закрепить опору при помощи разработанных в рамках НИОКР фундаментных секций диаметром 800мм невозможно, целесообразна

разработка специальных фундаментов. Это могут быть, например, свайные фундаменты с железобетонными ростверками, снабженными закладной деталью с фланцем для соединения с нижней частью опоры. Типы свай выбираются в зависимости от характеристик грунта: — в слабых грунтах могут быть рекомендованы винтовые широколопастные сваи, а в скальных грунтах — буроинъекционные сваи.

Испытания всех опытных образцов опор на полигоне ООО «ИЦ ОРГРЭС» в г. Хотьково прошли успешно.

Результаты замеров с высокой точностью подтвердили прогнозируемые технические параметры конструкций, в том числе — величину отклонения верхушек опор при заданных нагрузках. Этот факт свидетельствует о правильно выбранном алгоритме построения расчетных программ, оптимальном подборе элементов опоры и

Таблица 2.

Железобетонные опоры		Стальные опоры	
Новые секционированные		Старая унификация	
ПУЭ-7		ПУЭ-6	
СПБ110-3	СПБ110-7Ф	ПБ110-15	ПМ110-1Ф
			П110-5В

	Железобетонные опоры				Стальные опоры					
	Новые секционированные опоры		Старая унификация		Многогранная		Решетчатая			
	ПУЭ-7		ПУЭ-6		ПУЭ-7		ПУЭ-6			
Марка опоры	СПБ110-3		СПБ110-7Ф		ПБ110-15		ПМ110-1Ф		П110-5В	
Кол-во опор на 5 км	18,12		15,06		27,78		18,87		18,52	
Стоимость, тыс. руб.	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок
Материалы	228	4 142	358	5 395	158	4 376	451	8 504	422	7 811
в % к СПБ110-3		100%		130%		106%		205%		189%
Монтаж	27	484	35	529	27	762	30	558	77	1 430
в % к СПБ110-3		100%		109%		157%		115%		295%
Землеотвод	10	176	14	209	12	328	13	249	22	412
в % к СПБ110-3		100%		119%		186%		141%		234%
Всего (на 5 км)	265	4 802	407	6 133	197	5 466	493	9 311	521	9 653
Всего (на 1 км)		960		1 227		1 093		1 862		1 931
в % к СПБ110-3		100%		128%		114%		194%		201%
Экономия на 1 км, тыс. руб.		-		-		+130		+900		+960

качественном исполнении конструктивных элементов конструкций.

Для обобщения материалов, разработанных в проекте, выпущен **Альбом опор**, который, будучи сформирован по аналогии с Каталогами типовых конструкций, включает в себя: пояснительные записки, обзорные листы, область применения, электрические габариты опор, таблицы с нагрузками на опоры от проводов и

тросов, нагрузки для подбора фундаментов и обзорные листы вариантов закреплений.

Для комплексного решения вопросов внедрения современных опор в практическое строительство в рамках НИОКР разработана **серия нормативных документов**, необходимых на всех этапах жизненного цикла конструкций: при проектировании, строительстве и эксплуатации, в том числе:

Таблица 3.

		Железобетонные опоры				Стальные опоры			
		Новые секционированные		Старая унификация		Многогранная		Решетчатая	
		ПУЭ-7		ПУЭ-6		ПУЭ-7		ПУЭ-6	
		СПБ110-4	СПБ110-8Ф	ПБ110-8	ПМ110-2Ф	П110-6В			

	Железобетонные опоры						Стальные опоры			
	Новые секционированные опоры				Старая унификация		Многогранная		Решетчатая	
	ПУЭ-7		ПУЭ-6		ПУЭ-7		ПУЭ-6			
Марка опоры	СПБ110-4		СПБ110-8Ф		ПБ110-8		ПМ110-2Ф		П110-4В	
Кол-во опор на 5 км	24,51		23,58		45,45		25		19,61	
Стоимость, тыс. руб.	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок	1 опора	участок
Материалы	311	7 611	428	10 081	264	11 989	564	14 105	656	12 870
в % к СПБ110-4	100%		132%		158%		185%		169%	
Монтаж	29	710	38	893	34	1 549	30	739	94	1 839
в % к СПБ110-4	100%		126%		218%		104%		259%	
Землеотвод	17	409	19	443	15	663	17	417	26	518
в % к СПБ110-4	100%		108%		162%		102%		127%	
Всего (на 5 км)	356	8 730	484	11 416	313	14 201	611	15 261	777	15 226
Всего (на 1 км)		1 746		2 283		2 840		3 052		3 045
в % к СПБ110-4	100%		131%		163%		175%		174%	
Экономия на 1 км, тыс. руб.	-		-		+1094		+1306		+1299	



— технические требования к опорам ВЛ110 кВ и способам их закрепления,

— технологические карты на монтаж всех типов опор и фундаментов,

— инструкции по монтажу опор и фундаментов,

— инструкция по эксплуатации опор.

В процессе работы выявлена патентоспособность оригинального узла соединения стоек между собой. Получен **патент на полезную модель**, собственником которого является ПАО «Ленэнерго».

Технико-экономическое обоснование результатов НИОКР выполнено на базе сравнения стоимости строительства условного 5 км анкерного участка ВЛ110 кВ в одноцепном и двухцепном вариантах при использовании известных типов железобетонных и металлических промежуточных опор:

Сравнительная стоимость участков ВЛ110 кВ, построенных на выбранных типах опор в одноцепном и двухцепном вариантах, приведена в таблицах 2 и 3.

Кроме выгоды, которая будет получена ПАО «Россети» за счет сокращения стоимости ВЛ при строитель-

стве, фонд НИОКР ПАО «Ленэнерго» будет пополняться за счет получения выплат от Заводов-изготовителей опор, которым будет дано право выпуска конструкций, разработанных на средства этого фонда.

Научно-технический совет ПАО «Россети» (Протоколом заседания секции 1 №1/10 от 19 апреля 2018 года) **одобрил результаты** НИОКР по теме «Разработка железобетонных опор для ВЛ 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» и **рекомендовал их широкое внедрение.**

Железобетонные опоры из секционированных стоек будут внесены в Реестр инновационных решений ПАО «Россети».

Если условия конкретных ВЛ 110 кВ, на которых планируется установка железобетонных опор из секционированных стоек, отличаются от принятых в проекте базовой серии конструкций, рекомендуется использовать модификации опор, оптимизированные под условия будущей эксплуатации. Внесение конструктивных изменений в элементы опоры и уточнение области применения конструкций может быть выполнено авторами проекта по запросу проектной организации.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, нилкэс.пф

Железобетонные фундаменты для многогранных опор ВЛ — решение вопроса долговечности при сокращении стоимости

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Качановская Л.И., к.т.н., заведующая НИЛКЭС
Веремеенко С.А., ведущий инженер НИЛКЭС

В конце 2005 — начале 2006 гг. при строительстве ВЛ 110 кВ в Костромской области были впервые установлены стальные многогранные опоры. Это послужило началом их массового применения в нашей стране.

В 2008-2009 гг. ОАО «СевЗап НТЦ» была выпущена серия типовых проектов фундаментов под многогранные опоры ВЛ35-500 кВ, разработанные ОАО «РОСЭП» и ОАО «СевЗап НТЦ».

Разработаны фундаменты из буронабивных свай, фундаменты с монолитным ростверком на буронабивных и винтовых сваях для талых и с сезонным промерзанием грунтов и винтовых сваях для вечномерзлых грунтов, а также фундаменты из стальных свай-оболочек.

Наиболее часто применяемым способом закрепления многогранных опор стала свая-оболочка.

Конструкция фундамента из стальных свай большого диаметра включает в себя металлическую трубу диаметром от 720 мм и более с приваренными к ней ребрами жесткости и фланцем для крепления к нижней секции опоры. Толщина стенки фундаментов колеблется от 10 до 14 мм. Возможно применение гнутого профиля вза-

мен трубчатой части фундамента.

Опыт эксплуатации фундаментов из свай-оболочек показал, что их применение в грунтах разной степени коррозионной активности к металлу требует значительных дополнительных затрат на антикоррозионную защиту (горячее цинкование и изоляционные покрытия).

В виду высоких требований, предъявляемых к защитным покрытиям металлических свай-оболочек (выдержать монтажные усилия при погружении и обеспечить долговечность), а также немалой себестоимости изготовления, альтернативой данному типу фундаментов являются железобетонные фундаменты из центрифугированных, предварительно напряженных стоек диаметром 800мм.

В рамках НИОКР ПАО «Ленэнерго» специалистами НИЛКЭС были разработаны фундаментные секции на базе центрифугированных железобетонных цилиндрических стоек под железобетонные опоры ВЛ110 кВ. Фундаментные секции снабжены закладными деталями, имеющими ответный фланец для соединения с железобетонными опорами.

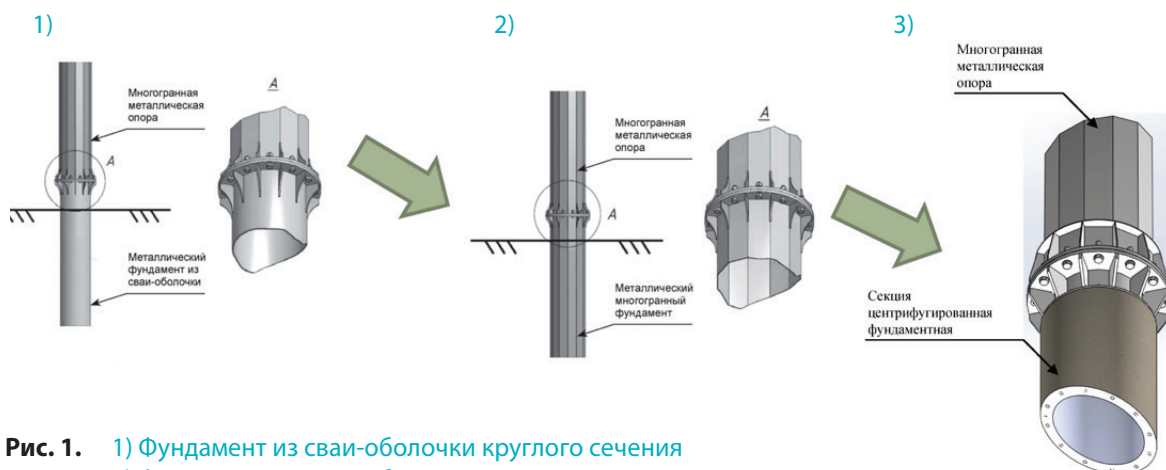


Рис. 1. 1) Фундамент из сваи-оболочки круглого сечения
2) Фундамент из сваи-оболочки многогранного сечения
3) Центрифугированный железобетонный фундамент

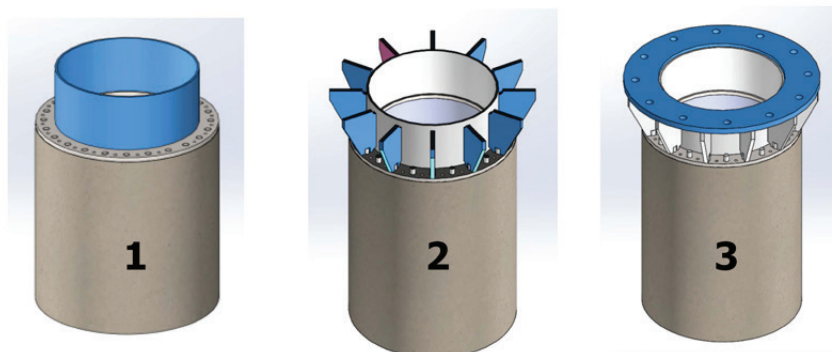


Рис. 2. 1) Установка трубчатой детали оголовка фундамента
2) Установка ребёр оголовка фундамента
3) Установка фланца оголовка фундамента

Фундаментные секции прошли испытания на базе ООО «ИЦ ОРГРЭС». А их производство налажено на Рыбинском заводе железобетонных конструкций, входящем в структуру ОАО «ПО Энергожелезобетонинвест». Для изготовления железобетонных стоек используется бетон класса по прочности — В60, марки по морозостойкости — не ниже F300, марки по водонепроницаемости — не менее W12, что гарантирует их надежную работу на весь срок службы конструкции, т.к. при таких характеристиках бетона любая грунтовая среда по отношению к бетону является неагрессивной и фундаменты не требуют организации вторичной защиты от коррозии, т.е. нанесения защитных покрытий.

Фундаментные секции рассчитаны на максимальный момент в заделке не более 130 тм, что позволяет использовать их взамен фундаментов из металлических труб для серии многогранных опор ВЛ 110, 220, 330 и 500 кВ, которые имеют сопоставимые нагрузки в уровне крепления опоры с фундаментом. (рис.1)

Проанализировав конструкции многогранных опор ВЛ, а именно геометрические параметры нижних секций опор и нагрузки в основании, для первичной разработки были выбраны 6 типов многогранных опор напряжением 110-500 кВ для разработки фундаментных секций из центрифугированных стоек для их закрепления.

Для каждого варианта разработаны конструкции новых оголовников к железобетонным фундаментам. Геометрия фланца фундамента в основном повторяет геометрию фланца нижней секции многогранной опоры: наружный диаметр фланца, его толщину, количество от-

верстий под болтовое крепление, с соответствующими им диаметру и оси их расположения.

Технологии изготовления фундаментов из центрифугированных стоек под многогранные и под железобетонные опоры отличаются между собой следующим. При изготовлении фундаментных секций под железобетонные опоры все элементы узла соединения с опорой, включая фланец, помещаются внутрь металлоформы и проходят весь процесс центрифугирования вместе со стойкой, а при формировании фундамента под многогранную опору закладная деталь фундамента не содержит фланца. Только после распалубки к закладной детали приваривается трубчатая часть оголовка, затем ребра и опорный фланец для соединения с опорой.

Центрифугированные секции для фундаментов изготавливаются в опалубке длиной 20 м. При изготовлении четырех, трех или двух секций в одной опалубке длина фундаментов может составлять соответственно 5.0 м, 6.7 м или 10.0 м.

Сравнение стоимости железобетонного и металлического фундамента одной длины показало, что стоимость железобетонного фундамента в 1,5 раза ниже металлического, рассчитанного на аналогичные нагрузки.

Результаты работы позволяют сделать вывод о целесообразности использования железобетонных фундаментных секций для закрепления многогранных опор, так как это решение увеличивает долговечность на весь срок эксплуатации опор при сокращении затрат на строительство ВЛ.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, nilkes.пф



Современная технологическая карта для монтажа железобетонной опоры из секционированных стоек для ВЛ 500 кВ

АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Сенькин Н.А., к.т.н., главный эксперт Дирекции по проектированию и реализации инновационных проектов

Представляет несомненный интерес следующий пример современной организации высокоэффективного производства железобетонных опор и изделий. Так управляющая компания ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест» создана в 2002 году с целью организации эффективной работы крупнейших заводов-изготовителей железобетонных изделий для энергетического строительства (ООО «Рыбинскэнергожелезобетон», ООО «Волгоградский завод строительных материалов», ООО «Северо-Кавказский комбинат промышленных предприятий»). На всех заводах Объединения организованы испытательные лаборатории и полигоны, позволяющие проводить регламентные испытания материалов, конструкций и образцов опор. С 2015 года Компания располагает собственным научно-техническим центром — Научно-технической лабораторией конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС), в 1974 году организованной на базе Северо-Западного отделения института «Энергосетьпроект». НИЛКЭС обеспечивает разработку оптимальных современных технических решений железобетонных опор и внедрение высокопроизводительных технологий их изготовления при использовании современной арматуры, бетона повышенного класса прочности до В60 и водопроницаемости не ниже W12.

Таким образом, в результате объединения научных и производственных ресурсов осуществлена оптимизация производственных процессов и обеспечиваются гарантии высокого качества посредством введения автоматизированной системы управления технологическим циклом изготовления продукции и информационной системы контроля каждого изделия на всех этапах производства. Указанные меры привели к появлению высококачественных железобетонных изделий со стабильными показателями качества, что существенно отличает технологии процессов заводского центрифугирования 21 века.

НИЛКЭС предложил секционировать или разделять центрифугированные железобетонные стойки на менее длинные и изготавливать их в стандартных металлоформах [1], чем устраняется основная проблема, связанная с транспортировкой длинномерных конструкций. Как показали результаты успешных испытаний секционированных железобетонных стоек и опор на испытательном стенде ПАО «Фирма ОРГРЭС» в Хотьково [2], опоры ВЛ 110-500 кВ на секционированных стойках не утратили проектную несущую способность, а сокращение размеров перевозимых элементов-секций несомненно увеличит их жесткость и понизит вероятность повреждения при доставке на строительную площадку.

В недавней редакции Положения ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» (2017) регламентировано, что на ВЛ 220-750 (1150) кВ должны применяться опоры необходимой высоты и прочности, соответствующие действующим нормативным документам; одноцепные, двухцепные стальные опоры многогранных и решетчатых конструкций (в том числе, новейшей унификации), а также опоры на основе железобетонных центрифугированных стоек, в том числе секционированных.

Действующий стандарт АО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.192-2014 «Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-500 кВ» (п.7.22-7.23) рекомендует применение железобетонных секционированных опор при проектировании и реконструкции ВЛ 35-500 кВ. Как закономерно утверждают авторы-разработчики секционированных железобетонных опор для ВЛ 110-500 кВ Л.И. Качановская, П.И. Романов и С.П. Касаткин, работающие в НИЛКЭС, произошло триумфальное возвращение железобетона в электросетевое строительство [2].

В период с 17 по 21.10.2016 г. по заказу Верхне-

донского ПМЭС МЭС Центра бригадой Филиала ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» — СПб «Электросетьремонт» на ВЛ 500 кВ «Тамбовская — Пенза-2» выполнена замена поврежденной железобетонной промежуточной опоры №31 ПБ500-5н порталного типа с внутренними связями на инновационную опору ПБ500-5н(с) на базе центрифугированных секционированных стоек. По паспорту указанная ВЛ 500 кВ построена трестом «Спецсетьстрой» и введена в эксплуатацию в 1991 году, провод марки АС400/41. Необходимость включения данной опоры №31 в «Программу замены и усиления ВЛ» обусловлена наличием повреждения (сквозного отверстия) стенки верхней части одной из стоек, превышающего нормативные допуски по табл. 5.1 РД 34.20.504-94 «Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ». Указанную замену следует квалифицировать как ремонт по техническому состоянию в соответствии с терминологией действующего ГОСТ 18322-78 «Система технического обслуживания и ремонта техники».

Заблаговременно исполнителем был составлен Проект производства работ «Замена железобетонной опоры №31 типа ПБ 500-5н на железобетонную опору ПБ 500-5н, отключенной, находящейся под наведенным напряжением, ВЛ 500 кВ Тамбовская — Пенза-2» (ППР). В работах приняли участие 16 человек производственного персонала, включая водителей и машинистов, и 7 единиц техники. Работы выполнялись по наряду-допуску на отключенной ВЛ, но находящейся под наведенным напряжением, под непрерывным надзором и руководством ответственного руководителя работ. Для обеспечения безопасного производства работ на ВЛ под наведенным напряжением были предусмотрены следующие меры: отключение и заземление ВЛ во всех РУ, где отключена ВЛ; использование электрозащитных средств в зависимости от величины наведенного напряжения (диэлектрические перчатки, штанги, специальные изолирующие устройства и инструмент); заземление проводов (грозозащитных тросов) на рабочих местах каждой бригады; уравнивание и выравнивание потенциалов путем заземления проводов (грозозащитных тросов), а также применяемых машин, такелажа, приспособлений и механизмов, в том числе рабочих площадок подъемников (вышек) на один заземлитель; применение комплектов Эп-4(0) для выполнения работ по установке (снятию) переносных заземлений (ПЗ) на провода (грозозащитные тросы), установке (снятию) заземлений для уравнивания и выравнивания потенциалов.

Первоначально были выполнены подготовительные работы, включая подготовку рабочего места с установкой переносных заземлений, допуск персонала,



Рис. 1. Укрупнительная сборка стоек и сборки металлоконструкций

планировка площадки, геодезические измерения, разбивка котлованов под стойки новой опоры, доставка конструкций и комплектующих. Затем при помощи автокрана КС-45717К-3Р «Ивановец» (грузоподъемность 25 тс с телескопической стрелой 30,7м, колесная формула 6х6) произведена выкладка монтажных секций, сборка железобетонных стоек из отдельных транспортельных секций, сборка металлоконструкций тросостоек, траверс, лестниц отдельно на каждой стойке (рис. 1). Укрупнительная сборка каждой стойки СКС26.1 выполнена из двух секций СКС260.65-1в и СКС260.65-1н посредством монтажного стыка на 12 высокопрочных болтах М30х120.10.9 и гайках М30.10, завинчиваемых динамометрическим ключом силой до 200 Нм.

По осям колышков, установленных на расстоянии 4,0м от стоек старой опоры вдоль ВЛ500 кВ, выполнено бурение скважин-котлованов бурильной машиной



Рис. 2. Установка стойки опоры ПБ500-5н(с) автокраном

БКМ-515 диаметром 0,8м на глубину 3,3м. После строповки автокраном КС-45717К-3Р выполнен отдельный подъем поворотом каждой стойки с подталкиванием комля отвалом колесного трактора МТЗ «Беларус» 82.1 (рис. 2) и медленное опускание в котлован с контролем осевого поворота стойки вручную фалом и вертикального положения стойки. Установка стоек была завершена тщательным уплотнением грунта засыпки в пазухах, затем разработкой траншей-котлованов экскаватором МТЗ «Беларус» 82.1, установкой ригелей АР-6, засыпкой и уплотнением грунта в пазухах котлованов, погружение заземляющего спуска, привариваемого к нижней закладной детали стойки.

Для демонтажа старой опоры ПБ500-5н и монтажа новой опоры ПБ500-5н(с) автокран КС-45717К-3Р (АК)



Рис. 3. Установка автокрана и автогидроподъемника для монтажно-демонтажных работ по опорам, гирляндам изоляторов, проводам и грозотросу



Рис. 4. Демонтаж подвески средней фазы проводов

устанавливается сбоку от оси ВЛ с рабочей зоной между двумя плоскостями порталов старой и новой опор, а автогидроподъемник АГП-32-РТ (АП) с двумя электромонтерами в люльке — вдоль оси со стороны портала новой опоры, сначала ближе к одной новой стойке, а затем к другой (рис. 3).

Сначала газорезкой внизу были разрезаны внутренние ветровые связи, отсоединен от гирлянды изоляторов и опущен на землю поддерживающий зажим проводов средней фазы посредством трёхточечного монтажного подвеса (рис. 4). Затем смонтированы средняя часть, связи и верхняя затяжка траверсы, на следующем этапе — подвешены новые гирлянды изоляторов на консольные траверсы новой опоры и осуществлен перемонтаж на них проводов, а затем — аналогичный монтаж тросовых подвесок и перевод на них тросов.

После освобождения старой опоры от изоляторов, подвески проводов и тросов осуществлен демонтаж средней части траверсы с разрезанием элементов газовой резкой, поддерживаемых крюком АК, газосварщиком из люльки АГП. Затем аналогично вышеописанным операциям произведен монтаж гирлянды изоляторов средней фазы, подъем и присоединение к ней поддерживающего зажима средней фазы вместе с проводами, а также прикрепление нижних концов внутренних ветровых связей к новым стойкам и последующее натяжение с регулировкой талрепами.

Демонтаж старой опоры из двух железобетонных центрифугированных стоек был осуществлен в следующем порядке:

- стойка поддерживается стропом АК с натягом;
- по контуру старой центрифугированной стойки на отм. +1,0 м производится разрушение бетона ударами при помощи стальной тяжелой кувалды с длинной

деревянной ручкой;

— посредством электросварки разрезается стальная арматура (**рис. 5**) и отрезанная верхняя часть стойки при поддержке АК укладывается на козелки или подкладки, которая далее при помощи кувалды и электросварки (газорезки) разделяется ещё на три транспортабельные части; аналогично металлические конструкции отделяются от железобетонных;

— при помощи экскаватора МТЗ «Беларус» 82.1 произведена раскопка, а автокраном — подъём заглубленной части стойки с ригелем, который отсоединяется от стойки посредством разрезки хомута сваркой либо газорезкой;

— аналогично была демонтирована вторая стойка;

— вышеуказанные элементы старой опоры были погружены на автомобильную грузовую платформу-шаланду длиной 10 метров для вывоза и последующей утилизации по указанию заказчика (**рис. 6**).

Технологическая карта (ТК) разработана в Обособленном подразделении «Научно-исследовательская лаборатория конструкций электросетевого строительства» (НИЛКЭС) ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест» в 2017 году. В разработке технологической карты принимали участие: главный эксперт АО «НТЦ ФСК ЕЭС», к.т.н. Н.А. Сенькин; сотрудники НИЛКЭС: заведующая, к.т.н. Л.И. Качановская; заместитель заведующей, к.т.н. П.И. Романов; главный специалист С.П. Касаткин; ведущий инженер С.А. Веремеенко; ведущий инженер М.В. Дорошенко; инженер Е.О. Бондарева.

ТК составлена на замену порталной двухстоечной промежуточной одноцепной опоры ПБ500-5н на идентичную порталную опору ПБ500-5н(с), отличающуюся инновационным выполнением железобетонных центрифугированных стоек из транспортабельных секций-модулей длиной 13 метров, в условиях эксплуатируемой ВЛ 500 кВ.

Опора ПБ500-5н(с) разработана на базе типовой опоры ПБ500-5н (альбом 7073тм-т3 «Опоры ПБ500-5н и ПБ500-7н. Рабочие чертежи, СЗО «Энергосетьпроект», 1979 г.»). Чертежи опоры ПБ500-5н(с) приведены в альбоме НТЦ-Н-1501-т.4.002 «Разработка железобетонной опоры 500 кВ из центрифугированных секционированных стоек», а чертежи секционированной стойки — в альбоме НТЦ-Н-1501-т.4.003 «Стойка СКС 26.1. Сборочный чертеж», выполненные в НИЛКЭС филиала ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ в 2015 году.

Технологическая карта составлена в соответствии с «Руководством по разработке и утверждению технологических карт в строительстве (к СНиП 3.01.01-85** «Организация строительного производства)»,



Рис. 5. Демонтаж стойки старой центрифугированной опоры

разработанным ЦНИИОМТП и Москомэкспертизой в 2004 году, и стандартом ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.168-2014 «Методические указания по разработке технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ», разработанным ОАО «Фирма ОРГРЭС» в 2014 году, которые устанавливают форму, состав и содержание технологической карты на производство отдельных видов строительных, монтажных и специальных строительных работ и предназначаются для применения организациями-разработчиками технологических карт, в частности технологических карт в составе проектов производства работ.

Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.55.168-2014 «Методические указания по разработке технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ», составленный ОАО «Фирма ОРГРЭС» и введенный в действие 02.04.2014, предназначен для эксплуатирующих организаций и проектно-технологических организаций при разработке организационно-технологических документов для ВЛ в рамках ТОиР (техническое обслуживание и ремонт). При осуществлении строительства линейного объекта одной из базовых функций подрядчика (генподрядчика) является разработка и применение организационно-технологической документации согласно требованиям разделов 4-5 СП48.13330.2011 «Организация строительства» (Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004). К организационно-технологической документации относятся проект производ-

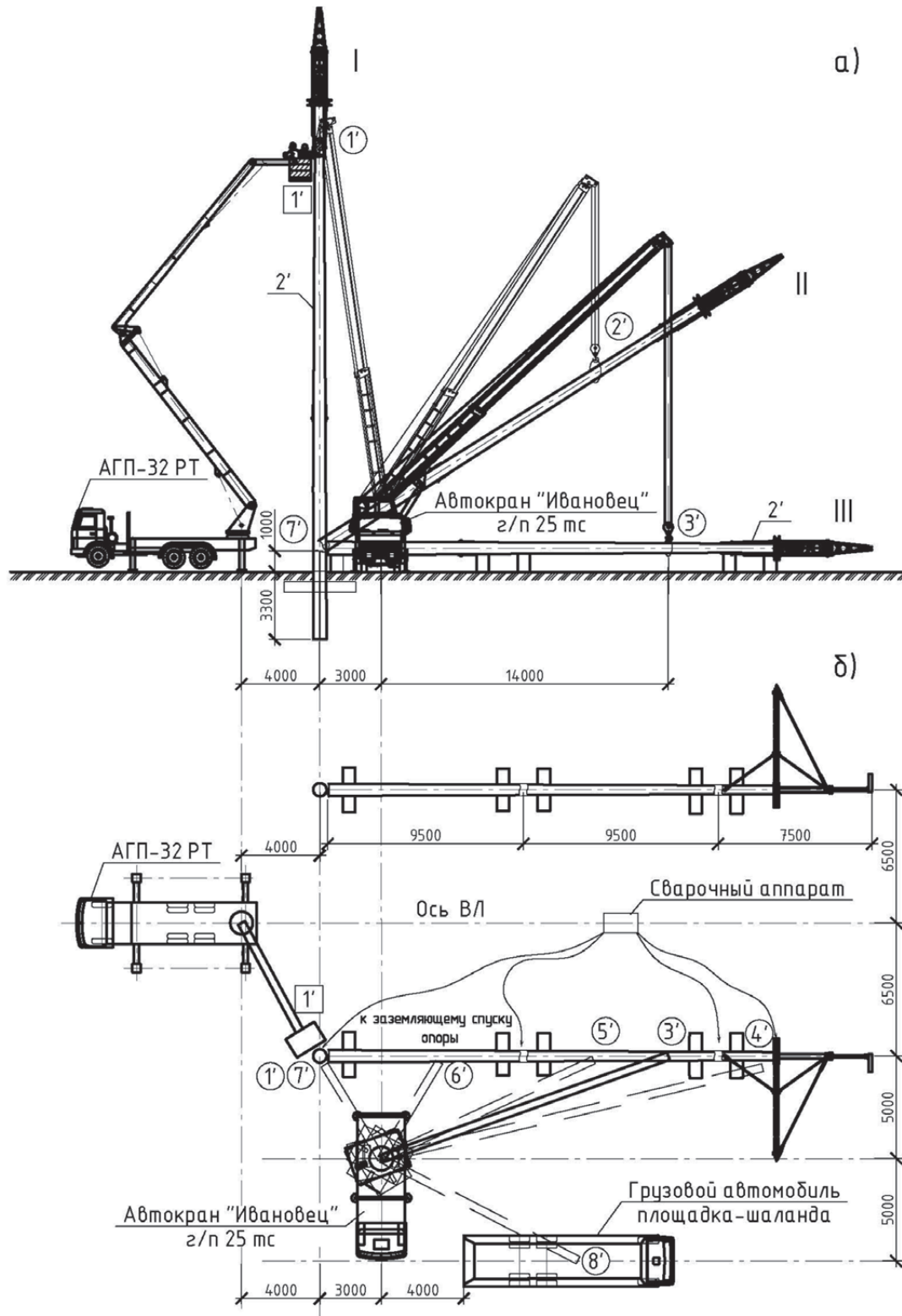


Рис. 6. Схема демонтажа, разборки и погрузки на автотранспорт железобетонных стоек и металлоконструкций старой опоры ПБ500-5н



ства работ (ППР), включающий технологические карты на выполнение видов работ, а также иные документы, в которых содержатся решения по организации строительного производства и технологии строительно-монтажных работ.

Разработка технологических карт необходима для оценки как трудозатрат на процессы сборки и монтажа опор при строительстве, так и составления смет на строительство ВЛ, особенно с инновационными опорами в связи с отсутствием нормативных данных.

Основные разделы разработанной ТК:

1. Общие данные;
2. Организация работ по замене опоры ПБ500-5н на опоры ПБ500-5н(с);
3. Операционный контроль при сборке и установке опоры ПБ500-5н(с);
4. Охрана труда и меры безопасности;
5. Охрана окружающей среды;
6. Пожарная безопасность.

Для иллюстрации на **рис. 6** представлена схема демонтажа, разборки и погрузки на автотранспорт элементов железобетонных стоек и металлоконструкций демонтированной старой опоры ПБ500-5н.

Список литературы

1. Качановская Л.И., Романов П.И., Касаткин С.П. Железобетонная опора из секционированных центрифугированных стоек для ВЛ 500 кВ // Электроэнергия. Передача и распределение, 2015, №6(33). – С.88-91.
2. Качановская Л.И., Романов П.И., Касаткин С.П. Триумфальное возвращение железобетона в электросетевое строительство // Электроэнергия. Передача и распределение, 2015, №3(30). – С.88-91.
3. Сенькин Н.А. Разработка технологических карт на сооружение инновационных опор ВЛ 110–500 кВ //Руководящие материалы по проектированию и эксплуатации электрических сетей (РУМ), 2016, №4. –С.3-8.

Как уже отмечалось, показатели трудоёмкости получены на основании технической фотографии технологических процессов реальных работ, выполненных при замене повреждённой промежуточной опоры №31 типа ПБ500-5н на ВЛ500 кВ «Тамбовская — Пенза-2» бригадой Филиала ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» — СПБ «Электросетьремонт» в период с 17 по 21.10.2016 по заказу Верхнедонского ПМЭС МЭС Центра.

На работы по данной ТК, принимая во внимание прогрессивный характер сборки и отдельной установки стоек автокраном и автогидроподъемником, потребовалось 140 чел-ч рабочего времени на замену опоры (демонтаж + монтаж), включая работу механизаторов — 44 чел-ч. Для сравнения: трудозатраты только на монтаж аналогичной опоры 2СПБ500-3В на секционированных стойках составили 186,3 чел-ч, в связи со сложной и опасной установкой этой опоры падающей стрелой [3].

Таким образом, в разрабатываемых технологических картах в обязательном порядке должен рассматриваться современный уровень техники (машины, механизмы, оборудование, оснащение персонала и т.д.), который обеспечит высокоэффективные экономичные и экологичные конструктивно-технологические решения, повышающие безопасность и надежность разработок в электроэнергетике.

АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

г. Москва

+7 (495) 727 19 09

info@ntc-power.ru, senkin1952@yandex.ru

www.ntc-power.ru



Механические испытания новых (уникальных) фундаментов и опор для воздушных линий электропередачи

ООО «Инженерный центр ОРГРЭС»

Каверина Р.С., заместитель генерального директора

1. Краткая характеристика испытательного полигона элементов воздушных линий электропередачи в г. Хотьково.

Рождение испытательного стенда в Хотьково приходится на начало 50-х годов прошлого столетия и связано с началом проектирования воздушных линий электропередачи сверх высокого напряжения, а именно со строительством ЛЭП 400 кВ Куйбышев-Москва. Площадь испытательного стенда составляла 47 га.

На опытном участке линии 400 кВ были возведены новые типы стальных опор, на которых проводились опытные работы по монтажу расщепленных проводов, проверки их механической прочности, а также линейной арматуры.

Почти за 70-летний период существования испытательного полигона постоянно шла его модернизация. Накоплен большой опыт в испытании элементов линий:

- опор (металлических, железобетонных, деревянных, из композиционных материалов);
- фундаментов;
- линейной арматуры;
- проводов, грозозащитных тросов, волоконно-оптических кабелей;
- средств малой механизации.

В настоящее время испытательный полигон располагает:

- тремя универсальными фундаментами для испытаний опор и фундаментов на не смещаемом фундаменте:

— силовой пол с силовыми ручьями размером 25x26 м, способным воспринимать нагрузки до 600 тс. На стенде можно испытывать опоры различного класса напряжения, высоты, базы, а также фундаменты любой конструкции;

— крестовый фундамент, который позволяет испытывать металлические опоры размером в плане 12x12 м и высотой 45 м;

— новый силовой пол размером 60x30 м способный воспринимать нагрузки до 1200 тс. (не введен в действие в виду отсутствия силовых колонн);

- фундаментами для испытаний железобетонных, деревянных и композиционных опор в грунте;
- горизонтальным стендом для проведения испытаний стоек железобетонных, деревянных и композиционных опор на прочность и деформативность;
- силовыми колоннами нормального и аварийного режимов;
- пультом управления испытаниями опор и фундаментов;
- тремя стендами для испытания линейной арматуры и проводов на стойкость к вибрации;
- двумя стендами для испытания линейной арматуры и проводов на стойкость к пляске;
- тремя стендами г.п. 30 тс, 100 тс и 300 тс для проведения механических испытаний линейной арматуры на прочность.

2. За последние 5 лет на испытательном полигоне в г. Хотьково были испытаны следующие уникальные конструкции опор и фундаментов, разработанные отечественными проектными институтами:

1. Испытания унифицированных грибовидных фундаментов повышенной долговечности для опор ВЛ 35 — 110 кВ типа ФМЗ-32.20.20-1Ш и ФМ4-32.20.20-1Б

Изготовитель и разработчик фундаментов ООО «СевЗапРегионСтрой». Расчет и испытания фундамента проводились по следующим схемам:

— расчетная схема 1 — максимальная растягивающая нагрузка.

— расчетная схема 2 — максимальная сжимающая нагрузка.

Бетон фундаментов класса В30. Марка бетона по морозостойкости — F300, по водонепроницаемости — W6. Категория лицевых поверхностей — А-6.

Таблица 1.

Фундамент	Контрольные (нормативные) нагрузки при определении ширины раскрытия трещин и деформативности, тс			Расчетная нагрузка, тс			Контрольные нагрузки при определении прочности: 1-й случай, тс			Контрольные нагрузки при определении прочности: 2-й случай, тс		
	N	QX	QY	N	QX	QY	N	QX	QY	N	QX	QY
	78%			100%			130%			160%		
Ф1	34.28	0.00	0.37	43.94	0.00	0.48	57.13	0.1	0.62	70.31	0.12	0.77
Ф2	70.90	1.51	0.29	90.90	2.10	0.37	118.17	2.73	0.49	145.44	3.36	0.60

Таблица 2.

Фундамент	Контрольные (нормативные) нагрузки при определении ширины раскрытия трещин и деформативности, тс			Расчетная нагрузка, тс			Контрольные нагрузки при определении прочности: 1-й случай, тс			Контрольные нагрузки при определении прочности: 2-й случай, тс		
	N	QX	QY	N	QX	QY	N	QX	QY	N	QX	QY
	78%			100%			130%			160%		
Ф1	44.68	0.19	0.36	57.29	0.24	0.46	74.47	0.31	0.60	91.66	0.38	0.74
Ф2	76.55	2.44	0.27	97.10	3.13	0.35	126.23	4.07	0.46	155.36	5.01	0.56

Значения контрольных нагрузок при испытаниях фундаментов на растяжение приведены в **таблице 1**, на сжатие в **таблице 2**.

Испытания фундаментов приведены на **Рис. 1** и **Рис. 2**.

2. Испытания быстромонтируемых опор.

Разработчик — Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ.

2.1 Испытание быстромонтируемой одноцепной облегченной опоры БК110-1 ВЛ 35-110 кВ из композитных материалов, не требующий сооружения специальных фундаментов для проведения аварийно-восстановительных работ. **Рис. 3**.

Основные технические характеристики опоры:

- район по ветру II;
- район по гололеду III.
- общая высота опоры — 14,8 м;
- габариты основания — 16 x 8,95 м;
- опора рассчитана на подвеску проводов до АС185/29 и одного оптического кабеля ОКСД-01-4x4ЕЗ-(22.0)-Т;
- общая масса опоры в сборе не более 2150 кг;
- масса наиболее тяжелой отправочной марки —



Рис. 1. Испытания фундаментов ФМ3-32.20.20-1Ш и ФМ4-32.20.20-1Б (Ф1 и Ф2) на сжимающие нагрузки



Рис. 2. Испытания фундаментов ФМ3-32.20.20-1Ш и ФМ4-32.20.20-1Б (Ф1 и Ф2) на растягивающие нагрузки

не более 200 кг.

— материал конструкции опоры — композит, соединительные элементы сталь — С345, С245.

2.2 Испытание быстромонтируемой одноцепной промежуточной опоры ПБМ110-1(т) (с ростверком) для ВЛ 35-110 кВ. **Рис. 4.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру IV;
- район по гололеду III;
- общая высота опоры — 24,1 м.



Рис. 3. Испытание быстромонтируемой одноцепной облегченной опоры БК110-1 ВЛ 35-110 кВ из композитных материалов.

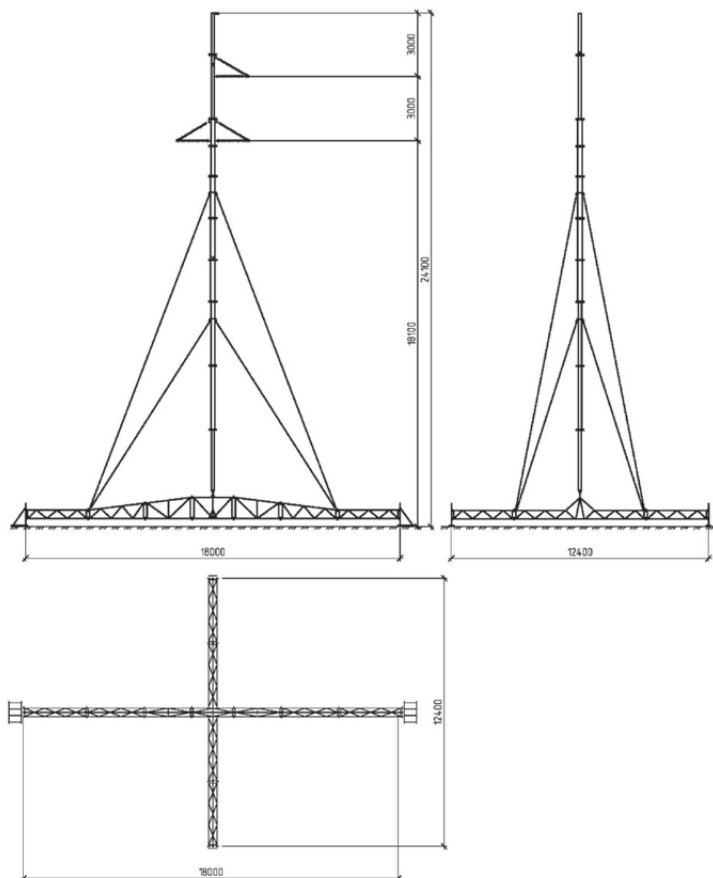


Рис. 4. Испытание быстромонтируемой одноцепной промежуточной опоры ПБМ110-1(т) (с ростверком и пригрузом)

— опора рассчитана на подвеску проводов до АС300/39 и грозозащитного троса 11,0-МЗ-В-ОЖ-Н-Р ОКСД-01-4x4ЕЗ-(22.0)-Т;

— масса наиболее тяжелой отправочной марки — не более 140 кг.

- размеры в плане по ростверкам — 18 x 12,4 м.
- длина секций стойки — 2,6 м (С1) и 1,5 м (С2);
- масса опоры — 2845 кг.

2.3 Испытание быстромонтируемой промежуточной одноцепной опоры 330 кВ с изолирующими траверсами. **Рис. 5.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру III;
- район по гололеду III;
- общая высота опоры — 42,95 м. Р
- размеры в плане по оттяжкам — 50 x 50 м.
- длина секций стойки — 2,6 м (С1) и 1,5 м (С2);
- масса секций — 150 кг (С1), секции — 98 кг (С2).

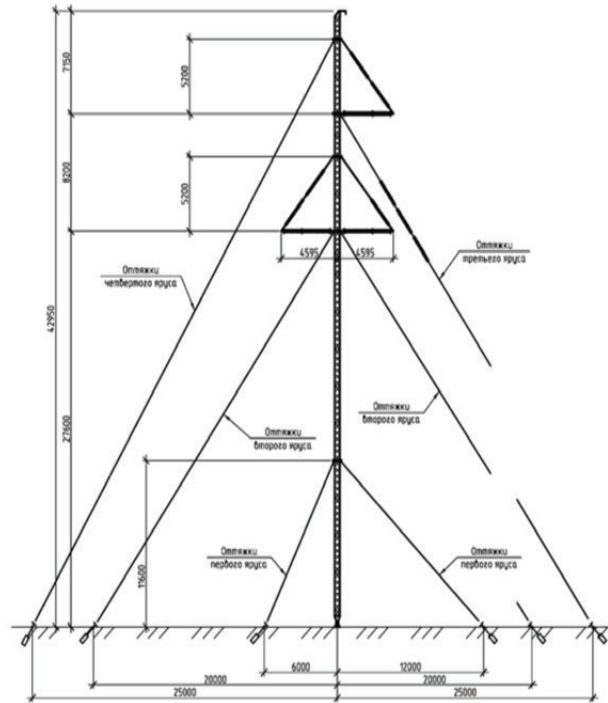


Рис. 5. Испытание быстромонтируемой промежуточной одноцепной опоры 330 кВ.

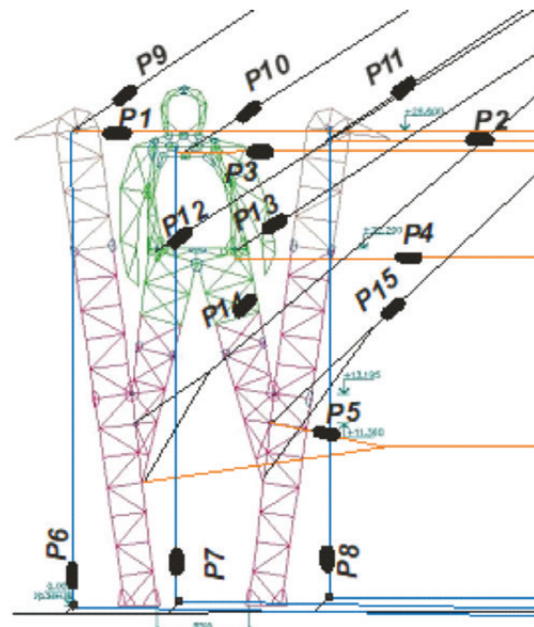


Рис. 6. Испытание единичного экземпляра металлической анкерно-угловой опоры УТР110-1 «Лыжник» для Олимпиады в г. Сочи в 2014 г.

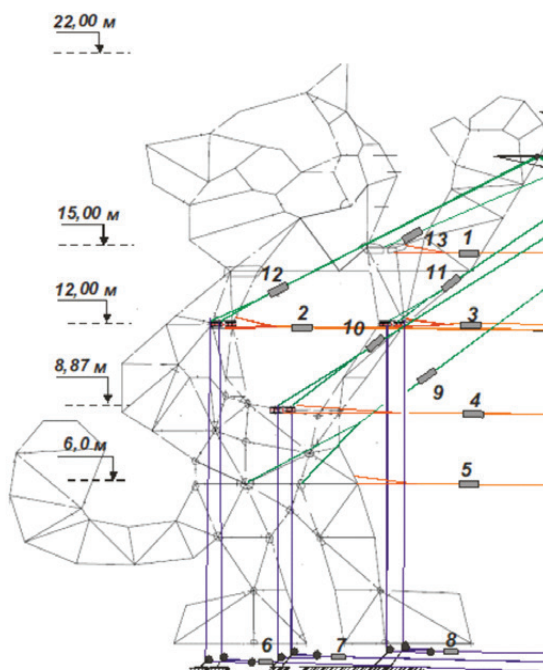
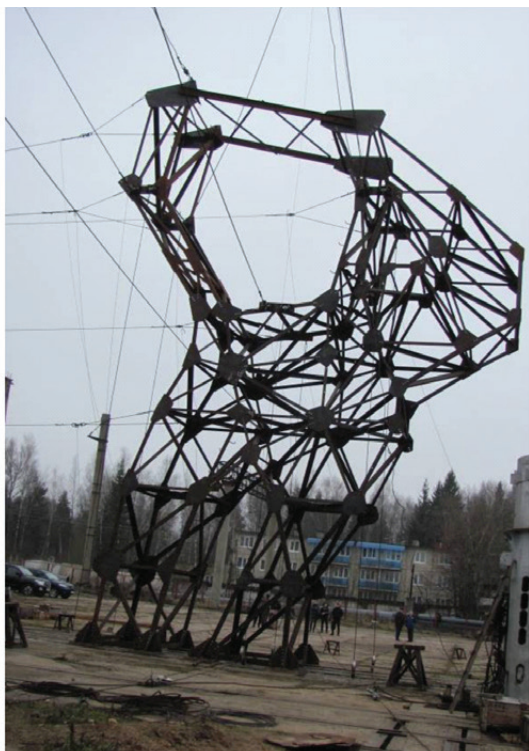


Рис. 7. Испытание единичного экземпляра металлической анкерно-угловой опоры «Барс» для Олимпиады в г. Сочи в 2014 г.

3. Испытания эстетических опор.

3.1 Испытание единичного экземпляра металлической анкерно-угловой опоры УТР110-1 «Лыжник» для Олимпиады в г. Сочи в 2014 г. Разработчик ЗАО «Сетьстрой». **Рис. 6.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру V;
- район по гололеду V;
- общая высота опоры — 32,3 м;
- высота до подвески крайних фаз — 29,6 м;
- до средней — 28,0 м.
- вес опоры — 29 058 кг.

3.2 Испытание единичного экземпляра металлической анкерно-угловой опоры «Барс» для Олимпиады в г. Сочи в 2014 г. Разработчик ЗАО «Сетьстрой». **Рис. 7.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру V;
- район по гололеду V;
- общая высота опоры — 22,0 м;
- высота до подвески крайних фаз — 12,0 м;
- до средней — 9,0 м.
- вес опоры — 29 058 кг.

3.3 Испытание единичного экземпляра металличе-

ской анкерно-угловой опоры «Футболисты» для Чемпионата по футболу в 2018 г. (Пермская ГРЭС, г. Добрянка). Разработчик ООО «Белэнергомаш — БЗЭМ». **Рис. 8.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру II;
- район по гололеду IV;
- общая высота опоры — 25,1 м;
- габаритный размер вдоль фаз — 2,14 м;
- габаритный размер поперек фаз — 31,65 м;
- высота до подвески фаз 11,35 м;
- вес опоры — 29 058 кг.

3.4 Испытание двухцепной анкерно-угловой многогранной опоры типа АУМ220-2т/25,3. Разработчик ООО «АГИС Инжиниринг». **Рис. 9.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру II;
- район по гололеду II;
- высота подвески нижнего провода — 24,5 м;
- высота подвески грозозащитного троса — 40,0 м
- вес опоры — 48400 кг;

3.5 Испытание высотных эстетических двухцепных анкерной угловой стальной решетчатой опоры типа УС500-2/14 и промежуточной стальной решет-

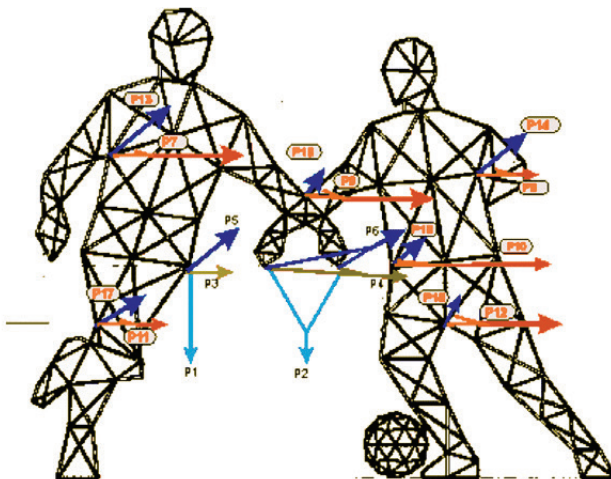
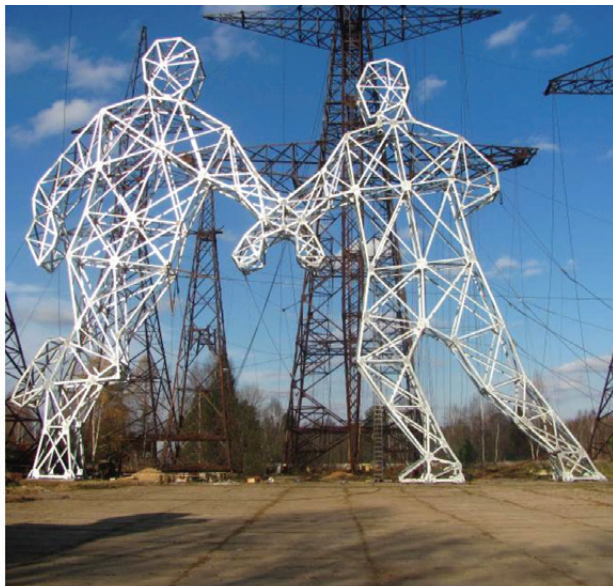


Рис. 8. Испытание единичного экземпляра металлической анкерно-угловой опоры УТР110-1 «Футболисты» для Чемпионата по футболу в 2018 г.

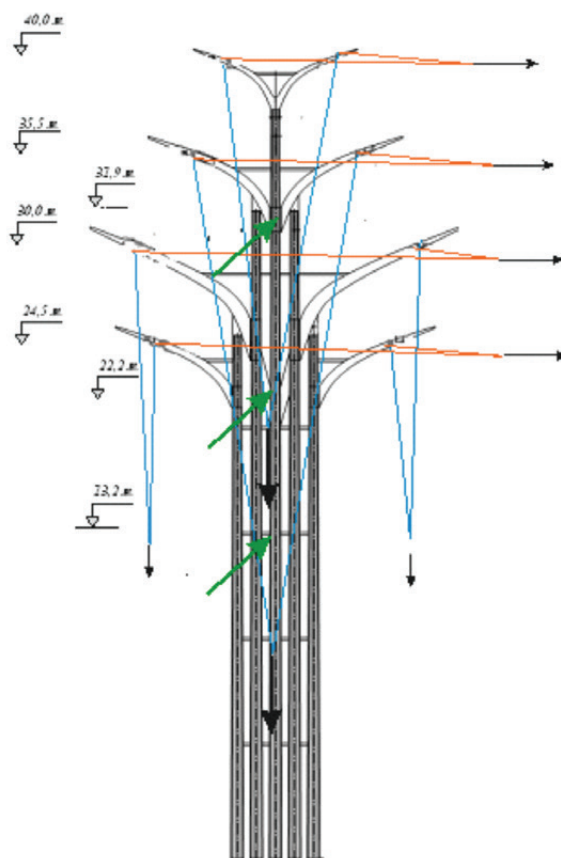


Рис. 9. Испытание двухцепной анкерно - угловой многогранной опоры типа АУМ220-2т/25,3.



Рис. 10. Испытание двухцепных анкерной угловой стальной решетчатой опоры типа УС500-2/14 и промежуточной стальной решетчатой опоры типа ПС500-2/28,5

чатой опоры типа ПС500-2/28,5. Разработчик ООО «СевЗапРегионСтрой». **Рис. 10.**

Таблица 3. Основные характеристики опор:

Параметр	УС500-2/14	ПС500-2/28,5
район по ветру	II	II
район по гололеду	II	II
высота опоры, м	49,9	40,8
расстояние до подвески нижнего провода траверсы, м	14,0	28,5
база опоры, м	9,3*9,3	5,78*3,554
вес опоры, кг	51845	17977

4. Испытание высотных опор

Таблица 4. Основные характеристики опор:

Параметр	АВУМ-110-60/80	АВУР-110-60/80
район по ветру	II	II
район по гололеду	II	II
высота опоры, м	79,2	79,2
расстояние до нижней траверсы, м	60	60
база опоры, м	6,0*6,0	6,0*6,0
вес опоры, кг	40505	50740

4.1 Испытание промежуточной опоры АВУМ-110-

60/80 и анкерно-угловой опоры АВУР-110-60/80 для ВЛ 110 кВ. Разработчик ЗАО «Завод ЭСКОН». **Рис. 11.** Испытание опор проводилось двумя секциями.

4.2 Испытание молниеотводов на базе высокомастовой опоры со стационарной короной типов ВГН-50/2-МЗ-001, ВГН-70/3-МЗ-001, ВГН-83/3-МЗ-001, ВГН-90/3-МЗ-001.

Разработчик АО «Амира». **Рис. 12.**

Основные характеристики опор:

- район по ветру II;
- снеговой район IV;
- высота мачт — 50,0; 70,0; 83,0 и 90,0 м.

5. Испытание железобетонных секционированных опор для ВЛ 110-500 кВ.

Таблица 5. Основные характеристики опор:

Параметр	СПБ110-3П	СПБ110-4П
район по ветру	II - III	II - III
район по гололеду	II - III	II - III
высота опоры, м	28,4	29,3
расстояние до нижней траверсы, м	25	17,9
вес опоры, кг	8390	8910

Разработчик ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест».

5.1 Испытание железобетонной промежуточной

опоры 2СПБ500-3В для ВЛ 500 кВ. **Рис. 13.**

Основные характеристики опоры:

- район по ветру II — IV;
- район по гололеду II — V;
- высота опоры — 29,7 м;
- длина секций стоек ККС26.1 — 13 м;
- расстояние до нижней траверсы — 25 м;
- база опоры — 14 м.

5.2 Испытание одноцепной и двухцепной промежуточных железобетонных секционированных опор **СПБ110-3П** и **СПБ110-4П**. **Рис. 14.**

5.3 Испытание одноцепной и двухцепной анкерно-угловых железобетонных секционированных опор СУБ110-1Ф и СУБ110-2Ф. **Рис. 15.**

Таблица 6. Основные характеристики опор:

Параметр	СУБ110-1Ф	СУБ110-2Ф
Параметр	II - III	II - III
район по ветру	II - III	II - III
район по гололеду	17,50	19,20
высота опоры, м	10,0	9,3
расстояние до нижней траверсы, м	5 и 10	5 и 10
длина секций, м	8835	9733

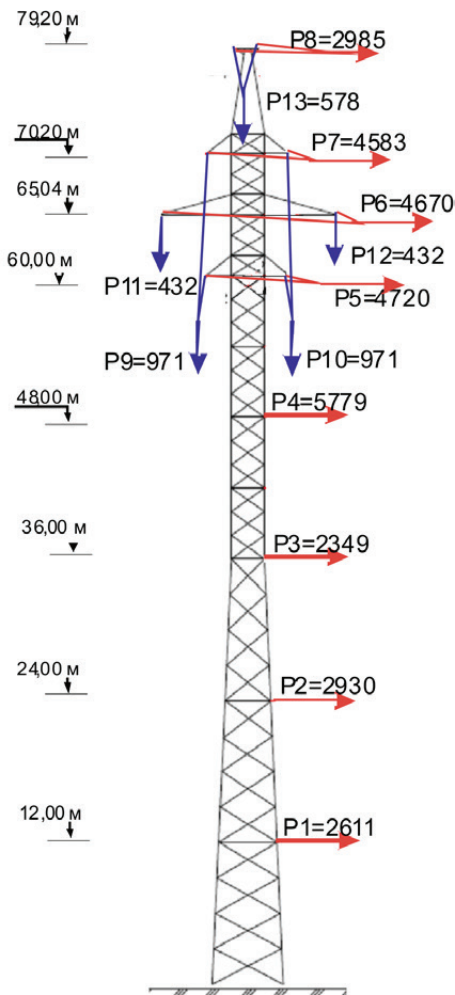


Рис. 11. Испытание промежуточной опоры АВУМ-110-60/80 и анкерно — угловой опоры АВУР-110-60/80 для ВЛ 110 кВ



Рис. 12. Испытание молниеотводов на базе высокомачтовой опоры со стационарной короной типов ВГН-50/2-МЗ-001, ВГН-70/3-МЗ-001, ВГН-83/3-МЗ-001, ВГН-90/3-МЗ-00



Рис. 13. Испытание железобетонной промежуточной опоры 2СП500-3В из секционированных стоек



Рис. 14. Испытание одноцепной и двухцепной промежуточных железобетонных секционированных опор СПБ110-3П и СПБ110-4П.



Рис. 15. Испытание одноцепной и двухцепной анкерно — угловых железобетонных секционированных опор СУБ110-1Ф и СУБ110-2Ф

ООО «Инженерный центр ОРГРЭС»
г. Москва
+7 (495) 150 38 54
info@orgres-ec.ru
www.orgres-ec.ru



Применение атмосферостойких сталей в конструкциях линий электропередачи, мостов и контактной сети электрифицированных железных дорог

АО «ЦНИИС»

Шелест А. И., к.т.н., ведущий научный сотрудник отделения электрификации железных дорог

АО «ВНИИЖТ»

Конюхов А. Д., д.т.н., главный научный сотрудник

Одним из перспективных направлений в повышении защиты строительных конструкций от атмосферной коррозии — является применение атмосферостойких сталей (АСТ).

В действующих разделах строительных норм СНиП 11 23-85 «Металлические конструкции. Защита конструкций от коррозии» практически отсутствует термин «атмосферостойкая сталь», однако указаны марки сталей, обладающие повышенной стойкостью к атмосферной коррозии: 10ХНДП (типа Кортен), 10ХСНД, 15ХСНД (ГОСТ 1991).

В соответствии с СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» определяются три степени агрессивного воздействия среды: слабо-, средне-, сильноагрессивная. По ГОСТ 15150 тип атмосферы устанавливается в зависимости от содержания в воздухе коррозионно-активных агентов — сернистого газа и хлоридов:

1 тип атмосферы — сернистый газ — не более 4 мг/м² сутки, хлориды — не более 0,3 мг/м² сутки; 2 тип атмосферы — сернистый газ 4-200 мг/м² сутки, хлориды — 0,3-2 мг/м² сутки; 3 тип атмосферы — сернистый газ 4-20 мг/м² сутки; хлориды — 2-2000 мг/м² сутки. Первый тип атмосферы соответствует сельской атмосфере, вдали от промышленных объектов; второй тип — атмосфере промышленных районов; третий тип — морской атмосфере. По данным Японии конструкции из атмосферостойкой стали (АСТ) можно эксплуатировать без окраски на расстоянии 5–20 км от морского побережья в зависимости от среднегодовой температуры. Ограничений для промышленной атмосферы нет. В Европе разработаны Евронормали, согласно которым конструкции из АСТ должны располагаться на определенном расстоянии от земли, деревьев и

других объектов, затрудняющих циркуляцию воздуха. И не должны иметь поверхностей, на которых могут образовываться отложения загрязнений. В Северной Америке и Японии существуют стандарты на АСТ: «Горячекатаная сталь, стойкая к атмосферной коррозии для сварных конструкций, JIS 3114»; «Стальной прокат с наивысшей стойкостью к атмосферной коррозии, JIS G 3125». Аналогичные стандарты имеются в Европе. С учетом зарубежного опыта более 90% протяженности Российских железных дорог пригодны для эксплуатации металлоконструкций из атмосферостойких сталей. Хотя конструкции из АСТ при изготовлении могут быть до 20–30% дороже, суммарные затраты жизненного цикла металлоконструкций из углеродистых сталей получаются до 30 % больше, чем из неокрашиваемой атмосферокоррозионностойкой стали.

В России имеется многолетний опыт применения неокрашиваемых несущих конструкций из атмосферостойкой стали. Опыт эксплуатации без окраски в течение более двадцати лет 24-х ригелей жестких поперечин из стали марки 10ХНДП на Северо-Кавказской железной дороге в районе г. Шахты (Донбасс), а также ригелей из стали 14ХГНДЦ на станциях Несветай-Ростовский, Несветай-Донецкий, Михайло-Леонтьевская свидетельствует об их удовлетворительном состоянии. Пролетные строения мостов, находящиеся в эксплуатации без окраски в течение около тридцати лет из атмосферостойкой стали марки 14ХГНДЦ на железных дорогах: Юго-Восточной, Южно-Уральской, Восточно-Сибирской не имеют — отслаивающихся продуктов коррозии. При электрификации участка Карамыш-Петров Вал — Котельниково — Сальск Приволжской и Северо-Кавказской железных дорог в 2001–2003 гг. на Волгоградском заводе было изготовлено 5 тыс. тонн ригелей жестких



поперечин из стали 14ХГНДЦ (Ф). На участке Залари-Головинское и станции Тайшет Восточно-Сибирской ж. д. установлено 140 ригелей; на участке Ружино-Губерово Дальневосточной железной дороге — 473 ригеля. Всего находятся в эксплуатации около 12 тыс. тонн не окрашиваемых несущих конструкций контактной сети из стали 14ХГНДЦ. По данным Октябрьской железной дороге металлические опоры из АССТ марки 14ХГНДЦ на участке Петрозаводск — Медвежья Гора вблизи бумажного комбината (г. Кондопога) эксплуатируются с 2001 года без окраски. При осмотре через 8 лет установлено отсутствие отслаивающихся продуктов коррозии. Изменение толщины листового проката произошло в пределах допуска для листового проката по ГОСТ 19903-2015. Защитная оксидно-гидроксидная пленка формируется в процессе атмосферной коррозии в течение 4–6 лет, потеря массы составляет 1–3 мкм в год. В дальнейшем коррозия практически прекращается. В настоящее время на строительстве автодороги Санкт-Петербург — Москва М-11 атмосферостойкая сталь марки 14ХГНДЦ, ГОСТ Р 55374-2012 применена для путепровода на ПК 2565-44,29 км 208 — км 258, а также моста через р. Шошу. Срок службы конструкций из атмосферостойкой стали без окраски может составлять 75–100 лет. Инновационная марка атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ имеет более высокие, чем у стали 10ХНДП (типа Кортен) механические свойства. Так, временное сопротивление и предел текучести больше на 30%, ударная вязкость и морозостойкость выше в 2–2,5 раза. Сталь марки 10ХНДП может быть применена при расчетной температуре до минус 50° С включительно; сталь марки 14ХГНДЦ — до минус 65° С. Инновационная марка стали 14ХГНДЦ лучше сваривается и обрабатывается в толщинах более 6 мм, не склонна к трещинообразованию при сварке и при низких температурах в эксплуатации. Для улучшения свариваемости стали 14ХГНДЦ в ее составе снижено содержание кремния по сравнению с «мостовыми» сталями 10ХСНД, 15ХСНД и увеличено содержание марганца. Соотношение содержания марганца к содержанию кремния в сталях марок 15ХСНД:10ХСНД:14ХГНДЦ соответствует значениям: 1:0,7:3,0. По данным МК «Северсталь» стоимость проката из атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ близка к стоимости стали 15ХСНД, конструкции из которой окрашивают. При использовании АСТ не требуется горячая оцинковка, не расходуются невосполнимые природные ресурсы: цинк, свинец, газ и др., а также электроэнергия. Горячее цинкование конструкций энергозатратный процесс: для выплавки 1 тонны стали в электродуговой печи требуется столько же электроэнергии, сколько расходуется при горячей оцинковке 18 тонн стали. При горячем цинковании конструкций

опор линий электропередач расход носителей на 1 тонну конструкций составляет: электроэнергии 22,4 кВт; газа — 82,7 м³, воды — 0,02 м³. Расход цинка составляет от 120 до 275 грамм на квадратный метр при нанесении покрытия, соответственно, с одной или двух сторон.

В настоящее время на строительстве автодороги Санкт-Петербург — Москва М-11 атмосферостойкая сталь марки 14ХГНДЦ, ГОСТ Р 55374-2012 применена для путепровода на участке ПК 2565-44,29 км 208 — км 258 и моста через р. Шошу.

При применении стали марки 14ХГНДЦ масса конструкций уменьшается на 15-20%, трудоемкость изготовления снижается до 20%, достигается экономия энергетических и трудовых ресурсов на 15–30%. В связи с уменьшением массы конструкций нагрузки от атмосферных воздействий (ветер, гололед и др.) снижаются на 30-40%. Учитывая 20-летний положительный опыт эксплуатации без окраски мостов из АСТ, в институте АО «ВНИИЖТ» — разработаны Технические требования к металлическим пролетным строениям железнодорожных мостов из атмосферостойкой стали и Руководство по эксплуатации мостов. Марка стали 14ХГНДЦ включена в СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы», в ГОСТ Р «Прокат из конструкционной легированной стали для мостостроения», а также в Нормы проектирования контактной сети СТН ЦЭ 141-99. Сталь марки 14ХГНДЦ как инновационный строительный материал награждена Медалью 10-го юбилейного форума «Высокие технологии XXI века». Преимущества применения атмосферостойкой стали в строительстве: исключается экологически вредный процесс горячей оцинковки с большими энергозатратами, а также процесс рекультивации земли от последствий цинковального производства. Решается проблема утилизации; практически отсутствуют эксплуатационные расходы, так как не требуется возобновления окраски через 5–7 лет: срок службы конструкций увеличивается в 2–3 раза. Строительные конструкции из АСТ перспективны при освоении районов с суровыми климатическими условиями, имеющих дефицит трудовых и энергетических ресурсов: Забайкалья, Якутии, Чукотки и др.

Как подтверждает отечественный и зарубежный опыт область применения атмосферостойкой стали в транспортном строительстве будет расширяться с использованием исследований институтов: АО «ВНИИЖТ», АО ЦНИИС, ФГУП «ЦНИИчермет им. И. П. Бардина». Атмосферостойкую сталь целесообразно включить в планы обязательного применения в объеме около 5 тыс. тонн в год при производстве строительных конструкций.

В разработке инновационной технологии получения



и применения атмосферостойкой стали решающая роль принадлежит научным исследованиям. На собрании Национальной академии наук США в 2015 г. президент Б. Абама сказал: «Некоторые говорят, что в такое трудное время мы не можем позволить себе инвестировать в науку. Я категорически не согласен.

Наше процветание, безопасность, здоровье, экология и качество жизни сейчас более, чем когда-либо зависят от науки». На фронтоне здания Организации Объединенных Наций есть слова: «Земля — не наша собственность, она дана нам в долг нашими детьми».

Список литературы:

1. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
2. Конюхов А. Д., Шуртаков А. К., Харчевников В. П., Шелест А. И., Воробьева Т. Н. Мосты из атмосферостойкой стали. «Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта», 2011, № 4.

АО «ЦНИИС»
г. Москва
+7 (499) 180 20 42
mail@tsniis.com
www.tsniis.com

АО «ВНИИЖТ»
г. Москва
+7 (499) 260 41 11
mnts@vniizht.ru
www.vniizht.ru



Новые конструктивные решения решетчатых опор ВЛ из сталей повышенной прочности

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС

Компания «Евраз Холдинг» освоила изготовление углового проката из стали повышенной прочности С390, С440 и атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ. В декабре 2014 года согласно постановлению Правительства №1521 утверждён «Перечень национальных стандартов и сводов правил» по проектированию, в которые была внесена данная продукция. В ходе рабочего совещания «Россети» и «Евраз Холдинг» был рассмотрен вопрос разработки типовой линейки опор ВЛ с учетом последних достижений в области производства металлопроката из сталей повышенной прочности и атмосферостойкой стали. Разработка эскизных проектов решетчатых опор 110-220 кВ с применением новых сталей была доверена научно-исследовательской лаборатории конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС).

Использование сталей С390 и С440 в конструкции решетчатых опор позволит снизить металлоемкость опор ВЛ. Атмосферостойкая сталь 14ХГНДЦ позволит сделать решетчатую опору ЛЭП необслуживаемой (не нужно красить и цинковать) на протяжении всего срока службы.

Стоимость тонны высокопрочной стали, указанных марок, на 7%, а атмосферостойкой — на 15% выше стоимости конструкционных сталей массового применения, однако с учетом механических характеристик и отсутствия затрат на эксплуатационное обслуживание опор ВЛ (для атмосферостойкой стали) возможно достичь существенного снижения затрат на жизненном цикле опор ВЛ.

Применение фасона из сталей повышенной прочности С390 и С440 и атмосферостойкой стали 14ХГНДЦ даст максимальный эффект в наиболее массовых изделиях — решетчатых опорах ВЛ 110-750 кВ.

В рамках работы лабораторией НИЛКЭС были выполнены следующие задачи:

— проведены расчеты типовых опор, выполненных из стали Ст3, на их соответствие требованиям современных норм (уточнение пролетов в соответствии с требованиями ПУЭ-7);

— рассчитаны опоры, геометрическая схема которых совпадает со схемой типовых опор, при условии использования сталей С245 (уточнение массы углового проката при сборе нагрузок на опору в соответствии с требованиями ПУЭ-7);

— рассчитаны опоры, геометрическая схема которых совпадает со схемой типовых опор, при условии использования сталей повышенной прочности С390 (С440) (уточнение массы углового проката при сборе нагрузок на опору в соответствии с требованиями ПУЭ-7);

— были проведены поиски новой геометрии опор при сохранении высоты подвески нижнего провода для минимизации массы конструкции при использовании высокопрочной стали. Были рассмотрены и рассчитаны несколько вариантов решетки опор. Сделан выбор оптимальных решений по параметру минимума массы опор.

— выполнено технико-экономическое сравнение вариантов рассмотренных конструкций.

К рассмотрению выбраны наиболее часто используемые следующие марки типовых опор, изначально разработанных на требования ПУЭ-6:

— Промежуточная П110-5В инв.№ 11520тм-т.1 (Рис. 1.1);

— Анкерно-угловая У110-1+9 инв.№ 3078тм-т.10 (Рис. 2.1);

— Промежуточная П220-2 инв. № 3080тм т.6. (Рис. 3.1).

Результаты анализа расчетов типовых схем опор П110-5В, У110-1+9, П220-2, выполненных из сталей С245 и С390 с учетом требований ПУЭ-7:

— только лишь за счёт оптимизации сечений элементов типовой опоры на конкретные нагрузки для стали С245 возможно сократить массу элементов углового проката на 8,4, 15,8, и 4,6% соответственно;

— подбор сечений элементов при использовании стали С390 дает уменьшение массы уголков на **11,3, 19,2, 9,5%** относительно массы указанных типовых опор.

Для существенного снижения массы опор необхо-

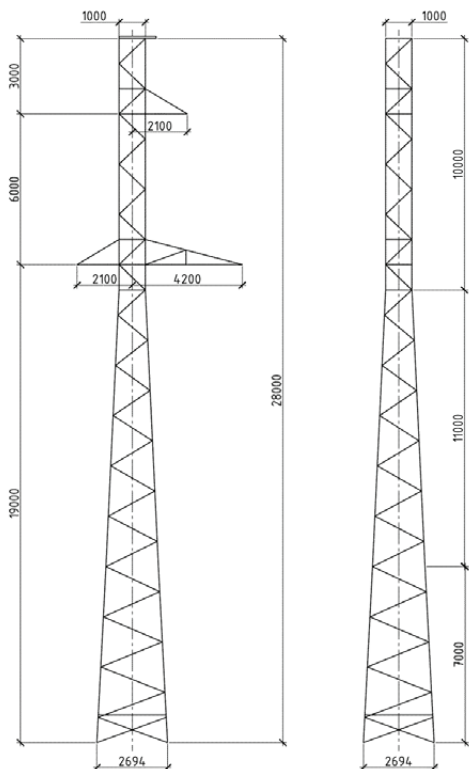


Рис. 1.1. П110-5В типовая, инв № 11520тм-т.1

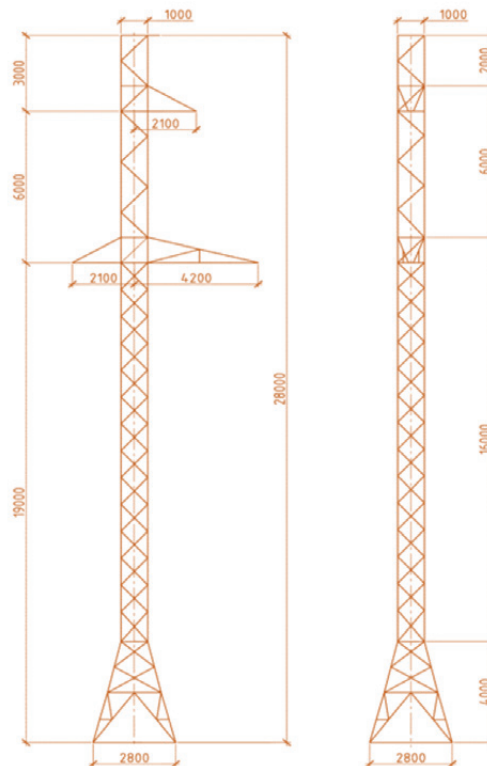


Рис. 1.2. П110-5ВМ с модернизированной решеткой

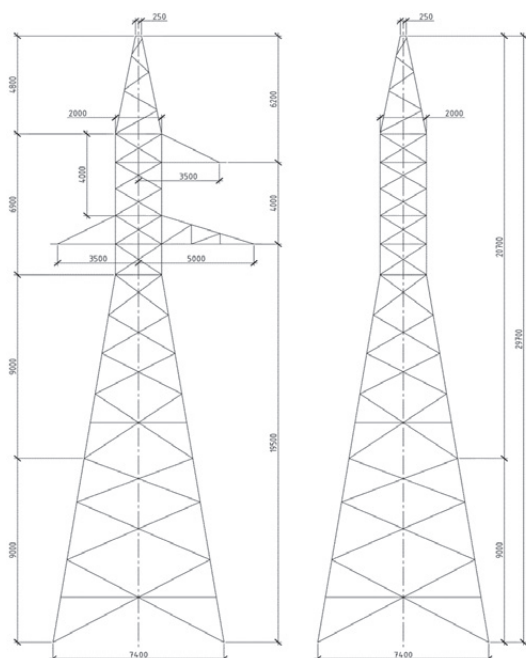


Рис. 2.1. Рис. 2.1 У100-1+9 типовая, инв № 3078тм-т.10

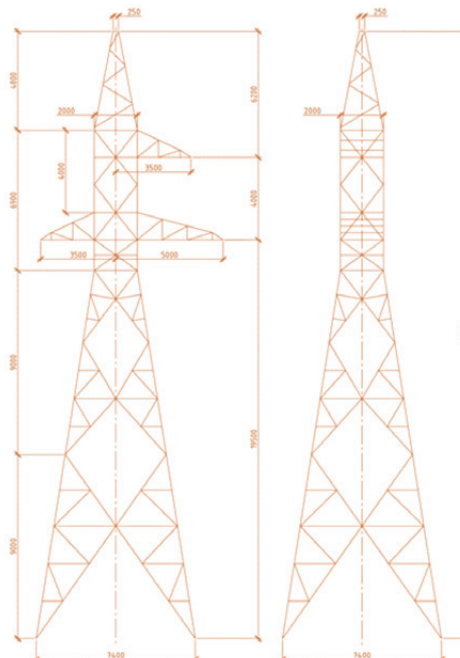


Рис. 2.2. У100-1+9М с модернизированной решеткой

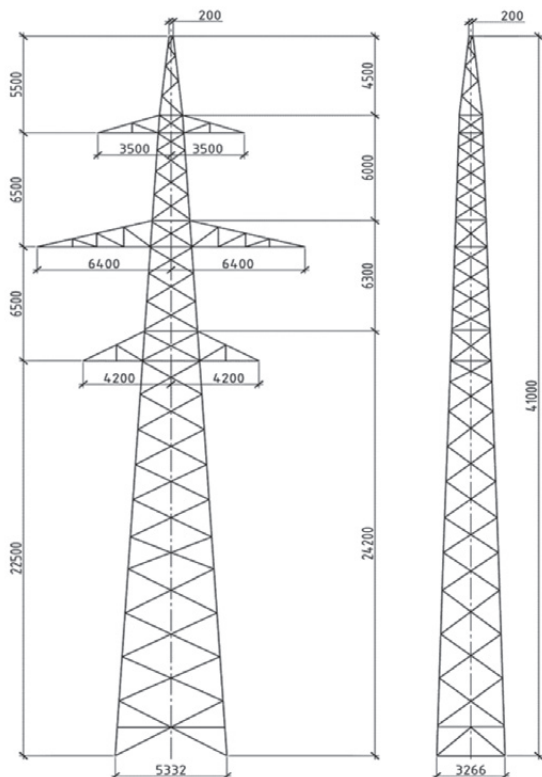


Рис. 3.1. П220-2 типовая, инв № 3080тм-т.б

димо было изменить геометрическую схему опоры, которая была оптимальной для унифицированных конструкций при использовании стали марки Ст3. Так как определяющим фактором при выборе поперечного сечения элементов в башенных опорах является требование обеспечения устойчивости элементов, то сократить массу (поперечное сечение) элементов опоры можно только уменьшая свободную длину элементов, работающих на сжатие. Для этого необходимо подобрать геометрическую схему опоры, используя возможность установки шпренгелей.

В процессе поиска геометрической схемы опоры, имеющей минимальный вес при заданном уровне нагрузок, было рассмотрено (рассчитано) несколько вариантов конструктивных решений для промежуточных опор 110, 220 кВ и анкерной опоры 110 кВ. В результате, для окончательного сравнения были выбраны схемы опор, дающие максимальный эффект в части минимизации массы конструкций. Для маркировки уже оптимизированных опор к индексу типовых конструкций была добавлена буква М (модернизированные): П110-5ВМ (Рис. 2.1), У110-1+9М (Рис. 2.2.), П220-2М (Рис. 3.2).

При сравнении стоимости опор разных геометрических схем, выполненных из обычных и высокопрочных сталей принята в расчет стоимость металла (уголкового

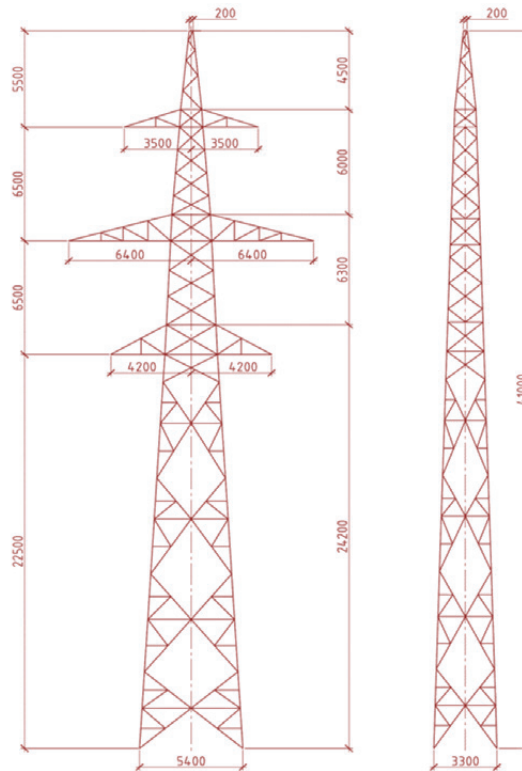


Рис. 3.2. П220-2М с модернизированной решеткой

профиля), стоимость изготовления и стоимость защиты от коррозии. Информация о стоимости принята в современном уровне цен по данным заводов изготовителей.

Для оценки возможного экономического эффекта от применения оптимизированных опор, использующих сталь С390 и атмосферостойкую сталь С345-14ХГНДЦ на объектах ПАО «Россети» была определена экономия при строительстве 1 километра ВЛ 110 кВ при использовании модернизированных опор. Определен возможный объем использования модернизированных опор на объектах ПАО «Россети». При этом учтено, что они могут быть использованы при строительстве как ВЛ 110 кВ, так и ВЛ 35 кВ, строящихся в габаритах 110 кВ. На основании данных о размере экономии при строительстве 1 км ВЛ 110 кВ и возможного объема строительства определен размер годовой экономии в масштабах ПАО «Россети».

Результаты сравнительного анализа стоимости типовых опор с оптимизированными:

- модифицированные опоры из стали С390 легче типовых опор на 17-34%. За счёт этого их стоимость ниже на **12-31%**;

- модифицированные опоры из атмосферостойкой стали С345 (14ХГНДЦ) легче типовых опор на 16-32%, если также учесть условие, что отсутствуют затраты на защитные покрытия (например, горячего цинкования),



их стоимость ниже на 28-43%;

— расчет модернизированных схем опор для стали С440 показало, что ее использование в конструкциях при заданном уровне нагрузок не дает дополнительной выгоды по массе. Эта сталь может быть целесообразной в более нагруженных конструкциях, например, при увеличении района по ветру, гололёду или региональных коэффициентов.

Результаты экономического эффекта от использования модернизированных опор:

— применение модернизированных опор на строящихся ВЛ 110 кВ показывает экономию до 37,5% (до 335 тыс. руб. на 1 км ВЛ);

— годовой экономический эффект от применения модернизированных опор на объектах ПАО «Россети» (1160 км/год) может составлять 390 млн. рублей.

Вывод:

Проведенное исследование доказало эффективность использования фасона из сталей повышенной прочности С390, С440 и атмосферостойкой стали С345-14ХГНДЦ для опор ВЛ. Результаты расчета экономического эффекта от использования модернизированных опор показали целесообразность разработки для ПАО «Россети» новых проектов унифицированных опор ВЛ из высокопрочных сталей с оптимизацией схем решетчатых конструкций.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, nilkes.pф

Быстромонтируемые болтовые ростверки для опор ВЛ напряжением 110-750 кВ

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Романов П.И., к.т.н., заместитель заведующей НИЛКЭС

Касаткин С.П., начальник сектора НИЛКЭС

Трухина Т.А., инженер I категории НИЛКЭС

Свайные фундаменты широко используются для закрепления в грунте опор ВЛ. В строительстве прошлого века использовались только железобетонные сваи, и в 70х годах был создан типовой проект унифицированных металлических ростверков для объединения железобетонных свай для фундаментов опор ВЛ. Однако, в новом веке строительные технологии стремительно развивались и в 2000-х годах началось внедрение винтовых металлических свай, в том числе и для фундаментов опор ВЛ. Их применение позволяет использовать более легкую технику и материалы, взамен тяжелых буровых и сваебойных систем. Этот аспект является принципиальным преимуществом винтовых свай, особенно для отдаленных районов строительства, таких как районы Крайнего Севера. Для фундаментов на винтовых сваях в 2008-ом году лабораторией НИЛКЭС был создан проект металлических ростверков.

На **Рис. 1** представлен узел соединения винтовой сваи и ростверка. Ростверк выполнен из двух параллельно направленных швеллеров, усиленных ребрами жесткости. Ростверк соединяется со сваем посредством сварки. Разработанная конструкция надежна и широко

используется по настоящий момент. Преимуществом конструктивного решения данного проекта является то, что за счёт сварки на пикете есть возможность объединения свай, даже если они имеют максимально допустимые отклонения от проектного положения.

Техническое решение с применением сварного узла соединения винтовых свай с ростверком безусловно эффективно, но со стороны удобства сборки и монтажа имеет свои недостатки. Основная проблематика рассматриваемого проекта заключается в большом объеме сварных работ на один фундамент. Так как на один ростверк приходится порядка 340 метров сварного шва, то на монтаж одного ростверка необходима целая группа сварщиков, а работы по сборке длятся порядка 3-4 дней, в свою очередь, это значительно увеличивает время сборки и стоимость фундамента в целом. При этом, нужно отметить, что процесс не только долгий, но и очень трудоемкий, особенно, если говорить, о заболоченных и труднопроходимых территориях.

На **Рис. 2** представлена линия 750 кВ Ангара-Камала, значительный участок которой проходит по заболоченным территориям. При сборке фундаментов под опоры

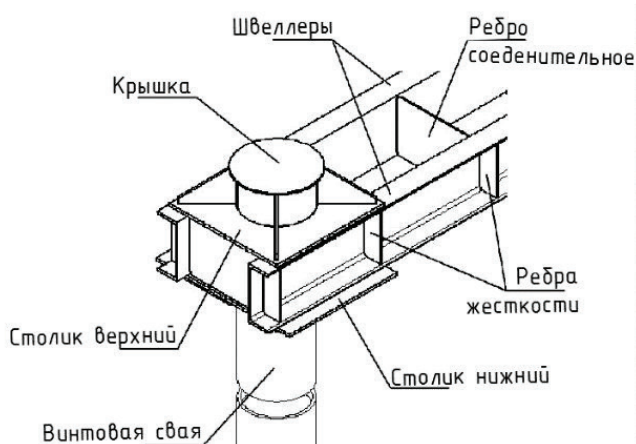


Рис. 1. Сварной узел соединения винтовой сваи с ростверком проекта серии 20006тм



Рис. 2. Монтаж ВЛ 750 кВ «Ангара»-«Камала»



ВЛ сварщикам приходилось работать в тяжелых условиях и производить сварные работы лежа на вручную возведенных плотках.

С проблемой высоких трудозатрат на монтаж фундаментов столкнулись и при строительстве ВЛ 750 кВ «Белозерская» — «Ленинградская», на линии которой насчитывается 835 опор, а количество фундаментов составляет 3540 штук. В 2017 году инженеры НИЛКЭС начали работу по поиску технического решения по вопросу снижения трудозатрат на монтаж металлических ростверков для винтовых свай.

Идеология нового конструктивного решения (Рис. 3) осталась прежней, балка ростверка также выполнена из параллельно направленных швеллеров, но что является отличительной особенностью нового проекта перед существующим решением? В конструкции фундамента разработан новый узел крепления сваи к

ростверку (Рис. 4).

В новом проекте свая соединяется с ростверком с помощью одного болта, который закрепляется в теле сваи. В верхний конец сваи устанавливается специальный закладной элемент, который крепится к свае посредством шпильки, шпилька опирается на специальные накладки, которые устраиваются для того, чтобы избежать перекоса шпильки, так как отверстие сваи в полевых условиях может быть сделано неровно (например, газом). Закладной элемент имеет прорези, соответствующие форме головки болта. Свая также снабжена столиком для установки на него балки ростверка.

Рассмотренная конструкция была успешно изготовлена и смонтирована при строительстве опоры №99 ВЛ «Белозерская» — «Ленинградская» (Рис. 5). По итогам сборки болтового ростверка в реальных условиях был

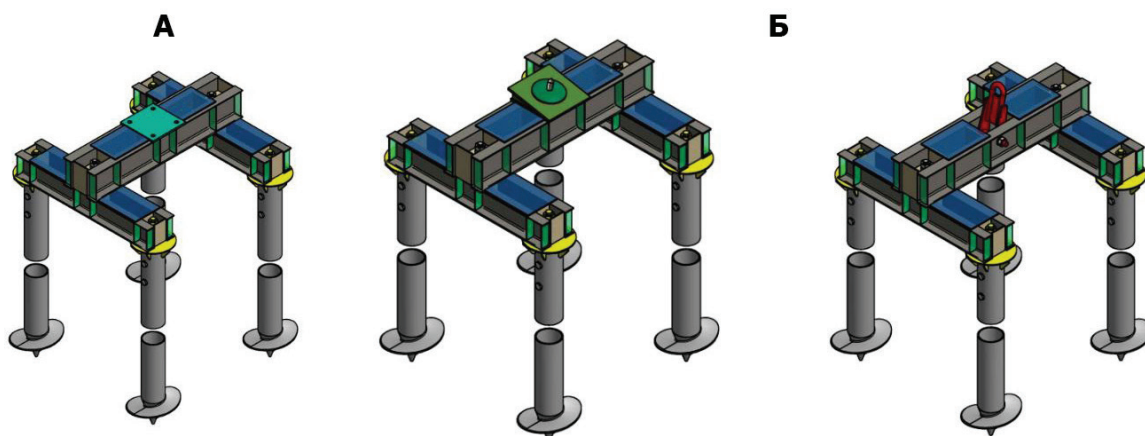


Рис. 3. Конструкция фундаментов для ВЛ 750 кВ «Белозерская» - «Ленинградская» а) – под башенные опоры б) – под опоры на оттяжках

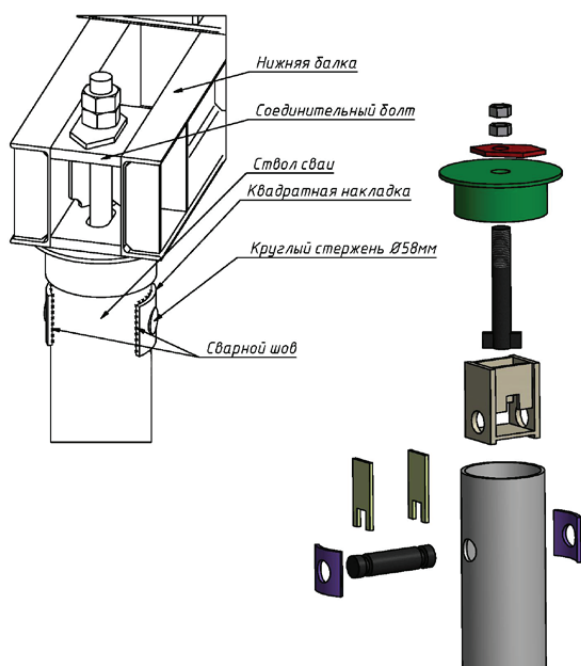


Рис. 4. Узел соединения сваи с ростверком посредством одного болта

сделан вывод, что внедрение разработанных фундаментов снизит сроки монтажа ростверка с 3-4 дней до половины-одного дня.

Идея болтового стыковочного узла металлических свай с ростверком также нашла свое применение при

НИОКР по разработке мероприятий по повышению надежности действующих ВЛ АО «Тюменьэнерго». В рамках работы инженерами НИЛКЭС разработаны свайные фундаментные конструкции для надежного закрепления опор в пучинистых грунтах. Тело разработанной сваи представляет собой полую металлическую трубу. На Рис. 6 представлен новый вариант узла крепления сваи к ростверку. Что является отличительной особенностью этого решения? В данном случае, свая соединяется с ростверком специальной опорной частью, которая врезается в тело сваи на пикете и крепится к телу ростверка шестью болтами.

Одним из перспективных направлений развития в строительстве, является использование атмосферостойких сталей повышенной прочности. Лаборатория НИЛКЭС активно работает над созданием актуальных проектов с применением этих сталей. Для получения большей экономической выгоды и снижения расхода металла, разработаны проекты с абсолютно новыми расчетными схемами болтовых быстровозводимых ростверков. Модель нового ростверка — каркасная и выполняется из профилей квадратного сечения (**Рис. 7**). Внедрение нового проекта позволит сократить расход металла более, чем в два раза.

Результаты работы:

В ходе разработок болтовых быстровозводимых ростверков лабораторией НИЛКЭС были созданы:

— узел объединения винтовой сваи с ростверком



Рис. 5. Сборка фундамента под опору №99 ВЛ 750 кВ «Белозерская» — «Ленинградская»

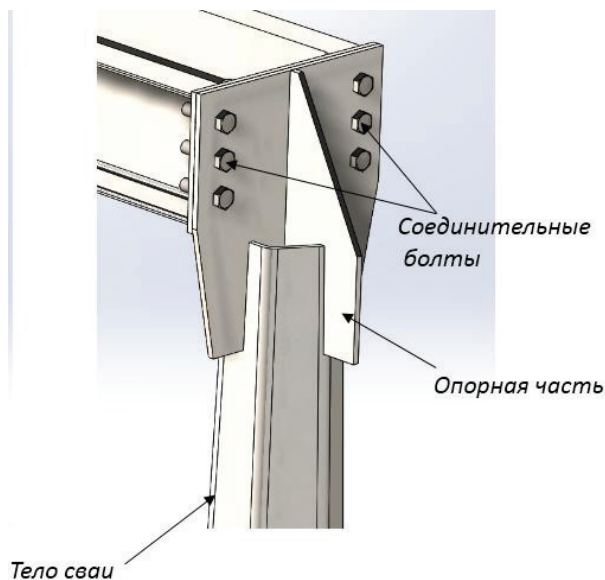


Рис. 6. Узел соединения сваи с ростверком посредством врезки опорной части в тело сваи

посредством одного болта, устанавливаемого в тело сваи с помощью закладного элемента;

— узел объединения металлической полой сваи с телом ростверка посредством врезки опорной части, в тело сваи с последующим соединением с балкой ростверка с помощью болтов;

— перспективный проект фундамента с принципиально новой конструктивной схемой, выполненной из труб квадратного сечения с применением атмосферостойких сталей повышенной прочности.

По итогам разработок была выдана следующая рабочая документация:

— Серия рабочих чертежей конструкций ростверков с болтовым соединением элементов для фундаментов башенных опор и опор на оттяжках для ВЛ 750 кВ «Белозерская-Ленинградская»;

— Серия рабочих чертежей конструкций двухсвайных фундаментов с болтовыми ростверками, выполненных в рамках НИОКР «Разработка мероприятий по повышению надежности действующих ВЛ АО «Тюменьэнерго».

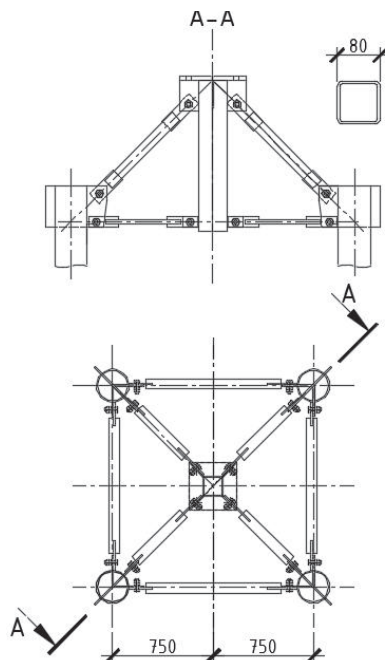


Рис. 7. Проект болтового быстровозводимого ростверка из труб квадратного сечения с применением атмосферостойких сталей повышенной прочности

Патентная составляющая работы:

— Получен патент на полезную модель «Многосвайный фундамент опоры линии электропередач» с применением одноболтового узла соединения сваи с ростверком;

— Подготовлены проекты патентов двухсвайного фундамента с применением болтового узла соединения сваи с ростверком посредством врезки специальной опорной части.

Технико-экономическое обоснование внедрения:

— Применение новых болтовых узлов крепления свай с ростверком позволит сократить время сборки фундамента в 4 раза;

— Внедрение проектов конструкций фундаментов с новыми расчетными схемами, выполненных из атмосферостойких сталей повышенной прочности позволит снизить расход металла более чем в 2 раза.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, nilkes.pф



Провода нового поколения — особенности проектирования и опыт эксплуатации ВЛ 6÷220 кВ

ООО «Ламифил»

Фёдоров Н.А., директор по развитию

Модернизацию электросетевого комплекса в части реновации и строительства ВЛ тесно связывают с проводами нового поколения (ПНП). При их производстве используются новые конструкции на основе профилированных проволок, а также инновационные материалы, включая специальные алюминиевые сплавы, термообработанный алюминий, высокопрочные стали с антикоррозионным покрытием и композитные материалы. Благодаря этому сегодня ПНП существенно превосходят традиционные сталеалюминиевые провода по прочности, проводимости (при сравнимом диаметре, погонной массе или пропускной способности) и стойкости к воздействию внешних климатических факторов при эксплуатации.

ПНП серийного производства — особенности конструкций

Инновационные провода из списка «Оборудование, технологии и материалы, допущенные к применению на объектах ПАО «Россети» и Реестра инновационных решений, опубликованных на сайте ПАО «Россети» по эксплуатационным критериям можно условно разделить следующие категории:

- провода облегченные из алюминиевого сплава — марка АААС-Z;
- провода повышенной прочности и стойкости — марки ААССРZ; АСК2у (и АСКу), АСВП
- провода термостойкие — марки АССС, GZTACSR, АСТ, АСПТ, АСПТк, АСПТз, АСВТ, АСТУ, АСКПТУ.

Компактированные провода марок Аску, АСК2у, АСПТк, АААС-Z, ААССРZ и АССС® в сравнении с проводами АС имеют меньший диаметр при сравнимом эффективном сечении, гладкую поверхность и крутильную жёсткость, что определяет их стойкость к гололёдным и ветровым нагрузкам, более высокую надёжность. По конструкции провода с внешними повивами из Z-образной проволоки имеют более высокую стойкость к механическим повреждениям; им

не грозит эффект «птичьей клетки» при нарушениях тяжения при монтаже проводов, их надёжность выше.

Для удешевления процесса производства компактированных проводов технологические операции, связанные с профилированием проволоки до скрутки провода, заменяют на механическое обжатие готового провода, скрученного из круглой проволоки, таким образом придавая проводу компактированную форму. И хотя сегодня такие провода марок АСВП и АСВТ, а также АСТУ и АСКПТУ присутствуют на рынке по ценам ниже других компактированных проводов, нужно иметь в виду, что мирового опыта их применения пока нет, как нет и продолжительного опыта их эксплуатации в условиях разных климатических районов России.

Дополнительное преимущество для термостойких (высокотемпературных) проводов высокой пропускной способности даёт наличие в их конструкции зазора между несущим сердечником и токопроводящей частью (ТПЧ). Это решение позволяет снизить коэффициент температурного линейного удлинения провода до $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, что характерно для стали (для проводов АС значение коэффициента находится в интервале $18,3 \div 19,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). Это обеспечивает минимальные значения стрелы провеса провода при его нагреве, позволяет увеличить длины пролетов и, соответственно, уменьшить количество опор (и фундаментов), снижая стоимость строительства по сравнению с применением менее дорогого провода.

Новые материалы для ПНП — новое качество продукции

Для изготовления ПНП с улучшенными механическими и электрическими свойствами используется катанка из специальных сплавов повышенной прочности и/или повышенной проводимости. Так, для проводов АААС-Z и ААССРZ используется катанка из сплава Al-Mg-Si. Улучшенный сплав повышенной проводимости обеспечивает проводам снижение удельного электри-



Рис. 1. Провод АССС® на многогранных опорах ВЛ 220 кВ ПС «Орбита» — ПС «Спутник», Калужская область, 2013 г.

ческого сопротивления на 6-7%. Термостойкий сплав TAL используется для проводов с максимальной рабочей температурой 150°C, сплав ZTAL — для проводов более высокой пропускной способности с максимальной рабочей температурой 210°C.

Высокопрочная оцинкованная стальная проволока, выполненная на основании требований стандарта EN 50189-2000 применяется для производства сердечников в проводах AACSRZ и GZTACSR с разрывным усилием 1640÷1790 Н/мм². Такие провода значительно прочнее стандартных с сердечниками из проволоки, изготовленной в соответствии с ГОСТ 9850 с разрывным усилием 1200÷1300 Н/мм². Композитный сердечник для провода АССС® имеет прочность на разрыв не менее 2157 Н/мм² (на 35-40% прочнее сердечника АС) и примерно в 3,5 раза меньшую массу, а также не подвержен электрохимической коррозии.

Традиционные материалы (электрохимический алюминий и стандартная оцинкованная стальная проволока), применяемые в проводах АС, при меньшей стоимости не позволяют достичь тех более высоких механических и электрических характеристик, которые обеспечивают ПНП. С другой стороны, большое разнообразие проводов вызывает трудности выбора как у заказчиков, так и у проектировщиков. К тому же узкая специализация провода приводит к снижению его спроса и повышению себестоимости из-за небольших объемов производства. Маркетинговая политика производителей новых проводов, которые любыми



Рис. 2. Провод GZTACSR на многогранных опорах ВЛ 110 кВ ПС «Очаково» — ПС «Фили», Москва, 2016 г.



Рис. 3. Провод AAAC-Z на решетчатых опорах ВЛ 220 кВ Крымского энергомота, п-ов Тамань, 2016

способами стремятся продвинуть свой продукт на рынок, грешит неподтвержденными преимуществами и завышенными характеристиками. Назрела необходимость разработки нового стандарта, который бы определил перечень характеристик проводов, которые производитель должен внести в свои каталоги и подтвердить протоколами испытаний. Все расчетные характеристики, например, максимально-допустимые токи при различных внешних температурах, должны рассчитываться проектными институтами на основе согласованных методик. Это позволит избежать технических ошибок, повысить качество проектирования и обеспечить равные условия всем производителям проводов для ВЛ.

Опыт применения ПНП в России

Референс-лист российского завода ООО «Ламифил» насчитывает несколько десятков реализованных проектов за 5 лет работы предприятия. По многим из них мы имеем положительные отзывы заказчиков, подтверждающие заявленные нами преимущества, высокое качество продукции и надежность работы ВЛ с энергоэффективными проводами нашего производства.

Примером масштабного использования ПНП в России является реализация проекта четырёх ВЛ 220 кВ Крымского энергомота (Фото 3). В период 2015-2016 гг. для реализации проекта было поставлено более 2000 км провода марки AAAC-Z455-2Z. В отзывах по эксплуатации проводов Ламифил заказчики отмечают, что «за истекший период эксплуатации каких-либо технологических нарушений с указанным проводом не

выявлено. В зимний период ... гололедообразование и пляска проводов на ВЛ не наблюдалась.»

Факторы, препятствующие массовому внедрению инновационных решений

Не смотря на очевидные технические преимущества ПНП перед традиционными проводами, в настоящее время существует ряд сдерживающих факторов для их массового внедрения в практику отечественного электросетевого комплекса. В первую очередь, это более высокая стоимость ПНП по сравнению с проводами АС, которые по-прежнему являются самыми массовыми при строительстве ВЛ в России и странах СНГ.

Снижение цен на инновационные провода до уровня, который позволит начать их широкое внедрение, является основным, но не единственным вопросом, который требует разрешения. Некоторые требования ПУЭ, такие, например, как выбор провода минимального сечения по максимально-допустимому току, препятствуют выбору инновационного провода с учетом всех его преимуществ по проводимости, прочности и пропускной способности. Например, благодаря меньшей удельной массе наиболее эффективным оказывается провод из алюминиевого сплава большего сечения, чем по требованиям ПУЭ, выбранный по массе, сравнимой с массой АС. В этом случае удается добиться существенного снижения потерь (тепловых и потерь на корону) и меньшей стоимости владения линии в итоге. Среди других требований, которые необходимо пересмотреть, ограничения диаметра провода по короне без учета гладкости провода и учет в механическом расчете для всех проводов одинаковой



Рис. 4. Провод АААС-Z на деревянных опорах ВЛ 110 кВ, Чукотка, 2018 г.

стенки гололеда, в том числе, для термостойких проводов с рабочей температурой гораздо более 100°C.

Таким образом, назрела острая необходимость обновления нормативно-технической базы электроэнергетики, устаревшие положения которой не стимулируют заказчиков и проектировщиков к применению инновационных решений, проектные и эксплуатационные требования при строительстве и реконструкции линий электропередачи закладываются с достаточно высоким по современным меркам уровнем потерь, а недостаточный уровень надежности требует увеличения ежегодных затрат на ремонтные программы сетевых организаций.

Требования к опорам для ПНП

Для использования преимуществ ПНП необходимы некоторые доработки типовых опор с учетом большей прочности проводов, меньшего провеса, повышенной рабочей температуры. Как показал опыт проектирования с ПНП, провес типовых грозотросов ограничивает увеличение длин пролетов ВЛ. Возможные решения этой проблемы:

- увеличить высоту тросостойки, подняв грозотрос;
- доработать тросостойку, увеличив тяжение грозотроса;
- опустить верхние траверсы, обеспечив большее тяжение верхних фаз.

Уменьшенные стрелы провеса позволяют снизить

высоту опор, но при этом необходимо обеспечить более высокое тяжение проводов.

Наконец, повышенная рабочая температура проводов (особенно в период гололедообразования на элементах ВЛ) позволяет снизить нагрузку на траверсы опор и другие элементы ВЛ за счет невозможности гололедно-изморозевых отложений на проводах. Таким образом, для эффективного применения ПНП с учетом всех их преимуществ необходимы типовые комплексные решения «опоры-провода-грозотросы».

Перспективы применения ПНП

Сфера применения ПНП широкая. Успешный опыт работы компании Ламифил на российском рынке и опыт ее зарубежных партнеров позволяют акцентировать наиболее востребованные и перспективные направления применения различных ПНП:

- провода компактированные с композитным сердечником, как самые энергоэффективные, но и самые дорогие — для «умных сетей» и реконструкции с минимальными затратами на модернизацию инфраструктуры (например, без замены опор);
- провода термостойкие повышенной пропускной способности — для вывода мощности объектов генерации с перепадами выдаваемой мощности (ВИЭ), либо для сетей с большими перепадами потребляемой мощности;
- провода, усиленные высокопрочным стальным сердечником — для больших переходов;



— провода компактированные облегченные из прочного алюминиевого сплава — для массового применения, как замена проводов типа АС.

Выводы:

1. Провода нового поколения для ВЛ утверждают свое превосходство над традиционными сталеалюминевыми проводами, подтверждают экономическую эффективность, обеспечивая выполнение главной задачи — повышение энергоэффективности и обеспечение надёжности электроснабжения потребителей. Для массового применения инновационных проводов необходимо дальнейшее снижение стоимости материалов, оборудования, издержек производства, что возможно за счёт роста спроса на данную продукцию, увеличения количества проектов с применением ПНП.

2. Обоснованные технические требования на этапе подготовки проекта позволят определить целесообразность применения ПНП, а при правильном выборе комплексных решений «опоры-провода-грозотросы» — использовать все преимущества инновационных проводов при реализации проекта для достижения

максимальной энергоэффективности.

3. Оптимизация ремонтных программ электросетевых организаций может дать необходимые ресурсы для применения инновационных решений (включая ПНП), повышающих надёжность электросетей, снижающих аварийность и риски отключений потребителей. В свою очередь, это повысит спрос на эту продукцию и подтолкнет производителей к наращиванию объемов производства, к снижению цен.

4. Сравнительный экономический анализ вариантов строительства (или реконструкции) ВЛ с использованием традиционных и инновационных решений позволяет выбрать оптимальное решение с учетом всех факторов, влияющих на стоимость владения энергообъекта:

- стоимость СМР;
- снижения потерь электроэнергии;
- обеспечение резерва пропускной способности линии;
- повышение надёжности электропередачи путем снижения количества технологических нарушений и предотвращения недопуска электроэнергии потребителям.

ООО «Ламифил»

г. Углич

+7 (499) 346 21 03

info@lamifil.su

www.lamifil.su; www.ламифил.рф

Поиск вариантов восстановления опоры ВЛ 220 кВ в Карелии

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
Бондарева Е.О., инженер I категории НИЛКЭС
Трухина Т.А., инженер I категории НИЛКЭС

Статья посвящена описанию подхода при выборе способа обеспечения надежной работы типовой опоры П220-2т, получившей в процессе эксплуатации сверхнормативные отклонения макушки.

Двухцепная металлическая опора №12 (207) находится в составе ЛЭП ВЛ 220 кВ Кондопога-Медвежьегорск и ВЛ 220 кВ Кондопога-Кондопога (Л-214). Опора марки П220-2т разработана в рамках Типового Проекта «Унифицированные стальные нормальные опоры ВЛ

220 и 330 кВ» 3.407-100, (Рис. 1).

Особенностью расположения опоры является ее установка на крутом склоне скальной гряды, перекрытой с поверхности малоомощным чехлом четвертичных отложений. Перепад высот в месте выхода железобетонного фундамента составляет 1400 мм на длине 4350 мм. Подвижка фундаментов стала причиной неравномерной осадки и подвижки фундамента, что привело к отклонению оси опоры от вертикали (Рис. 2).



Рис. 1. Двухцепная опора №12 (207) на трассе ВЛ 220 кВ Кондопога – Медвежьегорск и ВЛ 220 кВ Кондопога-Кондопога (Л-214), марка – П220-2Т



Рис. 2. Отклонение опоры №12 от вертикали

Геодезический мониторинг отклонения от вертикали оси опоры в течение нескольких лет показал, что

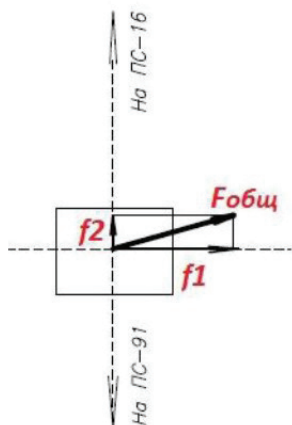


Рис. 3. Схема определения общего отклонения оси опоры от вертикали

Таблица 1. Мониторинг отклонений от вертикали оси опоры №12

№ п/п	Дата мес.год	Отклонение от вертикали, м			Допустимое отклонение, м
		f1	f2	Fобщ	Fдоп
1	10. 2016	1,12	0,42	1,20	0,20
2	03. 2017	1,25	0,66	1,41	0,20
3	08. 2017	1,28	0,59	1,41	0,20
4					

общее отклонение (**Рис. 3**) превышает допускаемое значение почти в 7 раз (**табл. 1**)

С целью предотвращения последующих неравномерных осадок в 2017 году произведены работы по усилению столбчатых фундаментов. Было проведено объединение отдельно стоящих четырех столбчатых фундаментов в единый П-образный монолитный железобетонный фундамент (**Рис. 4, 5**).

Выполненное 2017 году полное техническое обследование опоры показало следующее:

- конструкция опоры №12 марки П220-2т соответствует требованиям Типового Проекта «Унифицированные стальные нормальные опоры ВЛ 220 и 330 кВ» 3.407-100;

- фактические постоянные нагрузки от проводов, грозозащитного троса и ВОЛС не превышают предусмотренные проектом значения;

- степень воздействия среды на конструкцию, характеризуется, как неагрессивная;

- коррозионный износ элементов составляет не более 5%;



Рис. 4. Столбчатый фундамент до усиления

- видимых дефектов элементов решетки опоры не обнаружено, состояние металлоконструкций можно оценить, как нормативное;

- отклонение оси опоры от вертикали превышает допустимые значения.

На основании результатов обследования техниче-



Рис. 5. Усиленный П-образный монолитный фундамент

ское состояние опоры №12 оценилось, как ограниченно работоспособное. В следствии чего, было принято решение о проведении ремонтных работ.

Проект по ремонту двухцепной опоры №12 (207) на трассе ВЛ 220 кВ Кондопога — Медвежьегорск и ВЛ 220 кВ Кондопога-Кондопога (Л-214) был доверен лаборатории НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест». В процессе поиска решения поставленной задачи лабораторией было рассмотрено два варианта проведения ремонтных работ.

Первым вариантом восстановления опоры, предусмотренным в Техническом задании к работе, являлось ее выравнивание в проектное положение. Рассмотренный вариант включал в себя следующие процессы:

- отключение ВЛ;
- демонтаж проводов на всем анкерном пролете;
- усиление элементов опоры путем дублирования, установка дополнительных диафрагм для обеспечения необходимой жесткости конструкции;
- выправка опоры тяговым механизмом;
- укрепление фундамента;
- восстановление работы ВЛ.

Вариант ремонтных работ с выправкой опоры был изначально рассмотрен заказчиком, как единственно возможный. В ходе анализа и разработки проекта по выправке опоры инженеры НИЛКЭС пришли к выводу, что такое техническое решение будет очень затратным, так как включает в себя сложные технические процессы и требует отключения линии. Процесс выправки также усложняют конструктивные особенности решетчатой опоры, элементы которой обладают повышенной гибкостью. Для решения вопроса сокращения трудозатрат был разработан второй вариант восстановления опоры.

Второй вариант ремонта предусматривает сохранение опоры в текущем положении и закреплении существующих фундаментов. Этот вариант возможен в том случае, если металлические конструкции опоры, с учетом дополнительных нагрузок за счет отклонения оси стойки от вертикали, способны выдержать нагрузки, на которые она была рассчитана при проектировании ВЛ.

Для проверки несущей способности опоры в программных комплексах были рассчитаны усилия в элементах (Рис. 6). Проверка сечений элементов производилась в соответствии со строительными нормами и правилами, действующими на момент проектирования данной ВЛ – СНиП II-B.3-72 и ПУЭ-5. В расчете учитывалось отклонение верхушки опоры, определенное при проведении предпроектного обследования.

Расчеты показали, что запас прочности в максимально нагруженном раскосе в средней секции

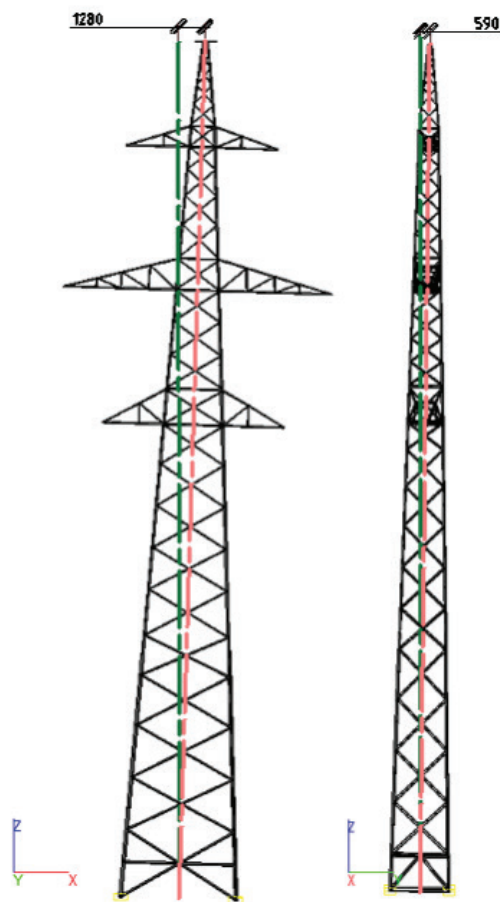


Рис. 6. Расчетная схема из программы SCAD

(слабейшем элементе опоры) составил 17%, из чего следует, что усиление опоры не требуется. Нужно отметить, что несущая способность опоры обеспечена только при условии сохранения опоры в текущем положении. Дальнейшие подвижки могут вывести опору за пределы соответствия требованиям норм. Для того, чтобы не допустить увеличение отклонения опоры, принято решение о необходимости надежной фиксации фундамента.

Для закрепления существующего фундамента было принято решение об использовании буроинъекционных свай из трубчатых винтовых штанг. Схема закрепления фундамента представлена на Рис. 7. Буроинъекционные сваи снабжены буровыми коронками для скальных грунтов (Рис. 8), которые позволяют осуществлять забуривание и в существующий железобетон фундаментов, и в скальное основание. Решение о целесообразности применения буроинъекционных свай было обусловлено следующими факторами:

- надежное сцепление с грунтом;
- высокая производительность и низкая стоимость

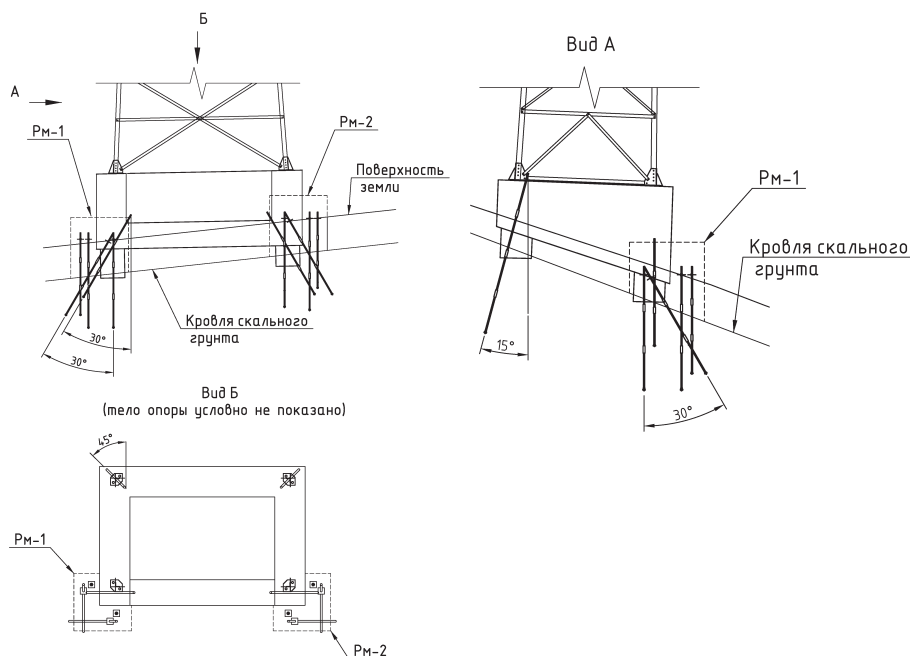


Рис. 7. Закрепление фундамента с помощью буроинъекционных свай

работ за счет одновременного инъецирования и бурения;

- экономия на подготовке к работам;
- высокая скорость доставки и низкая итоговая стоимость;
- возможность забуривания при помощи ручного перфоратора без использования сложных буровых установок.

После погружения свай их головы объединяются монолитным железобетонным ростверком (РМ-1, РМ-2). Существующий фундамент объединяется с новым монолитным ростверком при помощи анкерующих стержней (**Рис. 9**).

Объединение монолитного ростверка с существующим фундаментом опоры

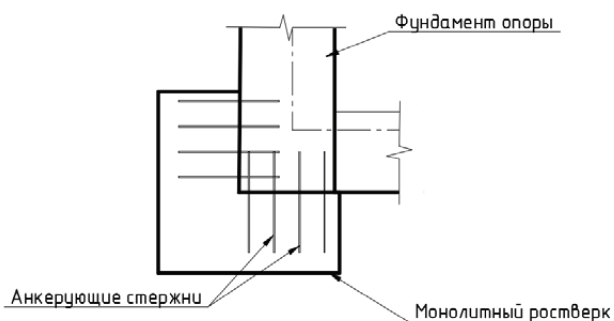


Рис. 9. Объединение монолитного ростверка с существующим фундаментом опоры

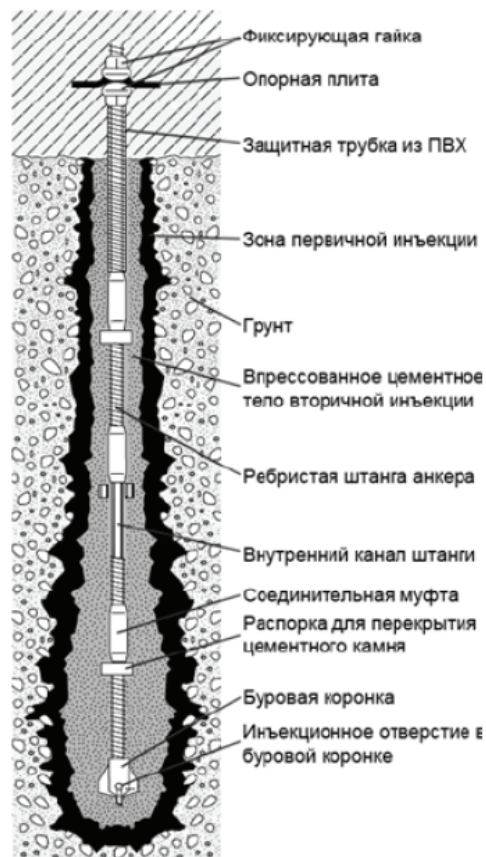


Рис. 8. Конструкция буроинъекционной сваи



Результаты работы:

- Рассмотрены два варианта восстановления опоры №12 (207) на трассе ВЛ 220 кВ Кондопога – Медвежьегорск и ВЛ 220 кВ Кондопога- Кондопога (Л-214):
 1. Выправка опоры в проектное положение тяговым механизмом и проведение мероприятий по усилению фундамента;
 2. Сохранение опоры в текущем состоянии с ее фиксацией посредством надежного закрепления и стабилизации существующего фундамента.
- По результатам анализа соответствия элементов опоры нормам СНиП II-V.3-72 и ПУЭ-5, было принято решение о возможности сохранения опоры в текущем положении с фиксацией фундамента во избежание последующих подвижек.
- По проекту ремонтных работ разработаны и вы-

даны следующие документы:

- пояснительная записка;
- рабочая конструкторская документация по усилению фундамента;
- проект организации строительства;
- смета на строительство.

Выводы:

Проведение расчетов деформированной конструкции с учетом нагрузок от реальных пролетов на линии, дополнительных усилий в элементах за счет крена оси опоры выявило существующие запасы прочности и позволило предложить наиболее экономичное решение для обеспечения надежности типовой конструкции, получившей в процессе эксплуатации недопустимые отклонения.

НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 309 39 61
info@nilkes.ru
www.nilkes.ru, nilkes.pf



Комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор при проведении аварийно-восстановительных работ на ВЛ 220-500 кВ: от разработки к эксплуатации

Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ

Павлов А.И., главный специалист отдела «Линий электропередачи»

Введение

В настоящее время, доля ВЛ находящихся в эксплуатации более 40 лет составляет значительную часть от общей протяженности линий. В связи со значительным износом упомянутых воздушных линий, возрастает вероятность и технологических нарушениях на ВЛ, связанных с выходом опор из строя. В настоящее время на линиях электропередачи напряжением 220-500 кВ в России применяется более 300 разновидностей конструкций опор, в том числе разработанных до унификации, при «старой» и «новой» унификациях. При выполнении аварийно-восстановительных работ возникает необходимость замены поврежденных опор на соответствующие по техническим параметрам опоры. Но при формировании аварийного резерва довольно сложно выполнить комплектование опорами аварийного резерва всех типов существующих опор.

Для быстрого восстановления электроснабжения потребителей, при выходе опор из строя, требуется их замена в максимально сжатые сроки.

Для решения этой задачи филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ, выполнил разработку комплекта для сборки и установки быстромонтируемых опор на ВЛ 220-500 кВ для нужд ПАО «ФСК ЕЭС».

Комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор может быть использован не только при проведении ремонтно-восстановительных работ по замене опор воздушных линий номинальным напряжением 220-500 кВ (при авариях на линиях), но и в работах по проектированию обводных участков линий для реконструкции или ремонта отдельных опор или участков воздушных линий, а также для временных перезаводов ВЛ при реконструкциях ПС.

В ходе выполнения работы был изготовлен опытный образец опоры из комплекта и проведены механиче-

ские испытания. Кроме этого, на опытном образце была апробирована технология монтажа.

Были разработаны конструкторская документация на комплект и технологическая документация по монтажу опор, а также получен патент на полезную модель.

Комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор

Комплект на сборку быстровозводимых опор представляет собой набор однотипных составных частей опоры, фундаментов для закрепления оттяжек опоры, механизмов и приспособлений для монтажа, такелажа и инструментов.

Полный сборочный комплект размещается в стандартных шестиметровых автомобильных контейнерах. Количество контейнеров зависит от требуемого количества опор для единовременной установки. Такое размещение комплекта позволяет упростить хранение, доставку и сократить время сборов и подготовки к выезду на место аварийно-восстановительных работ.

В комплект входят сборочные элементы, в объеме, необходимом для сборки определенного количества опор в зависимости от класса напряжения ВЛ и типа опор аварийного участка.

Основная секция стойки опоры представляет собой сварную пространственную решетчатую конструкцию, выполненную из типового, широко распространенного стального уголкового проката. Массогабаритные характеристики позволяют производить выгрузку, сборку и монтаж без применения тяжелой техники. Опорные и подвесные изоляторы, входящие в состав изолирующих траверсов, а также линейная арматура, являются стандартными изделиями заводского производства.

В комплект могут быть включены один или не-

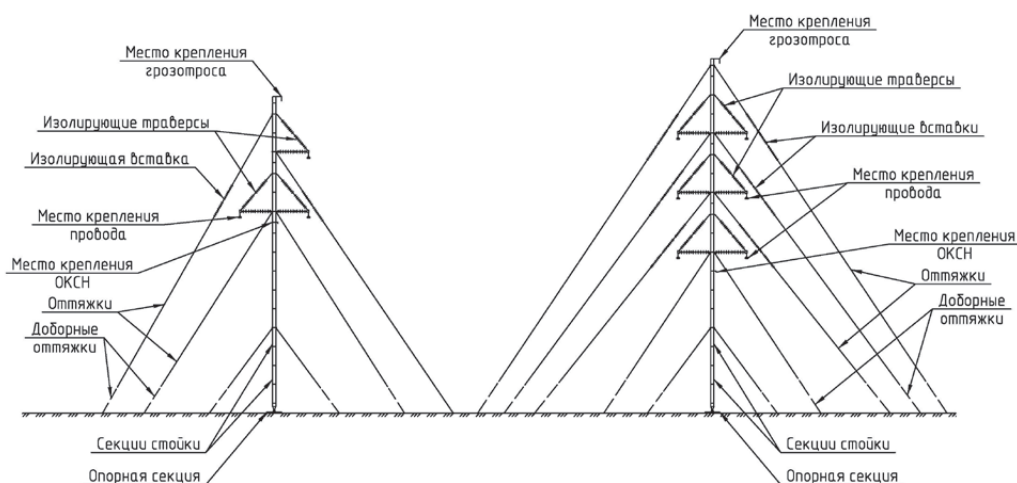


Рис. 1. Схемы одностоечных опор (1, 2 цепи)

сколько типов фундаментов для оттяжек в зависимости от конкретной потребности для различных грунтовых условий.

Также в состав комплекта входят все инструменты и приспособления необходимые для сборки и монтажа опор. При необходимости в комплект быстромонтируемой опоры могут быть дополнительно включены специальные механизмы и средства малой механизации.

Область применения комплекта

Использование комплекта для сборки и установки быстромонтируемых опор особенно актуально при прохождении восстанавливаемой ВЛ в удаленных и труднодоступных местностях, доставка новых конструкций в которые или их монтаж носят сезонный характер. А также в тех случаях, когда по различным причинам невозможно быстрое восстановление электроснабжения с использованием стационарных опор, использующихся в качестве опор аварийного резерва. Комплект предназначен для восстановления электроснабжения на аварийном участке до момента установки стационарных опор.

Сборочные схемы опор из элементов комплекта

Комплект для сборки и установки состоит из типовых сборочных элементов. В зависимости от внешних условий и типа стационарной аварийной опоры изменяются сборочные схемы и количество используемых быстромонтируемых опор (БМО).

Разработаны три основные сборочные схемы БМО: одностоечные промежуточные опоры на оттяжках одно- или двухцепные для ВЛ 220, 330 кВ, одностоечная одноцепная анкерно-угловая опора на оттяжках для

ВЛ 220 кВ и порталные одноцепные промежуточные опоры на оттяжках для ВЛ 330, 500 кВ.

Одностоечная промежуточная опора представляет собой пространственную конструкцию, состоящую из ствола (стойки), оттяжек и изолирующих траверс. Ствол опоры состоит из отдельных однотипных секций, соединяемых между собой на монтаже. Ствол опирается через пространственный шарнир на опорный узел, поверхностного фундамента. Ствол опоры удерживается в проектом положении несколькими ярусами оттяжек. На стволе на требуемых отметках через монтажные узлы закреплены изолирующие траверсы для подвески проводов фаз — три траверсы для одноцепной опоры и шесть траверс для двухцепной. В верхней части ствола предусмотрен узел для крепления одного или двух грозозащитных тросов. Для подвески ОКСН предусмотрен съемный узел крепления, устанавливаемый в стык секций. Схемы одностоечных опор представлены на **рисунке 1**.

Одностоечная анкерно-угловая опора представляет собой пространственную конструкцию, состоящую из ствола (стойки), оттяжек, натяжных изоляторов и изолирующих траверс. Конструктивное исполнение анкерно-угловой опоры идентично промежуточным одностоечным опорам, за некоторыми отличиями: провода фаз и грозотрос крепятся к стойке через натяжные изоляторы, изолирующие траверсы предназначены для обводки шлейфа. Расположение проводов вертикальное.

Портальные опоры представляют собой пространственную конструкцию, состоящую из двух стоек, оттяжек, изолирующих и цепной траверс. Стойки между собой раскреплены затяжками, в проектом положе-

Таблица 1. Основные характеристики базовых схем БМО.

Характеристика	Одноцепная 220 кВ	Двухцепная 220 кВ	Одноцепная 330 кВ	Двухцепная 330 кВ	Одноцепная портальная 330 кВ*	Одноцепная портальная 500 кВ*	Анкерно- угловая 220 кВ
Высота опоры, м	42,5	49,6	43,6	48,8	38	42,8	32
Количество основных секций, шт.	18	22	18	20	30	32	16
Количество ярусов оттяжек, шт.	4	5	4	5	3	3	4
Количество фундаментов для закрепления оттяжек, шт.	12	18	12	20	14	14	16
Масса опоры в целом, кг	4,47	6,05	4,97	7,19	7,37	7,95	4,27

* — для порталных опор указаны характеристики с учетом двух стоек.

Максимальная длина секции – 2,6 м. Максимальная масса одной секции не превышает 150 кг.

нии стойки удерживаются тремя ярусами оттяжек. Каждая из стоек опирается, через пространственный шарнир на поверхностный фундамент. С внешних сторон каждой из стоек установлены изолирующие траверсы для подвески крайних фаз. В центре, между стоек монтируется изолирующая цепная траверса для подвески проводов средней фазы. В верхних частях каждой из стоек предусмотрены узлы подвески гро-

зозащитных тросов.

Конструкция быстромонтируемых опор разработана таким образом, чтобы соответствовать по основным геометрическим параметрам типовым опорам: высоте до нижнего провода, расположению фаз, расстоянию между фазами. Такое решение обеспечивает установку минимального количества БМО взамен аварийной стационарной опоры.

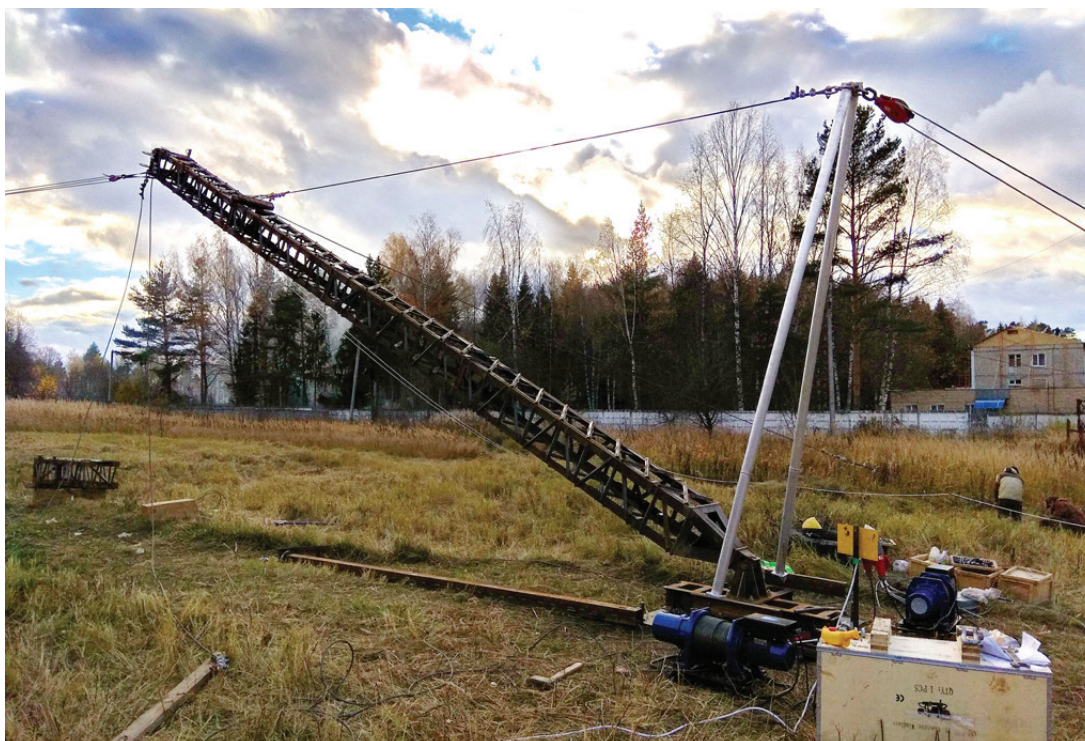


Рис. 2. Подъем первых секций стойки методом поворота.



Рис. 3. Посекционное наращивание стойки.

В таблице 1 представлены основные характеристики базовых схем БМО.

Монтаж опор комплекта

Быстромонтируемые опоры имеют возможность быстрого разворачивания при использовании легких монтажных механизмов, такелажа и средств малой механизации, без использования тяжелой строительной техники. Расчетное время сборки и монтажа одной опоры от 6 ч.

При разработке комплекта для сборки и установки опоры была разработана технология монтажа и монтажные приспособления.

Вне зависимости от сборочных схем монтаж осуществляется однотипно.

Монтаж осуществляется методом посекционного наращивания при помощи самоподъемного монтажного крана, перемещающегося по стойке с помощью лебедки установленной в основании стойки.

Монтаж опор состоит из следующих основных операций:



Рис. 4. Монтаж изолирующих траверс

- монтаж фундаментов оттяжек;
 - сборка и установка опорной плиты стойки опоры;
 - сборка в горизонтальном положении нижних секций стойки, их подъем и раскрепление оттяжками первого яруса. Подъем первых секций стойки представлен на **рисунке 2**;
 - сборка и закрепление на нижних секциях самоподъемного крана и его подъем на верхнюю секцию смонтированной части стойки;
 - последующее наращивание стойки с поэтапной установкой изолирующих траверс и оттяжек верхних ярусов, монтаж проводов. Посекционное наращивание стойки представлено на **рисунке 3**. Монтаж изолирующих траверс представлен на **рисунке 4**;
 - демонтаж монтажного крана и других монтажных приспособлений;
 - преднатяжение оттяжек до проектных значений.
- Перестановка монтажного крана осуществляется при помощи лебедки. Кран перемещается по специальным деталям крепления (направляющим), закрепленным на поясе стойки.
- Для монтажа проводов и тросов на элементах траверсы предусмотрены места для крепления монтажных блоков. В целях обеспечения удобства и безопасности монтажа проводов, предусмотрены подвесные пло-

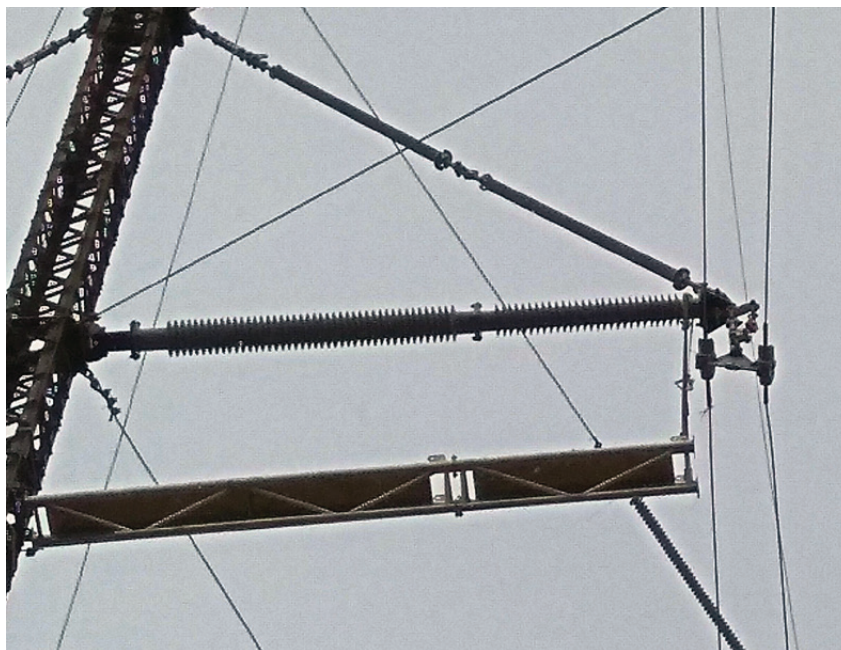


Рис. 5. Изолирующая траверса с монтажным трапом

щадки. Изолирующая траверса с монтажным трапом представлены на **рисунке 5**. Монтажные площадки сборные и подходят для установки на траверсах опор 220, 330 и 500 кВ.

Отработка монтажа опоры

Монтаж опоры проводился в три основных этапа. Первый этап без проведения высотных работ состоял из подготовительных операций, сборки первых секций стойки в горизонтальном положении и их подъема при помощи монтажной мачты и ручных лебедок в вертикальное положение. На втором этапе, при помощи самоподъемного крана закрепленного на стойке опоры, двумя монтажниками-высотниками, методом посекционного наращивание монтировалась стойка с по ярусным раскреплением её оттяжками. На заключительном этапе на стойку монтировались изолирующие траверсы и монтажные площадки.

Применение комплекта совместно с программным обеспечением

При возникновении аварийных ситуаций на ВЛ основным фактором является скорость проведения аварийно-восстановительных работ. Подготовительные работы, проводимые ещё до выезда на место аварийно-восстановительных работ, являются неотъемлемой и немаловажной частью всего цикла работ.

Полная готовность комплекта опоры, инструментов и приспособлений для монтажа не всегда являются га-



Рис. 6. Быстромонтируемая опора ВЛ 330 кВ



рантией незамедлительного начала проведения работ.

В связи с обширной областью применения БМО, необходимо оперативно и наиболее оптимально выбрать сборочные схемы опор, определить необходимое количество опор и их расстановку на восстанавливаемом участке. Для решения этих и многих других задач было разработано программное обеспечение (ПО), поставляемое вместе с комплектом для сборки и установки быстромонтируемых опор.

При возникновении аварийной ситуации, на обслуживаемом ВЛ предприятии и имеющем в своем распоряжении комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор, оператор в кратчайшие сроки при помощи программного обеспечения может подготовить всю необходимую документацию необходимую

для устранения аварий при помощи комплекта БМО.

Выводы

Разработанный комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор является универсальным инструментом для устранения аварий на ВЛ 220-500 кВ и организации временных подключений. Применение комплекта позволит упростить аварийное восстановление ВЛ и, как следствие, сократить время аварийного реагирования и проведения аварийно-восстановительных работ, а также — снизить затраты на недоотпуск электроэнергии потребителям, на формирование и содержание аварийного резерва. На рисунке 6 представлена смонтированная быстромонтируемая опоры ВЛ 330 кВ.

Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ
г. Новосибирск
+7 (383) 244 06 02 (доб.157)
office@ntcsib.ru, pavlov@ntcsib.ru
www.ntc-power.ru



Программное обеспечение в составе комплекта для сборки и установки быстромонтируемых опор

Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ

Павлов А.И., главный специалист отдела «Линий электропередачи»

Введение

Филиалом АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ разработан комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор для проведения аварийно-восстановительных работ на ВЛ 220-500 кВ для нужд ПАО «ФСК ЕЭС». Кроме этого, комплект может быть использован при проектировании временных обводных участков ЛЭП, для реконструкции или ремонта отдельных опор, или участков ВЛ.

Комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор разработан для применения на ВЛ 220-500 кВ расположенных в различных климатических условиях с подвеской различных марок проводов и тросов. Из сборочных элементов комплекта формируются различные схемы опор в зависимости от исходных условий.

При возникновении аварийных ситуаций на ВЛ основным фактором является скорость устранения аварии. Подготовительные работы, проводимые ещё до выезда на место аварийно-восстановительных работ, являются неотъемлемой и немаловажной частью всего цикла работ.

Полная готовность комплекта опоры, инструментов и приспособлений для монтажа не всегда является гарантией незамедлительного начала проведения работ. Тем более, в связи с обширной областью применения комплекта для сборки и установки быстромонтируемых опор, необходимо оперативно и наиболее оптимально определить сборочные схемы опор и места их установки на участке аварийно-восстановительных работ. Кроме вышесказанного, необходимо проверить несущую способность опор с учетом климатических условий участка, а также величин фактических межопорных расстояний (пролетов).

Для решения этих задач было разработано программное обеспечение (ПО), поставляемое вместе с комплектом для сборки и установки быстромонтируемых опор.

При возникновении аварийной ситуации на ВЛ, на обслуживаемом линии предприятия, имеющем в своем распоряжении комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор, оператор в кратчайшие сроки при помощи программного обеспечения может подготовить всю необходимую документацию для возможности выполнения работ на аварийном участке ВЛ.

Назначение и основные возможности программного обеспечения

Программное обеспечение (ПО) предназначено для выбора варианта монтажных схем быстромонтируемых опор и варианта их расстановки, исходя из конкретных климатических, геологических, геоморфологических и прочих условий аварийного или реконструируемого участка ВЛ.

Результатом работы ПО является монтажная схема опоры, спецификации основных элементов, фундаментов, монтажных приспособлений и механизмов, а также технологическая документация на монтаж.

К основным функциональным возможностям ПО относятся:

- расстановка опор комплекта на профиле;
- систематический расчет провода на заданные исходные условия;
- проверка габаритных расстояний от провода до земли;
- расчет нагрузок, действующих на опору в конкретных, заданных оператором, условиях и при конкретных пролетах;
- расчет назначенной программой схемы быстромонтируемой опоры на фактические нагрузки, определение усилий и проверка несущей способности опоры и её элементов;
- определение глубины заложения фундаментов оттяжек, принятых исходя из конкретных геологических условий площадки и усилий в оттяжках, полученных при расчете.

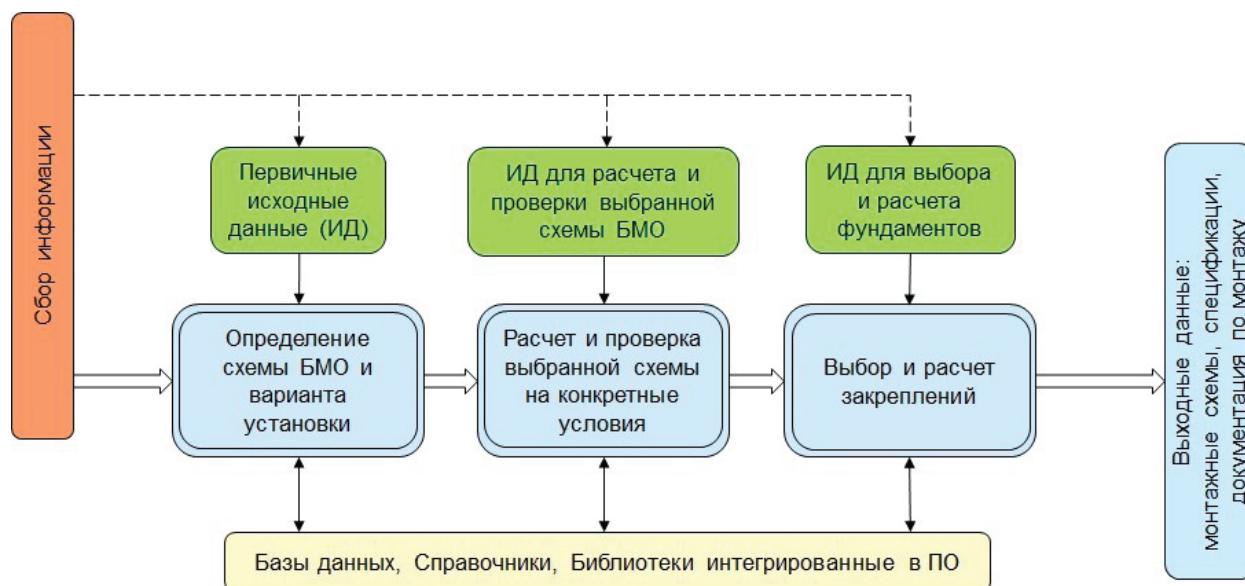


Рис. 1. Схема работы ПО

Кроме вышесказанного ПО формирует документацию необходимую для проведения аварийно-восстановительных работ:

- паспорт реконструируемого участка на основе вводимых исходных данных и данных, полученных при расчетах;
- монтажные схемы опор и фундаментов для закрепления оттяжек;
- спецификации элементов опоры, фундаментов и монтажных приспособлений по выбранному варианту;
- технологическую документацию на монтаж.

Комплект документации формируется программой автоматически после успешного завершения всех расчетов.

Алгоритм работы ПО

Работу программного обеспечения можно представить, как взаимодействие следующих программных блоков:

- блок сбора и обработки информации;
- логический блок;
- расчетные блоки;
- блоки баз данных;
- блок вывода результатов.

Укрупненная схема работы программы представлена на **рисунке 1**.

Каждый программный блок состоит из модулей, которые взаимодействуют между собой по определенному алгоритму. Каждый модуль отвечает за конкрет-

ный функционал программы. Все модули программы написаны на языке программирования C#.

В составе программного обеспечения реализованы следующие основные расчетные модули, модули выбора и подготовки данных:

- модуль систематического расчета проводов;
- модуль сбора нагрузок на опору;
- модуль расчета опоры;
- модуль проверки несущей способности опоры и отдельных её частей;
- модуль расчета фундаментов;
- модуль вывода результатов;
- интегрированные в программу необходимые базы: стационарных опор, основных сборочных схем быстромонтируемых опор, проводов, грозозащитных тросов, фундаментов и грунтов.

Взаимодействие модулей осуществляется следующим образом и в следующей последовательности.

На начальном этапе, в зависимости от введенных оператором необходимых исходных данных и с учетом конкретной расстановки опор на профиле, специализированный модуль производит расчет провода и определяет стрелы провеса, после чего выполняется проверка соблюдения габаритных расстояний от провода до поверхности земли. Затем рассчитываются нагрузки на быстромонтируемую опору от проводов, тросов и ОКШ, а также ветровые нагрузки на стойку опоры. Все необходимые данные для расчета: характеристики проводов, тросов и ОКШ, геометрия опор, коэффициенты и параметры (в соответствии с

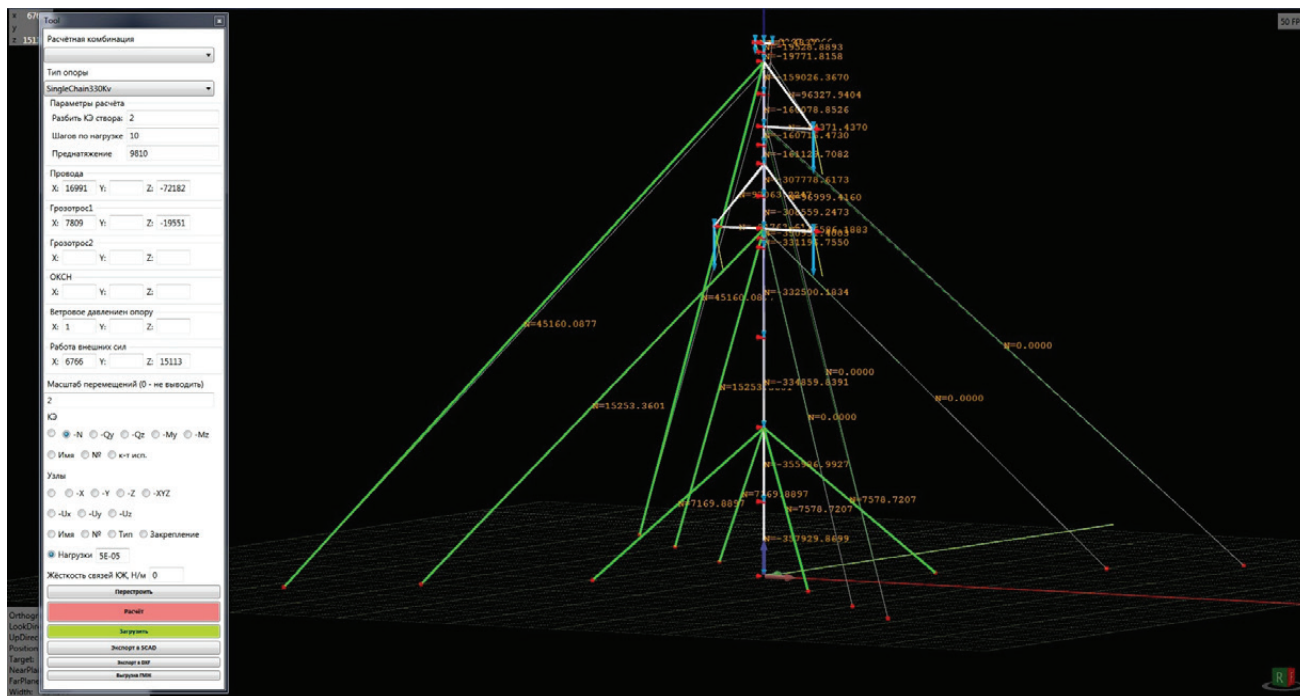


Рис. 2. Графический интерфейс расчетного модуля

нормативной документацией) и прочая необходимая информация, интегрированы в базы программы, к которым обращается каждый модуль в ходе его работы.

После определения нагрузок на опоры, при помощи модуля расчета опор, происходит определение усилий в элементах конструкции. В модуле реализован расчет конструкции опоры методом конечных элементов (МКЭ). Графический интерфейс расчетного модуля представлен на **рисунке 2**. При этом, данный интерфейс используется только разработчиками ПО, а операторам программного комплекса нет необходимости в работе с ним — все необходимые данные передаются между модулями в автоматическом режиме.

Дальнейшим действием программа производит оценку несущей способности элементов опоры в соответствии с СП 16.13330. В случае если все элементы удовлетворяют условиям, программа переходит к следующему этапу расчета. Если какие-либо элементы не соответствуют по одному или нескольким критериям несущей способности, программа сообщает об этом пользователю. В этом случае пользователь может внести одну или несколько корректировок: изменить схему быстромонтируемой опоры, увеличить количество быстромонтируемых опор в аварийном пролете или изменить пикеты установки опор.

После проверки несущей способности опоры программа переходит к определению несущей спо-

собности фундаментов. Расчет закрепления в грунте производится в соответствии с СП 22.13330. Исходя из полученных ранее при расчете усилий в оттяжках и введенных оператором исходных данных о типе грунта и типах применяемых фундаментов, программа производит расчет заглублений фундаментов.

По окончании выполнения всех расчетов и проверок у оператора появляется возможность просмотра и печати результатов работы программного обеспечения.

Интерфейс ПО и основы работы

Программное обеспечение не имеет специальных системных требований и способно функционировать с минимальным составом технических и программных средств. Программное обеспечение не требует предварительной установки на компьютер пользователя и способно работать с электронного носителя.

Программа имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс, который состоит из двух областей: области ввода исходных данных (рабочей области) и графической области. Общий вид экранной формы рабочей среды ПО представлен на **рисунке 3**.

Область ввода данных (правая часть экранной формы) — предназначена для ввода исходной информации, а также для обращения к справочникам и базам

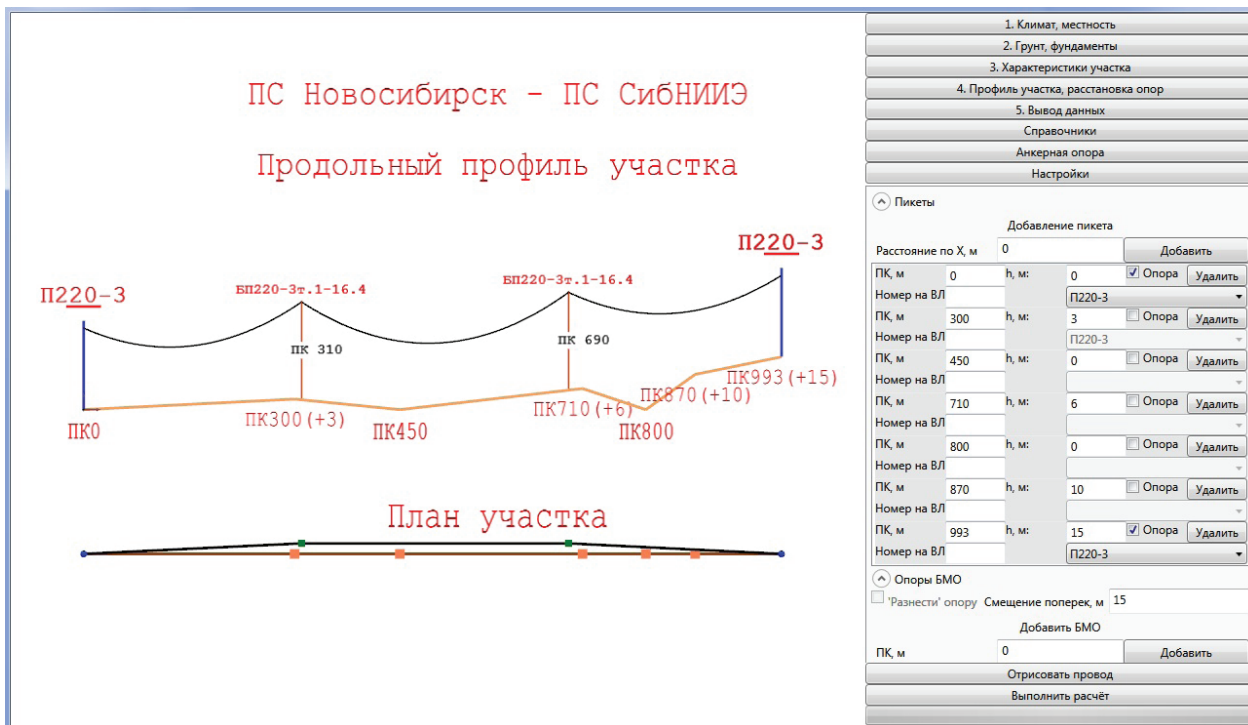


Рис. 3. Экранная форма (интерфейс)

данных программы. Область ввода данных состоит из вкладок, разделяющих вводимую информацию по смыслу и определяющих порядок работы программы.

Графическая область (левая часть экранной формы) — предназначена для отображения действий при работе с ПО по мере заполнения исходных данных, графического отображения плана и профиля, а также дополнительной информации, различных сообщений и предупреждений.

Область ввода данных (рабочая область)

В верхней части рабочей области расположена панель инструментов ПО. Панель инструментов разделена в соответствии с функциональным назначением команд и состоит из восьми частей: «1. Климат, местность», «2. Грунт, фундаменты», «3. Характеристики участка», «4. Профиль участка, расстановка опор», «5. Вывод данных», «Справочники», «Настройки», «Анкерная опора».

Графическая область

В процессе работы с ПО на вкладке «Профиль участка, расстановка опор» в графической области происходит построение продольного профиля и

плана реконструируемого участка в зависимости от введенных исходных данных.

На продольном профиле участка отображаются следующие данные:

- профиль уровня земли по пикетам с учетом отметок;
- опоры начала и окончания реконструируемого участка и их шифры;
- установленные оператором опоры БМО и их марки, с указанием пикетов установки;
- допустимый габарит (желтая линия) — наименьшее допустимое расстояние от земли до провода;
- провод нижней фазы с учетом стрел провеса полученных в результате расчета провода.

В случае недостаточного минимального габарита от провода до поверхности земли, провод в пролете окрашивается в красный цвет. При этом для обеспечения габарита оператор имеет возможность либо уменьшить пролет, либо установить дополнительную опору.

На плане расстановки опор показана ось существующего реконструируемого участка. В случае установки БМО с выносом от существующей оси, на плане дополнительно отображается ось участка ВЛ на быстромонтируемых опорах.

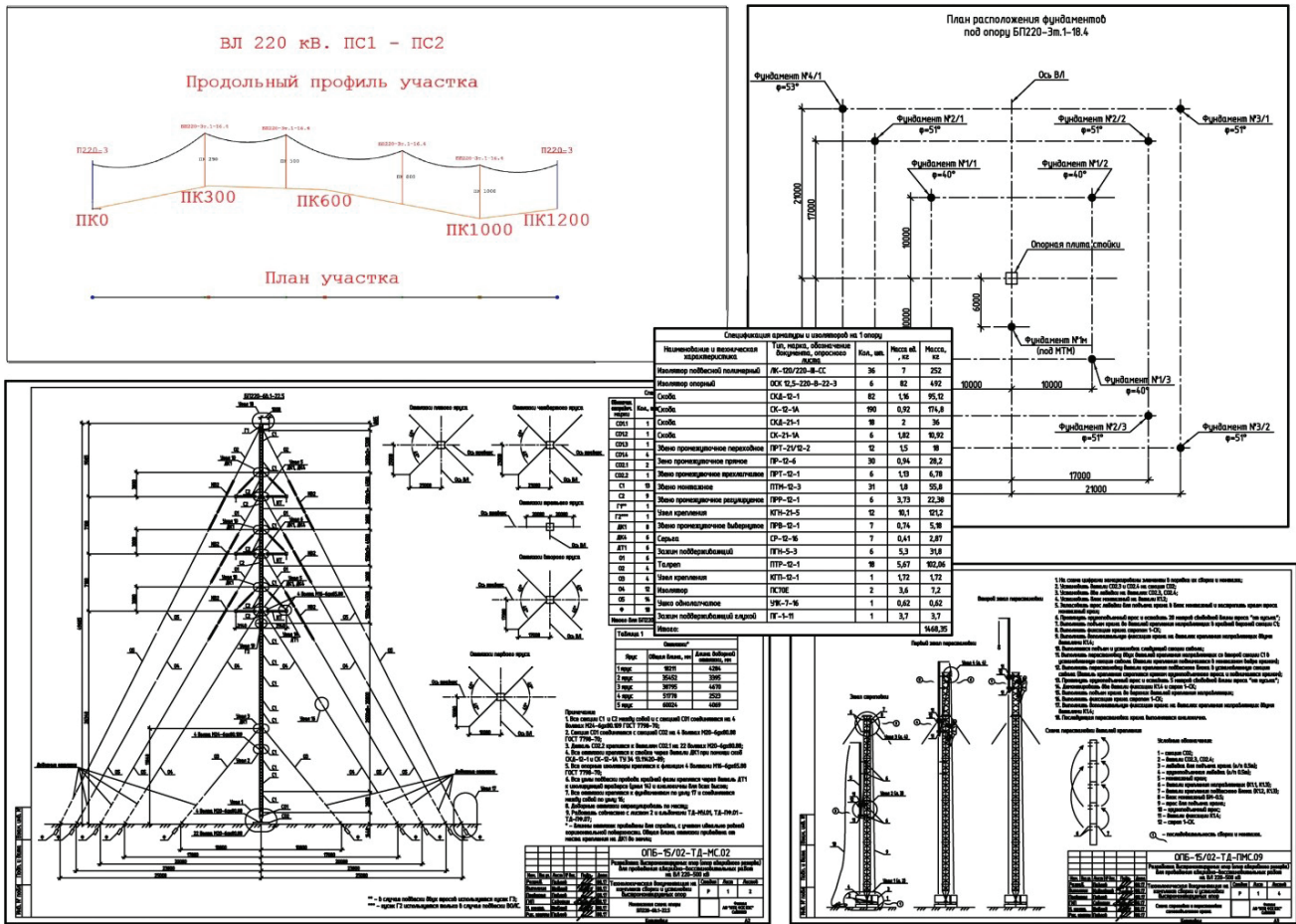


Рис. 4. Результаты работы ПО

Результат работы ПО

После ввода всех исходных данных и успешно выполненных расчетов, становится доступна возможность просматривать, сохранять и выводить на печать результаты.

Комплект документации формируется как из интегрированных в программу чертежей, так и из составленных автоматически, в зависимости от исходных данных и результатов расчетов. Пример результатов работы ПО приведен на рисунке 4.

После получения комплекта документации, монтажная организация может незамедлительно выезжать на место аварии. Данного комплекта документов достаточно для проведения полного цикла аварийно-восстановительных работ, начиная от определения мест установки опор и разметки мест монтажа фундаментов, заканчивая монтажом самих опор и подвеской проводов.

Вывод

Разработанный комплект для сборки и установки быстромонтируемых опор является универсальным инструментом для устранения аварий и организации временных подключений на ВЛ 220-500 кв. Применение комплекта позволит упростить аварийное восстановление ВЛ и, как следствие, сократить время отключения и затраты на недоотпуск электроэнергии потребителям.

Разработанное программное обеспечение является неотъемлемой частью комплекта для сборки и установки быстромонтируемых опор. Использование опор в комплексе с ПО позволит значительно сократить время не только подготовительных работ, но и основных работ по сборке и монтажу, за счет оптимально выбранного варианта устранения аварийной ситуации.

На разработанный программный комплекс получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (см. рисунок 5).



Рис. 5. Свидетельство о государственной регистрации ПО

Филиал АО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ
г. Новосибирск
+7 (383) 244 06 02 (доб.157)
office@ntcsib.ru, pavlov@ntcsib.ru
www.ntc-power.ru



Оценка остаточного ресурса железобетонных опор и проводов действующих ВЛ 110-500 кВ

АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями»
(Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) «KEGOC»

Утеулиев Б.А., начальник отдела управления технической политикой

Возможность прогнозирования остаточного ресурса объектов обеспечивается при одновременном наличии следующих условий [1]:

- 1) известны параметры, определяющие фактическое состояние конструкции;
- 2) известны критерии предельного состояния конструкции;
- 3) имеется возможность периодического (или непрерывного) контроля значений технического состояния конструкции.

За параметр фактического состояния принимают характеристику повреждения, дефекта или неисправности, изменяющуюся в процессе эксплуатации и контролируемую путем диагностирования элементов ВЛ. В качестве параметра фактического состояния железобетонных центрифугированных стоек принимаем коэффициент состояния бетона [2], определяемый при диагностировании опор. За параметр фактического состояния проводов и грозозащитных тросов принимаем относительную потерю прочности, вычисляемую по результатам диагностирования проводниковой конструкции [3].

Для каждой категории параметра фактического состояния определяем граничные допускаемые значения [4, 5], для каждой категории технического состояния. Для ВЛ принимаем три уровня категорий технического состояния [5]:

- 1) первая категория — работоспособное состояние, при котором изменение параметра фактического состояния характеризует нарушение работоспособности ВЛ или единичный случай отказа, незначительно снижающий надежность;
- 2) вторая категория — критическое состояние, при котором возникают частые отказы с большой вероятностью, которые значительно снижают надежность;
- 3) третья категория — предельное состояние, при котором изменение параметра фактического состоя-

ния приводит к многочисленным отказам, восстановление которых несет большие затраты.

Для ВЛ, с учетом ведущихся ремонтов и замен изношенных ее элементов, за предельное состояние принимаем состояние, соответствующее износу, когда дальнейшая эксплуатация ВЛ экономически нецелесообразна.

Для математической модели изменения параметра фактического состояния в процессе эксплуатации необходимо учитывать природно-климатические условия и прочие внешние факторы. Воздействие природно-климатических условий и прочих внешних факторов учитывается введением климатического коэффициента [4].

Для выбора закона распределения выполнена выборка вариационного ряда значений наработок [6, 7] на отказы железобетонных опор, проводов и грозозащитных тросов. Эмпирические характеристики показали, что распределение отказов железобетонных опор подчиняется нормальному закону распределения случайных величин, а провода и грозозащитные тросы — распределению Вейбулла.

Интенсивность изменения параметра фактического

$$\mu = \frac{f(t)}{F(t)}$$

состояния определяется по формуле где $f(t)$ — плотность вероятности изменения величины параметра фактического состояния за время t ;

$F(t)$ — вероятность безотказной работы за время t .

При заданных допустимых значениях параметра фактического состояния можно с большой вероятностью

стью определить время перехода состояния из одной категории в другую. При этом стохастический процесс для ВЛ со сроком службы более 30 лет будет выглядеть следующим образом [4]

$$X(t) = x_{\delta} + k \cdot t_i \cdot \mu$$

где x_{δ} — зафиксированное при обследовании среднее значение параметра фактического состояния.

k — климатический коэффициент, учитывающий особенности изменения параметра фактического состояния в рассматриваемом регионе;

t_i — количество рассматриваемых лет, $t_i = 1, 2, 3, \dots$

μ — интенсивность изменения параметра фактического состояния.

При прогнозировании остаточного ресурса конструктивных компонентов ВЛ с учетом изменения параметра фактического состояния ее элементов производят следующие расчеты для построения графика:

1) определяют среднее значение параметра фактического состояния элементов;

Среднее значение параметра фактического состояния железобетонных опор определяется по выражению [2, 5]

$$x_{\phi.on} = \frac{\sum_{i=1} n_{oni} \cdot K_{ci}}{N_{on}} \quad (1)$$

где n_{oni} — количество опор с одинаковым коэффициентом состояния бетона;

K_{ci} — коэффициенты состояния бетона;

N_{on} — общее количество обследованных опор.

Вместо среднего значения параметра фактического состояния проводов (грозозащитных тросов) принимаем максимальное значение потери сечения на обследованном участке

$$x_{\phi.n.m} = \max(p_{ci}) \quad (2)$$

где p_{ci} — потери сечения проводов (грозозащитных тросов).

2) определяют среднюю наработку ВЛ на отказ;

3) определяют интенсивность изменения параметра фактического состояния (для железобетонных опор по нормальному закону распределения, для проводниковой конструкции по закону распре-

деления Вейбулла);

4) определяют траекторию изменения параметра фактического состояния;

5) определяют среднее значение параметра фактического состояния элементов для последующих этапов с учетом остаточного износа, которая определяется по следующей формуле

$$x_{ocmi} = x_{\phi1} \cdot \frac{\sum n_0 \cdot t_n - t_0}{N \cdot t_0}$$

где $x_{\phi1}$ — фактическое начальное среднее значение параметра фактического состояния на момент обследования, определяемое по формулам (1, 2);

n_0 — количество дефектных элементов на момент обследования;

N — общее число элементов на ВЛ;

t_n — прогнозируемое время при достижении параметра фактического состояния до граничного значения;

t_0 — время проведения обследования.

6) определяют плотности распределения каждого параметра фактического состояния по нормальному закону распределения;

7) определяют период проведения ремонтов или реконструкции по наивысшим пикам плотностей распределения по каждому дрейфу параметра фактического состояния.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты расчета остаточного ресурса ВЛ 220 кВ, обследованной при сроке службы 41 год.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

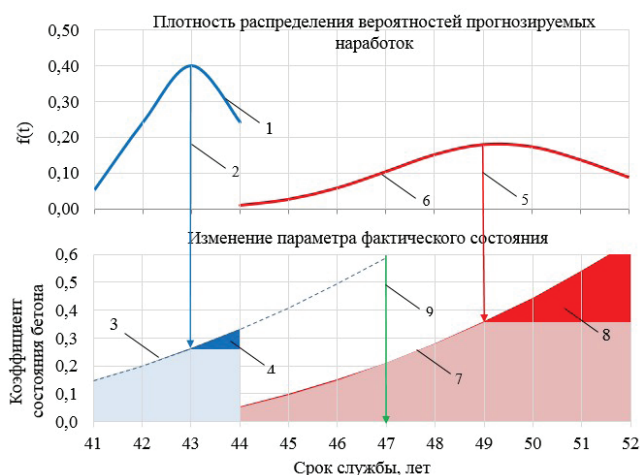


Рис. 1. График определения остаточного ресурса железобетонных опор.

На **рис. 1** приняты следующие обозначения:

- 1 — плотность распределения вероятностей прогнозируемых наработок для ремонта;
- 2 — проекция пика плотности распределения на траекторию дрейфа параметра фактического состояния, определяющая начало ремонта;
- 3 — траектория дрейфа параметра фактического состояния для ремонта;
- 4 — период проведения ремонта;
- 5 — плотность распределения вероятностей прогнозируемых наработок для реконструкции;
- 6 — проекция пика плотности распределения на траекторию дрейфа параметра фактического состояния, определяющая начало реконструкции;
- 7 — траектория дрейфа параметра фактического состояния для реконструкции;
- 8 — период проведения реконструкции.
- 9 — проекция пика плотности распределения на ось, определяющая гарантированный ресурс железобетонных опор.

Увеличивая количество ремонтов, можно продлевать остаточный ресурс железобетонных опор. Если сопоставить пики плотностей распределения по каждому дрейфу параметра фактического состояния на **рис. 1**, то можно прогнозировать среднее время наступления отказа ВЛ. Прогнозируемое наступление отказа произойдет в области спада плотности распределения, которое на графике окрашены темным цветом. Соответственно, необходимо провести первый ремонт по замене опор с худшим коэффициентом состояния

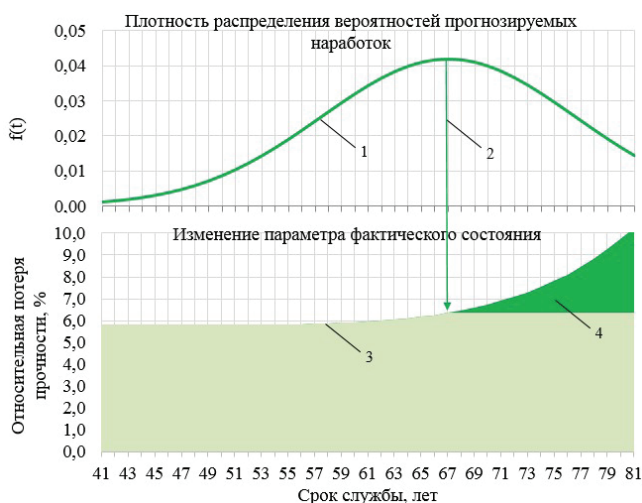


Рис. 2. График определения остаточного ресурса провода

бетона в период срока службы 43–44 лет. Эксплуатация железобетонных опор после 52 лет срока службы будет экономически невыгодным. Следовательно, при сроке службы 49 лет, соответствующий пику плотности распределения вероятностей, необходимо начать реконструкцию ВЛ 220 кВ с заменой железобетонных опор.

Аналогично проводится расчет для проводов и грозозащитного троса (**рис.2**).

На **рис. 2** приняты следующие обозначения:

- 1 — плотность распределения вероятностей прогнозируемых наработок для замены провода;
- 2 — проекция пика плотности распределения на траекторию дрейфа параметра фактического состояния, определяющая начало замены провода;
- 3 — траектория дрейфа параметра фактического состояния для замены провода;
- 4 — период проведения замены провода.

По расчетным данным, показанный на **рис. 2**, остаточный ресурс провода составил 81 лет. Следовательно, при сроке службы 67 лет, соответствующий пику плотности распределения вероятностей, необходимо начать замену провода по всей трассе ВЛ 220 кВ. Аналогичный расчет для грозозащитного троса показал, что остаточный ресурс составил 80 лет, а при сроке службы 66 лет требуется начать замену грозозащитного троса по всей трассе ВЛ 220 кВ.

Заключение

При прогнозировании остаточного ресурса и определении срока реконструкции ВЛ выбирают самый наихудший вариант предельного состояния элементов ВЛ. Вышеприведенные расчеты показали, что худшим вариантом срока достижения начала реконструкции являются железобетонные опоры. Следовательно, реконструкцию ВЛ 220 кВ желательно начать при сроке службы 49 лет при условии выполнения ремонтов с заменой железобетонных опор. Количество необходимых ремонтов до реконструкции должно определяться решением эксплуатирующей организации.

Таким образом, можно определить планируемые сроки реконструкции всех обследованных ВЛ, что позволит составить перспективный график реконструкции ВЛ электросетевых организаций.



Список литературы:

- [1] РД 26.260.004-91 Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации. – М.: НИИХиммаш, 1991. – 40 с.
- [2] Утеулиев Б.А. Определение остаточного ресурса железобетонных опор воздушных линий электропередачи 110 кВ и выше / Б.А.Утеулиев // Энергетик. – 2017. – №3. – С.13-17.
- [3] Волоховский В.Ю. Оценка технического состояния воздушных линий электропередачи методами магнитной дефектоскопии / В.Ю.Волоховский, А.Н.Воронцов, В.В.Сухоруков, В.В.Цуканов, В.А.Шкапцов, М.С.Артемьев, В.В.Чернецов // Энергия единой сети. – 2016. – №1(24). – С.42-51.
- [4] Утеулиев Б.А., Оценка остаточного ресурса ВЛ 110 кВ и выше и определение сроков реконструкции / Б.А. Утеулиев // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Сборник научных трудов 89 заседания Международного научного семинара имени Ю.Н. Руденко. – 2017 – С.669-677.
- [5] Боровик Г.М. Моделирование и прогнозирование показателей эксплуатационной надежности искусственных сооружений в условиях сурового климата / Г.М.Боровик – Хабаровск: Издательство ДВГУПС, 2005. – 182 с.
- [6] Сугак Е.В. Теория случайных процессов: учебное пособие / Е.В.Сугак. – Красноярск: КФ АГА, 2004. – 160 с.
- [7] Шкляр В.Н. Надежность систем управления: учебное пособие / В.Н.Шкляр. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 126 с.

АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями»
(Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) «KEGOC»
Республика Казахстан, г. Астана,
+7 (7172) 690 245
Uteuliyev@kegoc.kz
www.kegoc.kz

Косвенная оценка остаточного ресурса ВЛ в процессе эксплуатации с применением параметров физического износа

АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями»
(Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) «KEGOC»

Утеулиев Б.А., начальник отдела управления технической политикой

Все методы измерения физического износа конструктивных элементов делятся на две группы: метод наблюдения (метод прямого определения) и блок косвенных методов [1]. Прямое определение физического износа проводится с помощью средств технического диагностирования. Косвенная оценка физического износа проводится методом хронологического возраста или методом начисленной амортизации.

ВЛ имеют множество элементов и для оценки их физического износа, элементы были группированы в опорный, проводниковый и изолирующий компоненты [2]. Для метода прямого определения физического износа можно использовать следующие формулы.

Износ опорного компонента определяется по формуле

$$F_{on} = \frac{\sum_i^n f_{def.on.i} \cdot n_{on.i}}{N_{on}} \cdot K_{on} \quad (1)$$

где $f_{def.on.i}$ — весовой коэффициент износа i -ых дефектных опор;

$n_{on.i}$ — количество i -ых дефектных опор, шт;

N_{on} — количество обследованных опор, шт;

K_{on} — весовой коэффициент опорного компонента
 $K_{on} = 0,5$.

Аналогично определим износы проводникового и изолирующего компонентов

$$F_{np} = \left(\frac{\sum_i^n f_{def.np.i} \cdot l_{np.i}}{L_{np}} + \frac{\sum_i^n f_{def.zm.i} \cdot l_{zm.i}}{L_{zm}} \right) \cdot K_{np} \quad (2)$$

$$F_{uz} = \frac{\sum_i^n f_{def.uz.i} \cdot n_{uz.i}}{N_{uz}} \cdot K_{uz} \quad (3)$$

где $f_{def.np.i}$ — весовой коэффициент износа i -го дефектного участка проводов;

$l_{np.i}$ — протяженность i -го дефектного участка проводов, км;

L_{np} — общая протяженность обследованных участков проводов, км.

$f_{def.zm.i}$ — весовой коэффициент износа i -го дефектного участка грозозащитных тросов;

$l_{zm.i}$ — протяженность i -го участка грозозащитных тросов, км;

L_{zm} — общая протяженность обследованных участков грозозащитных тросов, км.

$f_{def.uz.i}$ — износ i -ых дефектных изолирующих подвесок, %;

$n_{uz.i}$ — количество i -ой дефектной изолирующей подвески, шт;

N_{uz} — общее количество обследованных изолирующих подвесок, шт;

K_{np} — весовой коэффициент проводникового компонента $K_{np} = 0,4$;

K_{uz} — весовой коэффициент изолирующего компонента $K_{uz} = 0,1$.

Физический износ ВЛ определяется суммированием формул (1-3)

$$F = F_{on} + F_{np} + F_{из} \quad (4)$$

В качестве примера произведен расчет физического износа ВЛ 220 кВ Л-2540 «Правобережная — Индер» (далее — Л-2540) на железобетонных опорах. Подставив значения в формулы (1-4), получим, что износ Л-2540 составил 48%.

При оценке физического износа косвенным методом, исходным значением является нормативный срок службы. Нормативный срок службы достаточно установить для каждого конструктивного компонента ВЛ.

Нормативный минимальный срок службы проводов указан в [3], который варьируется от 10 до 45 лет в зависимости от их марки. Для грозозащитных тросов можно принять тот же нормативный срок службы, т.к. по конструкции эти элементы схожи.

Нормативный срок службы линейной арматуры установлен [4] и составляет 25 лет, а для подвесных тарельчатых изоляторов в [5] установлен только гамма-процентный срок службы, который составляет 30 лет. Учитывая, что большинство отказов, связанных с повреждением изолирующей подвески, происходит из-за разрыва линейной арматуры, то нормативный срок службы изолирующей подвески можно установить 25 лет.

Нормативный срок службы опор установлен [6], где для железобетонных опор составляет 50 лет, а для стальных решетчатых опор — 60 лет.

Поэтому нормативные сроки службы конструктивных компонентов принимаем следующие:

1) опорный компонент: железобетонные опоры с центрифугированными стойками — 50 лет, стальные решетчатые опоры — 60 лет;

2) проводниковый компонент (провода АС, грозозащитные тросы ТК) — 45 лет;

3) изолирующий компонент — 25 лет.

Тогда износ опорного, проводникового и изолирующего компонентов определим по формулам

$$F_{on}^1 = \frac{K_{on} \cdot 100}{N_{on} \cdot T_{н.он}} \cdot \sum_i^n (T_{иф.он} \cdot N_{ион.зам})$$

$$F_{np}^1 = \frac{K_{np} \cdot 100}{N_{np} \cdot T_{н.нр}} \cdot \sum_i^n (T_{иф.нр} \cdot N_{инр.зам})$$

$$F_{из}^1 = \frac{K_{из} \cdot 100}{N_{из} \cdot T_{н.из}} \cdot \sum_i^n (T_{иф.из} \cdot N_{ииз.зам})$$

где $T_{иф.он}$ — фактический срок службы опорного компонента, лет;

$T_{иф.нр}$ — фактический срок службы проводникового компонента, лет;

$T_{иф.из}$ — фактический срок службы изолирующего компонента, лет;

$T_{н.он}$ — нормативный срок службы опорного компонента, лет;

$T_{н.нр}$ — нормативный срок службы проводникового компонента, лет;

$T_{н.из}$ — нормативный срок службы изолирующего компонента, лет;

$N_{ион.зам}$ — количество замененных опор, шт;

$N_{инр.зам}$ — протяженность замененных проводниковых компонентов, км;

$N_{ииз.зам}$ — количество замененных изолирующих подвесок, шт;

$N_{он}$ — количество опор, установленных на ВЛ, шт;

$N_{нр}$ — общая протяженность проводов и грозозащитных тросов, км;

$N_{из}$ — количество изолирующих подвесок, установленных на ВЛ, шт;

$K_{он}$ — весовой коэффициент опорного компонента $K_{он} = 0,5$;

$K_{нр}$ — весовой коэффициент проводникового компонента $K_{нр} = 0,4$;

$K_{из}$ — весовой коэффициент изолирующего компонента $K_{из} = 0,1$.

Значения весовых коэффициентов приняты из [7].

При этом весовой коэффициент опорной компонента получен путем сложения весовых коэффициентов опор и фундаментов, весовой коэффициент проводниковой компонента — из весовых коэффициентов проводов и грозозащитных тросов, весовой коэффициент изолирующей компонента — из весовых коэффициентов изоляторов и арматуры.

Физический износ ВЛ косвенным методом определяется выражением

$$F^1 = F_{on}^1 + F_{np}^1 + F_{из}^1 \quad (5)$$

Расчет физического износа Л-2540 согласно формуле (5) показывает, что Л-2540 имеет износ 86%, тогда как результаты обследования показали, что износ составил 48%. В таком случае, косвенный метод оценки физического износа необходимо адаптировать под результаты обследования. Тогда формула (5) преобразится следующим образом

$$F^{1*} = \frac{F_{on}^1}{\frac{K_{on} \cdot 100}{N_{on} \cdot T_{n.on}} \cdot \sum_i^n (T_{обсл} \cdot N_{ion.зам}) / F_{on}} + \frac{F_{из}^1}{\frac{K_{из} \cdot 100}{N_{из} \cdot T_{n.из}} \cdot \sum_i^n (T_{обсл} \cdot N_{из.зам}) / F_{из}} + \frac{F_{np}^1}{\frac{K_{np} \cdot 100}{N_{np} \cdot T_{n.np}} \cdot \sum_i^n (T_{обсл} \cdot N_{np.зам}) / F_{np}}$$

где $T_{обсл}$ — срок на момент проведения обследования, лет.

Таким образом, если не проводится реконструкция Л-2540, то адаптированный под результаты обследования физический износ также составит 48%. Это позволит вести отсчет физического износа начиная с 48%, и до остаточного ресурса остается 52%.

При реконструкции ВЛ, а также при замене проводникового и изолирующего компонентов в полном объеме и частичной замене опор, нормативный срок службы компонентов следует оставить прежним, если произведена их замена в полном объеме (в нашем случае это проводниковый и изолирующий компоненты). При частичной замене компонентов необходимо устанавливать их продленный нормативный срок службы до предельного состояния. Для этого необходимо выполнить расчет прогнозируемого изменения параметра фактического состояния на момент реконструкции до достижения предельного состояния.

Фактическое значение параметра фактического состояния определяется по формуле

$$X(t) = x_{\phi} + k \cdot \ln t_i \cdot \mu$$

где k — климатический коэффициент, учитывающий особенности изменения параметра фактического состояния в рассматриваемом регионе;

t_i — количество рассматриваемых лет,

μ — интенсивность изменения параметра фактического состояния (из законов распределения случайных величин).

Расчет эмпирических законов распределения случайных величин показал, что распределение отказов ВЛ из-за повреждений железобетонных опор подчиняются нормальному закону распределения случайных величин [8].

Результаты расчета изменения параметра фактического состояния железобетонных опор приведены на **рисунке 1**.

Следовательно, нормативный срок службы опорного компонента продлевается на 27 лет с момента проведения реконструкции (49 лет), т.е. до возраста 76 лет. Тогда физический износ косвенным методом после реконструкции Л-2540 согласно формуле (5) составит 22%.



Рис. 1. График изменения параметра фактического состояния железобетонных опор Л-2540 до прогнозируемого предельного состояния.



Заключение

1. Термин «нормативный срок службы ВЛ» является не корректным, т.к. срок службы конструктивных компонентов отличается. Нормативный срок службы должен устанавливаться для конструктивных компонентов отдельно.

2. Методы хронологического возраста и начисленной амортизации имеют существенный недостаток для ВЛ, срок службы которых близок к нормативному. Из сопоставления достоинств и недостатков вытекает, что эти методы дают достаточно точные результаты в первые годы хронологической жизни объекта. С увеличением возраста и проведением ремонтов точность расчетов резко падает, т.к. при замене элемента его состояние доводится до нового, и отсутствие информации о предыдущих заменах приводит к завышению физического износа.

3. Наиболее точным косвенным методом оценки физического износа ВЛ является метод хронологического возраста с весовыми коэффициентами. Данный

метод может являться основным критерием выбора ВЛ для обследования. Достоинством метода хронологического возраста с весовыми коэффициентами является учет ранее произведенных замен конструктивных компонентов.

4. После проведения обследования ВЛ необходимо адаптировать физический износ косвенным методом под результаты обследования, если не проводится реконструкция ВЛ. Таким образом можно уточнить физический износ косвенным методом, что даст реальную оценку в последующие годы эксплуатации ВЛ и определить остаточный ресурс.

5. После проведения реконструкции ВЛ, нормативный срок службы конструктивных компонентов должен продлеваться до их гарантированного ресурса. При этом гарантированный ресурс должен быть рассчитан с учетом остаточного износа конструктивного компонента на период реконструкции, если конструктивный компонент заменяется частично.

АО «Казахстанская компания по управлению электрическими сетями»
(Kazakhstan Electricity Grid Operating Company) «KEGOC»
Республика Казахстан, г. Астана,
+7 (7172) 690 245
Uteuliyev@kegoc.kz
www.kegoc.kz



Пропитанные деревянные опоры нового поколения со сроком службы 70 лет

ООО «Сеесъярвский мачтопропиточный завод»

Лимбах И.И., директор по развитию

Статья посвящена технологиям производства пропитанных деревянных опор нового поколения со сроком службы 70 лет, внедрённых на ООО «Сеесъярвский мачтопропиточный завод».

Итак, почему же опоры нового поколения? У многих слова «деревянная опора» ассоциируются с черной креозотовой опорой на железобетонном пасынке. Опора, пропитанная креозотом, обладает рядом недостатков: во-первых, креозот токсичен, и советские технологии пропитки не позволяли закреплять его в опоре. Поэтому, он испарялся и выходил из опоры, теряя свою защитную функцию, нанося вред окружающей среде и, в особенности, обслуживающему персоналу. Также, за счет того, что креозот «масленистый», он не пропускает влагу и не дает дереву дышать. Так что, если в производство шли недосушенные бревна, то излишняя влага не могла уйти из дерева, и опора начинала преть и гнила изнутри. Достаточно распространенными были случаи, что с виду абсолютно нормальный столб оказывался внутри полым и падал, когда на него забирался монтажник. Вполне логично, что даже несмотря отличные качества дерева, как материала, на смену креозотовым опорам пришли железобетонные. Имея нормативный срок службы более 25 лет, они смогли повысить общую надежность и безопасность линий. Но время не стоит на месте, и современные технологии и материалы позволяют делать электротехническое оборудование, провода и линейно-сцепную арматуру, рассчитанную на сроки службы 40-50 лет. Встал вопрос, какие стойки использовать, чтобы обеспечить надежную работу линии в течение 50-ти летнего срока эксплуатации. Естественным решением стало обращение к мировому опыту эксплуатации распределителей, и, в частности, к европейскому лидеру по надежности передачи энергии - финнам. В Финляндии, за пределами городов, на линиях до 110 кВ используются только пропитанные деревянные опоры, которые ставятся непосредственно в грунт и имеют срок службы 70 лет. Одним из основных отличий данных пропитанных опор

от старых креозотных, является использование водорастворимого антисептика на основе оксидов хрома, меди и мышьяка и технологии пропитки, при которой все элементы антисептика реагируют с древесиной и переходят в невымываемые соединения, закрепляясь внутри опоры.

Говоря о сроках службы опор 25, 50, 70 лет, мы имеем в виду нормальные условия эксплуатации, но как железобетонные и деревянные стойки поведут себя в экстремальных ситуациях, под действием повышенных нагрузок? У нас в стране очень много районов с суровыми климатическими условиями. Говоря о сложных условиях эксплуатации, мы прежде всего имеем в виду постоянные ветровые нагрузки и сильное обледенение опор и проводов, которые приводят к значительному увеличению механической нагрузки на опоры. К тому же в последнее время сильно увеличилось число аномальных климатических явлений, таких как ураганы, ледяные дожди и даже торнадо. И если с обледенением еще существуют методы борьбы, то с ветровыми нагрузками и аномальными явлениями можно бороться только выбором более прочных материалов, которые смогут выдержать повышенные нагрузки. Дерево, являясь природным материалом, за счет эластичности, может выдерживать в разы большие нагрузки нежели железобетон. Но если раньше дерево не умели качественно пропитывать и защищать от гниения и других внешних воздействий, то сейчас мировые технологии пропитки древесины позволяют это сделать. В России европейские технологии реализованы на Сеесъярвском мачтопропиточном заводе.

Завод был спроектирован и построен финскими инженерами и работает по финской технологии (является аналогом финского завода фирмы ЛивариМононен в г. Йоэнсуу). За 20 лет работы, наше предприятие осуществляло поставки опор в разные регионы России, от Мурманска до Находки. Опыт эксплуатации показывает, что опоры надежны независимо от климатических условий. Так в чем же преимущества пропитанных деревянных

опор перед железобетонными?

Простота транспортировки и монтажа — за счёт того, что деревянные опоры в несколько раз легче железобетонных, меньше затраты на транспортировку и монтаж опор.

В отличие от железобетонных опор, для которых даже небольшой скол или трещина могут стать причиной быстрого разрушения опоры, деревянные столбы не требуют бережного обращения. Их можно скидывать с машины, складывать в навал и даже волочить по земле.

За счёт того, что дерево более эластичный материал, деревянные опоры лучше работают на изгиб, что позволяет им выдерживать более высокие механические нагрузки. В 2-3 раза выше, чем железобетонные стойки.

Часто бывает, что при падении, железобетонная опора утягивает за собой весь пролет от анкера до анкера. Происходит так называемый «эффект домино». Деревянная опора, ломаясь, за счёт небольшого веса не утягивает за собой соседние опоры, а часто даже остается висеть на проводах.

Дерево, являясь естественным диэлектриком, имеет значительно больший уровень изоляции и безопаснее для людей и животных.

Хорошо изготовленные пропитанные деревянные опоры имеют в 2 раза больший срок службы относительно железобетонных опор. При этом они устанавливаются прямо в грунт без пасынков.

Во время природных катаклизмов бывают такие нагрузки, которые не выдерживают никакие опоры. Если же авария на линии все-таки случается, то на первый план выходит скорость устранения последствий аварии и восстановление электроснабжения. Использование деревянных пропитанных опор позволяет быстро ликвидировать последствия аварии даже в труднодоступных местах, даже на линиях высоких классов напряжений.

Чтобы не быть голословным, приведу результаты испытаний деревянных и железобетонных опор на прочность, проведенные в 2011 году. По условиям испытаний, пропитанная деревянная опора 11 метров М-класса и вибрированная железобетонная стойка СВ-9,5 сначала течение 10 минут подвергались воздействию открытого огня, имитирующего низовой пожар, а затем испытывались на прочность на динамическом стенде. На стенде опоры крепились в зажимы, имитирующие заделку в грунт, а к вершине, с помощью стального троса прикладывалась постепенно увеличивающаяся нагрузка. Увеличение нагрузки происходило пошагово до момента разрушения опоры. Результаты

показали, что воздействие низового пожара не влияет на механические свойства ни деревянных, ни железобетонных опор, а разрушающая нагрузка для железобетонной опоры составила 400 килограмм сил, а для деревянной опоры 920 килограмм сил.

В 2016 году проводились аналогичные испытания на механическую прочность деревянных стоек. Результаты показали, что разрушающая нагрузка для деревянных опор М-класса превышала 1000 кгс, а изгибающий момент составил более 75 кН*м.

Похожие прочностные характеристики были получены и во время полевых испытаний пропитанных деревянных опор.

Но все эти преимущества перед железобетонными опорами справедливы только для правильно произведенной пропитанной деревянной опоры со сроком службы не менее 50 лет. Давайте рассмотрим в чем особенность технологии и за счёт чего достигаются такие сроки службы.

Качество пропитанной деревянной опоры, а соответственно и срок службы зависит от трех основных моментов:

- 1) Выбор древесины.
- 2) Механическая обработка и сушка древесины.
- 3) Пропитка опор.

Подробнее рассмотрим эти этапы:

На Сеесъярвском заводе используется только карельская сосна. Из-за суровых климатических условий, северная сосна растет медленнее, чем сосна из центральной части России, зато северная сосна более плотная и обладает лучшими механическими свойствами.

Уникальностью финской технологии и важнейшим этапом в производстве опор на Сеесъярвском мачто-пропиточном заводе является двухэтапная механическая обработка древесины, со снятием луба после сушки.

На первом этапе снимается только кора, и опора поступает в сушку с плотным наружным слоем луба, который во время сушки защищает опору от растрескивания. После достижения опорой влажности 28 %, опоры поступают на лущильный станок, на котором луб снимается. Процесс сушки контролируется системой автоматики, который также обеспечивает плавное просушивание древесины.

После снятия луба опоры готовы к пропитке.

Пропитка осуществляется в автоклаве по методу вакуум-давление-вакуум.

На этапе первого вакуума открываются поры древесины и вытягивается излишняя влага. На втором этапе в автоклав подается пропитывающий состав и



в течение 3-х часов под давлением 12-14 атмосфер вгоняется в опору.

На этапе конечного вакуума идет процесс закрепления пропитывающего состава в опоре.

Реагируя с древесиной элементы пропитывающего состава переходят в невымываемые соединения. После процесса закрепления опоры экологически безопасны. Весь процесс пропитки также контролируется системой автоматики, которая отслеживает надлежащее исполнение параметров пропитки и автоматически осуществляет переключение между этапами, что исключает человеческий фактор.

Итак, только использование сырья повышенной прочности, двухуровневая механическая обработка, качественная пропитка и закрепление антисептика позволяют обеспечить срок службы опор 70 лет.

Преимущества опор Turva:

— Повышенная прочность за счет применения карельской сосны.

— Отсутствие трещин благодаря двухэтапной механической обработке.

— 100% пропитка заболони экологичным антисептиком.

— Стабильность качества за счет автоматики и контроля.

— Срок службы опор 70 лет.

Наша компания имеет богатый положительный опыт работы с крупнейшими энергетическими компаниями страны и ежегодно осуществляет поставки десятков тысяч пропитанных деревянных опор в филиалы ПАО «Россети». Мы всегда открыты к сотрудничеству и готовы участвовать в реализации проектов строительства надежных электрических сетей.

ООО «Сеесъярвский мачтопропиточный завод»
г. Санкт-Петербург
Пр. Просвещения, д. 15, офис 162 Н
+7 (812) 670 70 88
info@s-mpz.ru
www.s-mpz.ru

Опыт устройства фундаментов и усиления оснований опор ВЛ

ГК «ГЕОИЗОЛ»

Богданов И.С., главный конструктор

При прокладке электросетей опоры высоковольтных линий зачастую необходимо устраивать в местах со сложным рельефом, к примеру — в горной местности. В настоящее время в качестве фундамента для таких объектов, как правило, применяются типовые конструктивные решения с устройством типовых фундаментов мелкого заложения. К дополнительным затратам при устройстве таких фундаментов относятся расходы на формирование площадки, необходимой для складирования материалов и работы техники, ее обслуживание и защиту от опасных грунтовых процессов.

В случае применения свайных технологий можно увеличить эффективность работы фундаментов опор и в то же время минимизировать финансовые затраты на устройство площадки. Несмотря на это, как правило, проектировщики отказываются от такого типа фундаментов. Причиной тому является высокая стоимость доставки к месту установки опор крупногабаритного оборудования для изготовления свай.

На сегодняшний день существуют технологии, позволяющие выполнять свайные фундаменты на значительную глубину (**Рисунок 1**) с использованием малогабаритных мобильных установок как на гусеничном ходу, так и с навеской на различные типы экскаваторов (в том числе, на горные экскаваторы). Одной из таких технологий является многофункциональная геотехническая система GEOIZOL-MP (**Рисунок 2**), с помощью которой возможно реализовать свайные фундаменты в любой труднодоступной местности.

Весь процесс выполнения элемента многофункциональной системы GEOIZOL-MP происходит на одном технологическом этапе. Штанга одновременно является буровым и инъекционным инструментом. Сразу с началом бурения производится инъекция (через внутренне отверстие буровой трубы под давлением 5-10 бар) промывочной цементной смесью (В/Ц — 0,7...0,8). Цементная смесь, проникая в структура грунта, стабилизирует стенки скважины, устраняя необходимость применения обсадных труб. При этом штанга вместе



Рис. 1. Свайные фундаменты под опоры ВЛ с применением системы GEOIZOL-MP

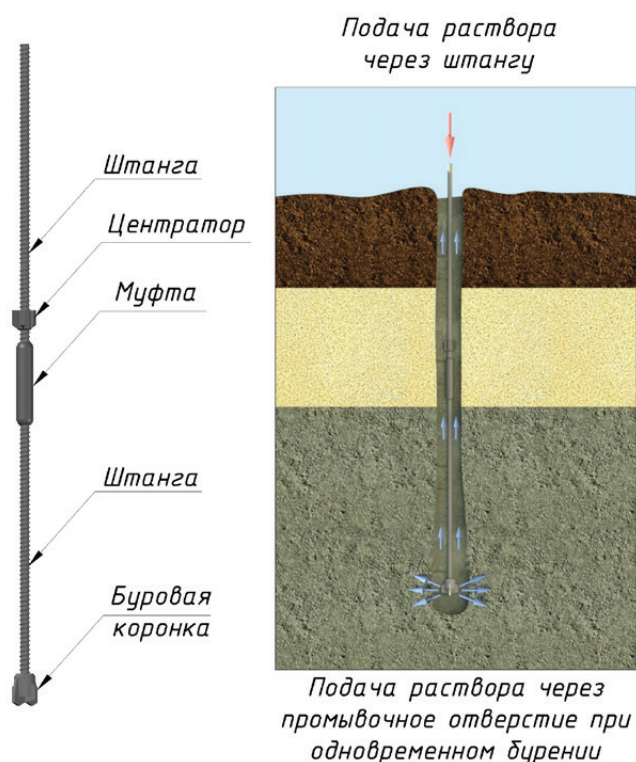


Рис. 2. Многофункциональная геотехническая система GEOIZOL-MP

с соединителями (муфтами) остается в скважине, выполняя функцию центрального армирования сваи. Для обеспечения проектного положения штанги применяют центраторы.

Кроме того, система GEOIZOL-MP может быть использована для инженерной защиты территории в случае возникновения оползневых процессов на прилегающей к ранее выполненным фундаментам мелкого заложения территории. Такие явления повсеместно возникают в зонах опор электросетей. Причиной тому являются особенности технологических процессов при выполнении строительно-монтажных работ. Как правило, для формирования площадки под устройство опор электросетей на сложном рельефе выполняется подрезка склона, а часть площадки, где требуется насыпь, отсыпают с помощью местного грунта, который получают при подрезке склона. То есть отсыпка насыпи устраивается фактически на существующем рельефе местным грунтом, физико-механические показатели которого, как правило, не контролируются. Впоследствии после выпадения осадков и намокания данный грунт начинает сам сползать по склону, а также провоцировать оползневые процессы на ранее устойчивом склоне, на котором он был отсыпан.

В таких случаях для повышения устойчивости склона эффективным решением является нагельное крепление (Рисунок 3) тела оползня с использованием технологии



Рис. 3. Нагельное крепление склона с противоэрозионной защитой канатно-сетчатой системой

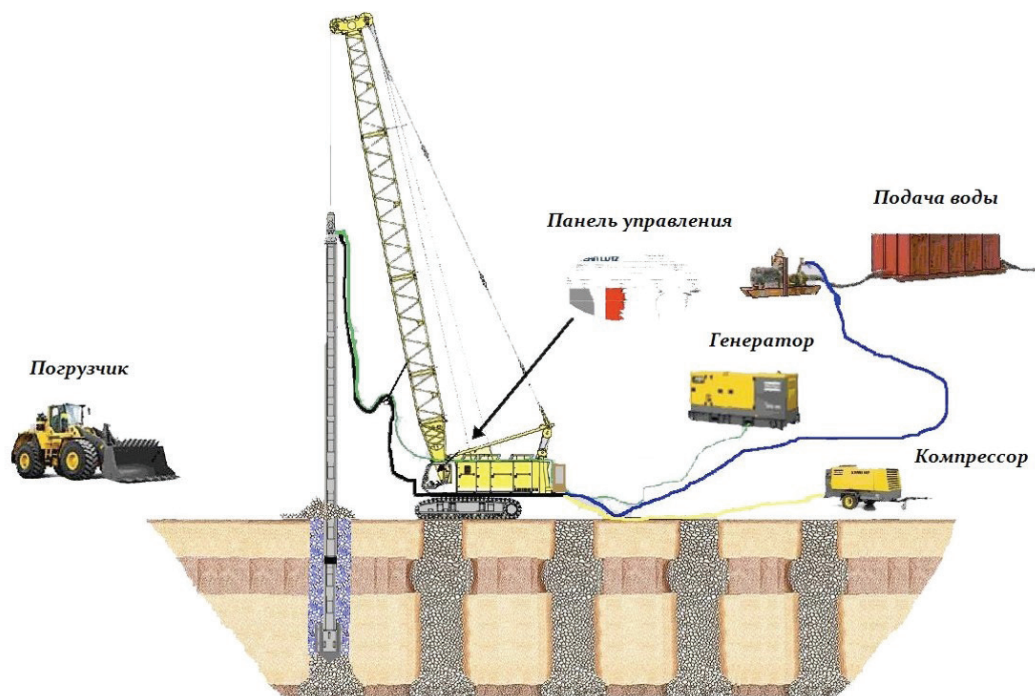


Рис. 4. Технология устройства щебеночных свай

GEOIZOL-MP, которое выполняется с минимальным применением бетонных работ. Для достижения наибольшего эффекта данную технологию необходимо выполнять до начала активных оползневых процессов. После начала схода оползня применение данного решения будет менее эффективно, поскольку грунт в этом случае получит значительные повреждения и разуплотнится. Остановить движение оползня и сопровождающие это явление процессы без выемки тела оползня будет крайне проблематично и может повлечь существенные финансовые и временные затраты.

Многофункциональная геотехническая система GEOIZOL-MP обрела свое оптимальное применение в противооползневой защите без изменения рельефа местности. Данное решение получило большое распространение, благодаря следующим преимуществам:

- переход от массивных подпорных железобетонных конструкций к сохранению эстетичного внешнего вида примыкающих склонов;
- возможность выполнять работы малогабаритной техникой;
- выполнение гарантированного усиления существующих насыпей без проведения земляных работ.

Для устройства площадок на местности со сложными инженерно-геологическими условиями (в том числе с нестабильными грунтами, в районах с вклю-

чением торфа, с текучими глинами) эффективно применять технологию щебеночных свай (Рисунок 4), которая позволяет формировать площадки большой площади, что зачастую актуально для расстановки электрооборудования.

Основными преимуществами технологии устройства щебеночных свай являются следующие показатели:

- увеличивается несущая способность грунтов основания;
- уменьшается осадка в 2-6 раз;
- возможность выполнить быстрое строительство насыпи, не дожидаясь консолидации грунтов основания (длительной стабилизации их деформаций в глинистых грунтах);
- предотвращение резкого снижения физико-механических характеристик грунта во время землетрясений и исключение общей потери устойчивости основания;
- выполняется непосредственно на существующем рельефе;
- максимальное использование местных материалов;
- снижение расхода материалов в 2-3 раза по сравнению с технологией замены грунта основания;
- минимизация земляных работ (не требуется разработка котлована);
- отсутствует потребность в водоотводе.



Список литературы:

1. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». – М: 2011.
2. ВСН 506-88 «Проектирование и устройство грунтовых анкеров». – М: 1989.
3. ТУ 5264-001-50868904-2013 Трубчатые винтовые штанги и соединительные элементы к ним (муфты, гайки) многофункциональной геотехнической системы GEOIZOL-MP;
4. СТО НОСТРОЙ 109-2013 «Освоение подземного пространства. Устройство грунтовых анкеров, нагелей и микросвай. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ.» - М.: 2013;
5. СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003»;
6. СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81* (актуализированного СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)) (с Изменением N 1).»
7. Heinz J.Priebe «The design of vibro replacement»
8. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»
9. DIN EN 14731-2005. Execution of special geotechnical works – Ground treatment by deep vibration

ГК «ГЕОИЗОЛ»
г. Санкт-Петербург
+7 (812)337 53 13
info@geoizol.ru
www.geoizol.ru



Сваебойное и буровое оборудование JUNTTAN

ООО «Главальянс»

Ануфриев Ю.Н., генеральный директор

Группа Компаний ООО «ГЛАВАЛЪЯНС» (ранее известная нашим партнёрам как ООО «Стройтех») работает на рынке уже более 20-ти лет и является единственным эксклюзивным дилером в России и странах ближнего зарубежья финской фирмы «JUNTTAN» («ЮНТТАН»). Компания JUNTTAN производит строительное оборудование и инструмент для устройства свайных фундаментов: буровые и сваебойные установки, вибропогружатели, гидравлические и дизельные молоты и т.п.

Поставки оборудования нашей компанией осуществляются по принципу «под ключ» с предоставлением всего спектра гарантийного и послегарантийного обслуживания и обеспечением требуемыми в процессе эксплуатации запасными частями и расходными материалами. Нашей приоритетной задачей является поддержание стандартов качества работы компании на высоком уровне с одновременным постоянным диалогом и поддержанием хороших партнерских отношений с покупателями нашего оборудования.

Сваебойное и буровое оборудование финского производителя JUNTTAN

На сегодняшний день несомненным лидером по производству свайных фундаментов является финский завод «JUNTTAN OY». Вот уже 40 лет компания Junttan разрабатывает и производит качественное сваебойное оборудование. В далеких 1960-х годах финская компания по закладке фундаментов Savon Varvi положила начало развитию Junttan.

Этапы развития компании:

1970-е годы

1976 — основана компания Junttan

1979 — выпущена первая гидравлическая сваебойная установка

1980-е годы

1983 — начат выпуск знаменитых сваебойных установок Junttan PM20

1984 — начало поставок сваебойных установок Junttan за рубеж

1984 — налажены экспортные поставки в Швецию и Данию

1988 — запущена в эксплуатацию первая машина для глубокой стабилизации грунта

1990-е годы

1993 — запущена новая серия гидравлических молотов ННК А

1996 — запущена в эксплуатацию первая сверхмощная сваебойная установка PM26-40

Junttan признан ведущим европейским производителем гидравлических сваебойных установок

2000-е годы

2000 — открыт новый завод Junttan

2001 — запущены в производство гидравлические молоты серии ННК S

2005 — запущена в эксплуатацию новая платформа роторов бурения

2006 — компания Junttan вошла в группу компаний PiloMac

2007 — запущен в эксплуатацию самый большой гидравлический молот ННК25S

2007 — выпущен 1000-й гидравлический молот

2008 — выпущена 500-я сваебойная установка

2008 — развитие новых производственных мощностей

2010-е годы

2010 — контрольный пакет акций Junttan Oy выкуплен семьей Браверус (Brotherus)

2010 — запущены в производство новый модельный ряд сваебойных

установок PMx и концепт гидравлического молота SHARK

2010 — покупка предприятия по производству буровых установок ExcaDrill у компании PiloMac Oy

2012 — покупка предприятия по производству запчастей у компании Komax Oy

2016 — празднование 40-й годовщины со дня основания компании Junttan



Компания Junttan получила мировое признание благодаря исключительной компетентности и высокому профессионализму своих сотрудников. Это позволило им разработать универсальный пакет инструментов, позволяющий решать любые самые неординарные технические задачи. Обширный модельный ряд позволяет удовлетворить любые требования клиента и применять в своей работе клиентоориентированный подход. Так же Компания предлагает всю номенклатуру запасных частей, инструменты развития бизнеса, техническое сопровождение и обучение персонала на рабочих местах.

Сваебойные и буровые установки Junttan позволяют выполнять сложные работы в суровых условиях. Финские инженеры и конструкторы неустанно трудятся, что бы клиенты компании могли постоянно повышать экономическую эффективность своего производства.

С 2004 года официальным эксклюзивным дилером завода Junttan в России и странах СНГ является Компания «Главальянс» располагающаяся в г. Санкт-Петербурге. И вот уже 14 лет Главальянс помогает строительным организациям обеспечить качественное и эффективное производство работ по свайным фундаментам. Благодаря накопленному опыту в данной отрасли специалисты компании принимают и профессионально выполняют десятки заявок в день от своих клиентов, а это грамотные консультации по подбору оборудования, запасных частей, сервисного обслуживания, проведение сделок по продаже оборудования и запасных частей, а так же выезды сервисных инженеров на объекты. За долгие годы работы специалисты Компании «Главальянс» определили модельный ряд оборудования завода производителя, которое пользуется в России и странах ближнего зарубежья наибольшим спросом среди строительных компаний. Этот модельный ряд я и хочу Вам сегодня представить.

Сваебойные установки серии CLASSIC

Каждая сваебойная установка производства компании Junttan представляет собой высокотехнологичное оборудование, изготовленное в соответствии с требованиями клиента. Эти установки отличает от конкурентов высокая производительность и надежность в эксплуатации. Тщательная разработка и сборка установок гарантирует их максимальную эксплуатационную эффективность. Один из главных приоритетов компании — комфорт и безопасность оператора установки. В сваебойных установках Junttan применяются передовые технологии, позволяющие производить работы практически бесшумно и с минимальной вибра-

цией. Такое оборудование разрабатывается с учетом природоохранных норм, поэтому оно намного более экологично, чем традиционные дизельные молоты и механические сваебойные установки.

Модель: PM20LC — компактная сваебойная установка для устройства деревянных, стальных и бетонных свай. Рекомендуемый вес молота 4 000–5 000 кг, максимальная длина стрелы 19 м. Производительность установки обусловлена ее повышенной мобильностью. С помощью телескопической стрелы вы будете работать со сваями легко и быстро. Гидравлические молоты Junttan гарантируют оптимальный КПД при забивке свай.

- Средний рабочий вес: 64 000 кг.
- Грузоподъемность стрелы: 16 000 кг.
- Рекомендуемый молот: 4 - 5 тонн.
- Макс. длина сваи: 20 м.
- Мощность двигателя: 240 л.с. (179 кВт.)
- Грузоподъемность лебедки: свая — 10 000 кг., молот — 10 000 кг.
- Длина ходовой тележки: 5 100 мм.
- Ширина ходовой тележки: 3 200 – 4 700 мм.

Модель: PM25HD — сваебойная установка среднего веса, применяемая для устройства стальных и бетонных свай. Данная сваебойная установка отличается максимальной устойчивостью и широким углом наклона стрелы. Рекомендованный вес ударной части молота от 5 000 кг до 7 000 кг и максимальная длина сваи 22 метра.

- Средний рабочий вес: 65 000 кг.
- Грузоподъемность стрелы: 16 000 кг.
- Рекомендуемый молот: 5 - 7 тонн.
- Макс. длина сваи: 22 м.
- Мощность двигателя: 304 л.с. (227 кВт.)
- Грузоподъемность лебедки: свая – 10 000 кг., молот — 10 000 кг.
- Длина ходовой тележки: 5 100 мм.
- Ширина ходовой тележки: 3 200 — 4 700 мм.

Модель: PM25H — сваебойная установка среднего веса, применяемая для устройства стальных и бетонных свай. Данная сваебойная установка отличается максимальной устойчивостью, стрела установки может отклоняться под разными углами. С помощью телескопической стрелы и гидравлических молотов Junttan вы будете работать со сваями легко и быстро.

- Средний рабочий вес: 78 000 кг.
- Грузоподъемность стрелы: 20 000 кг.
- Рекомендуемый молот: 5 – 9 тонн.



- Макс. длина сваи: 25 м.
- Мощность двигателя: 376 л.с. (280 кВт.)
- Грузоподъемность лебедки: свая – 10 000 кг., молот – 15 000 кг.
- Длина ходовой тележки: 5 700 мм.
- Ширина ходовой тележки: 3 380 – 4 880 мм.

Модель: PM25LC — сваебойная установка среднего веса, применяемая для устройства стальных и бетонных свай. Данная сваебойная установка отличается максимальной устойчивостью и широким углом наклона стрелы. Рекомендованный вес ударной части молота от 5 000 кг до 7 000 кг и максимальная длина сваи 22 метра.

- Средний рабочий вес: 70 000 кг.
- Грузоподъемность стрелы: 18 000 кг.
- Рекомендуемый молот: 5 - 7 тонн.
- Макс. длина сваи: 22 м.
- Мощность двигателя: 304 л.с. (227 кВт.)
- Грузоподъемность лебедки: свая – 10 000 кг., молот – 10 000 кг.
- Длина ходовой тележки: 5700 мм.
- Ширина ходовой тележки: 3200 – 4700 мм.

Сваебойная машина используется при возведении фундаментов различных гражданских и промышленных зданий. Любой строитель, который занимается этим, знаком с данным оборудованием. Особых нареканий на работу не было, одни сплошные положительные отклики. Оборудование может выйти из строя только в том случае, когда его неправильно подберут под строительную площадку. При этом учитывают характер грунта, климатические условия и тип работы. Еще одним важным показателем является объем строительных работ. Не все сваебойные установки способны выполнить необходимый объем. Если все факторы учтены верно, то фундамент получится прочным и надежным. Сваебойные машины, характеристики которых отвечают всем строительным условиям, выполняют качественную работу. Кроме того, на такую технику можно устанавливать дополнительное бурильное оборудование, которое служит для получения скважин различной глубины, например, сваебойная установка PM25LC с возможностью оборудования ротором лидирующего бурения Junttan JD3.

Принцип работы сваебойной установки заключается в поднятии сваи в горизонтальное положение, выводе ее на проектную точку «забивки» и при помощи молота забивании до тех пор, пока не будет достигнута отметка, заданная в строительном проекте. При этом выдается приказ об отказе. Эта отметка показывает

значение глубины при последнем ударе молота. В технике Junttan за всеми этапами работы установки следит компьютер, а оператору остается только контролировать работу электроники, что обеспечивает оператору комфорт и безопасность.

Гидравлические молоты серии CLASSIC

При производстве гидравлических молотов компания Junttan использует передовые технологии и собственные «ноу-хау», чтобы потребитель мог получить максимум от использования этого оборудования на любой строительной площадке. До 95% энергии молота передается на погружаемую сваю, что позволяет оптимизировать процесс забивания свай и снизить затраты.

Компания Junttan постоянно совершенствует свои гидравлические молоты. В результате значительно снижены уровень шума и количество вредных выбросов, в сравнении с традиционными молотами. Оптимизированный процесс погружения сваи позволяет максимально снизить вредное воздействие оборудования на окружающую среду.

Junttan разрабатывает и тестирует свои гидравлические молоты в соответствии с самыми высокими требованиями современного строительного бизнеса, что позволяет обеспечить максимальную производительность оборудования в любых эксплуатационных условиях. Широкий спектр технических решений и моделей оборудования позволяет найти оптимальное решение для любой задачи при реализации строительного проекта.

Рассмотрим более детально модели молотов производимые заводом Junttan.

Модели серии А — среднего класса ННК5А / ННК7А / ННК9А, тяжелого класса ННК12А / ННК14А / ННК16А с характеристиками:

- Вес ударной части: от 5 до 16 тонн.
- Макс. энергия: от 59 кНм до 188 кНм.
- Макс. высота падения: 1 200 мм.
- Ударов в минуту: 40-100
- Общий вес: от 8 400 кг. до 30 200 кг.
- Поток масла: от 304 л/мин. до 795 л/мин.

Молоты серии ННК А имеют регулируемый рабочий ход до 1,2 м, их КПД на 20 % выше, чем у обычных молотов того же веса со свободным падением. Такой молот может применяться для забивки свай любого типа: железобетонных, стальных трубчатых и деревянных. Благодаря уникальной конструкции станины молота и свайного наголовника молот работает с низким уровнем



нем шума и вибрации. Вся энергия удара сконцентрирована на центре сваи. Конструкция молота позволяет использовать биоразлагаемые гидравлические масла. Молот легко подключается к любым гидравлическим системам и может работать как от гидравлической системы, так и от отдельной силовой станции. Молот можно крепить на стрелах любого типа, а также в свободноподвешенном состоянии.

Модели серии S — отличаются от серии А повышенной энергией удара и применяется в основном при забивке стальных труб.

Среднего класса ННК5S / ННК7S / ННК9S, тяжелого класса ННК16S / ННК20S / ННК25S / ННК28S с характеристиками:

- Вес ударной части: от 5 до 28 тонн.
- Макс. энергия: от 74 кНм до 412 кНм.
- Макс. высота падения: 1 500 мм.
- Ударов в минуту: 30-100
- Общий вес: от 9 000 кг. до 51 500 кг.
- Поток масла: от 328 л/мин. до 999 л/мин.

Гидромолот имеет два основных конструктивных узла — блок управления и ударный механизм, которые содержат следующие элементы: магистрали подачи гидравлической жидкости (напорные и сливные); боек, который перемещается по направляющей штанге, и размещенный в нем поршень; гильза, оборудованная плунжерным механизмом и обратным клапаном.

Принцип действия гидравлического сваебойного молота в упрощенном описании выглядит следующим образом: из штатной гидравлической системы базовой машины в молот поступает гидравлическая жидкость; жидкость заполняет поршневой блок, в результате чего ударный боек поднимается в верхнюю часть корпуса и сдвигает пневмопружину, что приводит к сжатию находящегося в ней газа; происходит заполнение плунжера гидравлической жидкостью; блок управления регулирует давление гидравлической жидкости, находящейся в напорных и сливных линиях, до тех пор, пока оно не станет идентичным. Излишки жидкости подаются в поршневой блок, что приводит к дополнительному сдвиганию газа в пневмопружине; после открытия пневмопружины газ под давлением воздействует на боек, тот начинает ускоренно перемещаться вниз и бьет по закрепленной в наголовнике молота свае.

Планомерное вытеснение гидравлическими молотами других видов техники для ударной забивки свай (паровых и дизельных молотов штангового и трубчатого типа) обуславливается значительным превосходством гидравлического оборудования по всем

техническим и эксплуатационным характеристикам, включая большую продолжительность ресурса работы.

В качестве примера предлагаем ознакомиться с сравнительными характеристиками основных параметров гидравлического молота Junttan ННК5А и популярного дизельмолота СП-7.

- Номинальный рабочий ресурс до проведения капитального ремонта: Junttan ННК-5А — 26 тысяч свай, СП-7 — 5 тысяч свай;
- Продуктивность работы при погружении квадратной сваи длиной 9 метров и сечением в 35*35 см в грунты умеренной плотности (в течении одной рабочей смены): Junttan ННК-5А — 60 штук, СП-7 — 25-30 штук;
- Максимальная энергия ударной части: Junttan ННК-5А — 59 кНм, СП-7 — 42,4 кНм;
- Количество ударов по свае в течении одной минуты работы: Junttan ННК-5А — от 40 до 100 шт., СП-7 — от 42 до 50 шт.;
- Максимальное сечение забиваемых свай при использовании комплектных наголовников: Junttan ННК-5А — 47*47 см, СП-7 — 35*35 см;
- Номинальный расход топливной смеси при разных режимах работы: Junttan ННК-5А — от 1.5 до 3.6 л/ч, СП-7 — от 8.3 до 10 л.

Как мы можем убедиться на данном примере, гидромолоты являются более совершенным оборудованием не только в плане технических характеристик, но и по спектру доступных функциональных возможностей. Рассмотрим основные преимущества применения данной техники: за счет возможности точной регулировки развиваемой бойком ударной энергии (в диапазоне 10 до 80 кНм), при использовании гидравлического молота оператор копровой установки может точно регулировать режим забивки и выбирать оптимальный вариант работы молота в зависимости от грунтовых условий на стройплощадке; гидромолоты обладают максимально возможной среди всех видов сваебойной техники энергией удара. Там, где забивка свай дизельмолотом будет возможна только с применением технологии лидерного бурения либо подмыва грунта, гидромолот сможет забить сваю без применения каких-либо вспомогательных технологий; гидравлические молоты отличаются максимально эффективной системой принудительного охлаждения, при их эксплуатации не возникает необходимость вынужденного простоя техники в связи с перегревом - забивка может осуществляться в режиме 24/7; гидромолоты, несмотря на большую мощность, обладают более щадящим режимом работы, даже при забивке на полной мощности не происходит



деформирования головы сваи.

Многофункциональные буровые установки серии CLASSIC

Универсальные установки компании Junttan созданы как для производства различного вида буронабивных свай, так и забивных. Разработанные в тесном сотрудничестве со строительными компаниями, универсальные установки Junttan отличаются прекрасными техническими характеристиками. Каждая из представленных моделей по-своему уникальна. Кроме всего прочего, универсальные установки легко перевозить с одной строительной площадки на другую. Это оборудование отличается прекрасной устойчивостью и высокой производительностью, оно экологично и безопасно.

Модель: PM26 - многофункциональная буровая установка, предназначенная для работы в тяжелом режиме. Эта установка является самой легкой и производительной в своей категории, несмотря на способность выполнять самые тяжелые работы. PM26 может быть оснащена оборудованием для устройства забивных свай, монолитных свай, буроинъекционных свай методом полого шнека и свай большого диаметра.

Характеристики:

- Средний рабочий вес: 95 000 кг.
- Мощность двигателя: 520 л.с. (388 кВт)
- Грузоподъемность стрелы: 30 000 кг.
- Вес ударной части рекомендуемого молота: 5 – 7 т.
- Макс. длина сваи: 26 м.
- Грузоподъемность главной лебедки: 250 kN
- Грузоподъемность вспомогательной лебедки: 120 kN
- Сила извлечения: 1 000 kN
- Сила задавливания: 360 kN
- Длина ходовой тележки: 5 700 мм.
- Ширина ходовой тележки: 3 500 — 4 770 мм.
- Ротор JD40

Технологии выполняемые данной установкой:

- «DCIS» — набивные бетонные сваи ударным способом
- CFA» — непрерывный проходной шнек
- Келли
- DDS» — буронабивные сваи без выемки грунта

Модель: PM28 — многофункциональная буровая установка, предназначенная для работы в тяжелом режиме. PM28 может быть оснащена оборудованием для устройства монолитных свай, буроинъекционных свай методом полого шнека и свай большого диаметра.

Характеристики PM28 отличаются от PM26 только

средним рабочим весом 100 000 кг. против 95 000 кг. на PM26, но отличаются технологии производимых работ:

- «CFA» — непрерывный проходной шнек
- Келли
- «DDS» — буронабивные сваи без выемки грунта

Для большего понимания технологий бурения данными установками можно описать их подробнее.

Технология «DCIS» — обсадная труба с теряемым наконечником забивается в грунт гидромолотом. Как только проектная глубина достигнута, в трубу вставляется арматура. Затем пластичный бетон заливают в трубу, которая после этого извлекается из грунта с помощью специального устройства и гидромолота, работающего в режиме частых коротких ударов, при этом происходит также уплотнение бетона. Высокоэффективные машины компании «Junttan» по технологии «DCIS» обеспечивают превосходную производительность. Так как необходимо существенное извлекающее усилие для обсадной трубы, требуется система контроля за процессом. Компания «Junttan» обращает пристальное внимание не только на производительность и надежность оборудования, а также и на безопасность на рабочем месте.

Технология «CFA» — эта технология позволяет осуществить бурение скважины, после чего посредством внутренних полостей шнека произвести ее заливку жидким бетоном с последующим монтажом армокаркаса вибрационным методом. Технология CFA предполагает бурение скважин для установки свай посредством шнекового бура. Данный метод монтажа свай объединяет в себе преимущества набивного способа (без извлечения почвы) и буронабивного. Бурение скважин позволяет сооружать фундаменты для строений и конструкций в самых разнообразных типах грунтов: слабых породах (известняке, песчанике, туфе), плотном либо рыхлом грунте, заболоченном или сухом. В процессе производства отверстий для свай отсутствуют любые вибрационные, ударные воздействия. Более того, стандартное CFA-оборудование снабжено качественной звукоизоляцией, позволяющей осуществлять производство работ в городских центрах.

Технология Келли - суть метода бурения буронабивных свай с применением келли-штанги в следующем. В грунт погружается обсадная труба с помощью вращателя. Труба одновременно вдавливается гидравлическим домкратом. Сама обсадная труба состоит из секций, которые жестко соединены между собой.

Погрузив трубу на определенную глубину, шнеком извлекают из нее грунт. После этого на трубу на-



кладывают и закрепляют очередную секцию. Шнек закрепляют на телескопической штанге Келли. Она раздвигается при углублении скважины.

Обсадная труба имеет армированный наконечник, который называют кольцевой коронкой. Эта коронка разбурирует грунт и бетон. Погрузив обсадную трубу на глубину около двух метров, используют штангу Келли для очищения трубы от грунта. Для этого на штангу подвешивают короткий шнек.

Через каждые два метра извлекают грунт и погружают обсадную трубу дальше. Когда достигают конечной проектной глубины, буровой инструмент извлекают из колонны обсадной трубы, зачищают забой от шлама, устанавливают и фиксируют арматурный каркас. Теперь бетонируют сваи методом вертикально перемещающейся трубы.

Данная технология имеет невысокую производительность, но ее применение иногда необходимо. Эти работы можно выполнять в грунтах любого типа. Если работы нужно выполнить рядом с жилыми или промышленными зданиями, работы по этой технологии проводятся без динамических и вибрационных воздействий на грунт.

Технология «DDS» — буронабивные сваи без выемки грунта

Технология устройства буронабивных свай уплотнения (DDS) исключает процесс выемки грунта благодаря использованию специального рабочего наконечника,

уплотняющего разбуриваемый грунт в стороны. Когда достигается рабочая отметка бурения, происходит заполнение скважины бетоном при помощи бетононасоса через отверстие в буровом снаряде. Рабочий наконечник распирает скважину и не дает возможности бетону подняться выше. Арматурный каркас погружается в тело выполненной сваи с помощью вибратора.

Технология устройства буронабивных свай уплотнения следующая:

- обсадная труба с нижним наконечником погружается гидромолотом или ввинчивается в грунт до проектной отметки;
- в погруженную трубу опускают армирующий каркас и нагнетают бетонную смесь;
- труба извлекается противовращением с одновременным вытягиванием, при этом стальной наконечник остается в грунте.

Заключение

Где бы ваши строительные проекты ни застали вас, рядом находится представитель компании «Junttan», готовый помочь найти наилучшее решение по устройству свай как раз для вашего конкретного проекта. Если вы хотите получить консультации о наших новинках или убедиться, что ваш существующий парк машин в настоящее время используется эффективно, напишите нам или позвоните. Ведущий в мире эксперт по свайным работам всегда доступен и в вашем распоряжении!

ООО «Главальянс»
г. Санкт-Петербург
+7 (812) 670 80 84
info@junst.ru
www.junst.ru



Цифровизация РЭС с использованием новых технологий. Опыт компании МНПП «Антракс»

ООО МНПП «АНТРАКС»

Золотых А.Г., заместитель директора

Аннотация

Энергосистема районных электрических сетей переходит сейчас к цифровой модели управления, что невозможно без внедрения эффективной системы мониторинга. Современная система мониторинга должна быть адаптивной и легко модернизируемой, с интеграцией новых устройств в существующую сеть. Важной частью системы является анализ сетевых процессов и передача данных диспетчерскому персоналу и оперативно-выездной бригаде. Внедрение систем мониторинга даёт возможность не только непрерывного контроля состояния линий электропередачи, но и применения предиктивной диагностики. Для оптимального построения системы мониторинга необходим предварительный анализ схемы районных электрических сетей с выявлением слабых мест. В статье рассматривается эффективность внедрения системы мониторинга у управления высоковольтными линиями электропередачи в Чистопольском РЭС ОАО «Сетевая компания» и практические значения улучшения индексов надёжности сети. Анализ информации, полученной из группы диагностических устройств, в режиме реального времени предоставил возможность широко оценить процессы в распределительной сети и обеспечить надежное электроснабжение потребителя. Владея технологиями машинного обучения, система мониторинга использует прогностические функции, определяя возможность аварийных ситуаций. Она является жизненно важной составляющей механизма эффективного принятия решений, формируя многоуровневую информационную сеть.

Введение

На сегодняшний момент российская энергосистема идёт по пути трансформации для внедрения базовых принципов цифровизации. Важной единицей преобразованной энергосистемы становится Цифровой

РЭС. Основными отличительными признаками нового высокоавтоматизированного района распределительных электрических сетей становятся наблюдаемость и управляемость в режиме реального времени с поддержкой функции самодиагностики и самовосстановления, а также интеллектуальный учет электроэнергии и использование цифровых систем связи.

Цифровизация районов электрических сетей не только соответствует стратегии развития Министерства энергетики России, но и является обязательным шагом для модернизации энергосистемы и повышения её надёжности и эффективности. Цифровизация РЭС может происходить различными способами, поэтому так важно изучения успешных проектов для облегчения последующего тиражирования.

Аддитивная цифровизация

Дорогостоящим и сложным в освоении для персонала РЭС является переход на цифровые технологии при комплексной реконструкции ПС, ВЛ и КЛ. Подход к цифровизации и автоматизации должен быть гибким, прежде всего включая в себя выявление слабых мест энергосистемы. Необходим анализ наиболее аварийных элементов РЭС, изношенности оборудования ПС, оснащённости устройствами секционирования ВЛ и практики использования SCADA-системы. Для простоты и эффективности «цифровизации» внедрение должно идти на базе уже имеющейся системы с добавлением устройств типа plug&play, не требующих длительной настройки и сложных навыков эксплуатирующего персонала. При этом после модернизации РЭС должно обеспечиваться определение повреждённого участка линий электропередачи с визуализацией диспетчеру текущего состояния сети и места аварии, автоматическое секционирование ВЛ при аварийном процессе и удобство поиска повреждения персоналом ОВБ. Задачу обеспечения наблюдаемости



сети в режиме реального времени возможно решить внедрением интеллектуальной системы мониторинга и управления.

На объектах ОАО «Сетевая компания» внедрение системы мониторинга и управления РЭС происходило поэтапно. В 2016 году в филиале Чистопольские электрические сети была реализована опытно-конструкторская работа по внедрению геоинформационной системы топографических средств определения места повреждения с применением индикаторов короткого замыкания ИКЗ-34. Комплекты устройств были установлены на двух фидерах общей длиной более 100 км. Чистопольские электрические сети - это самый большой по обслуживаемой территории филиал ОАО «Сетевая компания», занимающий 13 100 км². За 2016 год в Чистопольских сетях произошло 684 аварийных отключения. Результатом выполнения пилотного проекта стало сокращение времени поиска места повреждения в 5 раз, а значит и значительное сокращение времени отключения потребителя. [1]

Точечная установка оборудования на наиболее аварийном участке позволила сразу решить острую проблему энергосистемы. Благодаря аддитивному характеру внедряемой системы мониторинга, решение удалось легко достроить и тиражировать. Данные первых комплектов устройств сразу же собирались и анализировались геоинформационной системой, передающей итоговую информацию в ранее развернутую в Чистопольском РЭС SCADA-систему «ОИК-Диспетчер». В 2017 году было проведено дооснащение ещё 12 участков воздушных линий РЭСа с включением всего оборудования в единую систему. При оснащении всего Чистопольского РЭС индекс средней продолжительности отключения потребителей SAIDI сократился с 6,5 часов до 1,5 часов, а недоотпуск электроэнергии — с 16 877 кВт/ч до 8 589 кВт/ч

Также улучшился индекс среднего количества отключений потребителей SAIFI с 3,6 до 1,9 отключения. Такое улучшение дала предиктивная диагностика воздушных линий: выявление дефекта на ранней стадии до его перехода в устойчивое состояние. Так при проведении опытно-конструкторской работы за 2 дня (14-15 февраля 2017) прибор, установленный на опоре № 56 отработал 13 раз поочередно с сигналом ОЗ3 фазы В и фазы С, но из-за неустойчивой утечки тока при проведении осмотра в дневное время дефектов не выявлено. Во время внепланового осмотра в вечернее время было обнаружено коронирование изоляторов на опорах № 56, 57, что позволило выполнить мероприятия по устранению дефекта. За 2 месяца эксплуатации

выявлено и устранено 7 скрытых дефектов. Подобные предупредительные ремонты, проводимые не по графику, а по необходимости, не только сокращают число аварийных отключений из-за поломок оборудования, но и снижают совокупную стоимость владения энергетической инфраструктурой (ОРЕХ).

От мониторинга к управлению

С целью дальнейшей цифровизации и автоматизации распределительных электросетей в ОАО «Сетевая компания» было принято решение не только масштабировать систему мониторинга «в ширину», разместив её ещё в четырёх РЭСах, но и наращивать «в глубину», дооснастив интеллектуальными средствами управления. Являясь аддитивной, система КОМОРСАН позволяет наращивать как аппаратную составляющую, так и функционал по мере растущих потребностей заказчика. Это позволяет оптимизировать финансовые вложения за счёт поэтапного развития системы. Начав построение интеллектуальной сети с одного прибора и клиент-серверного решения, в дальнейшем система легко дополняется как подключением разнообразных диагностических приборов, так и дополнением системы ресурсами для обработки требуемых объёмов данных.

Система позволяет совмещать функции защиты, мониторинга, учёта и контроля в одном программно-аппаратном комплексе. В 2018 году в рамках опытно-конструкторской работы в Буинском РЭС ОАО «Сетевая компания» идёт дооснащение системы интеллектуальными разъединителями. При получении информации с индикаторов короткого замыкания о возникновении аварийной ситуации, интеллектуальные разъединители РИМ секционируют повреждённый участок линии, уменьшая количество отключённых потребителей. Так же в режиме реального времени работники оперативно-выездной бригады получают уведомление с помощью SMS и e-mail сообщений об аварийном участке линии, что даёт возможность быстро ликвидировать неисправность.

Интеллектуальный разъединитель РИМ-3

Интеллектуальный трехполюсный разъединитель наружной установки РИМ-3 предназначен для оперативного дистанционного секционирования воздушных линий и селективного определения устойчивых и неустойчивых аварийных процессов, включая все виды замыканий на землю. Интеллектуальный разъединитель определяет тип аварии (КЗ, ОЗ3) на линии, направление аварии при ОЗ3, передает сигнал на диспетчерский пункт о состоянии контролируемого участка.

Интеллектуальный разъединитель выполняет вклю-

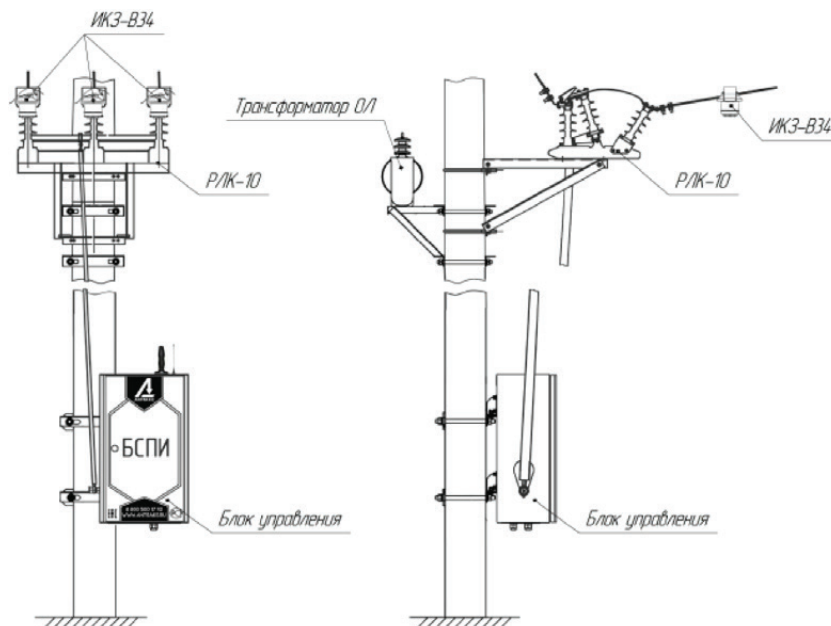


Рис. 1.

чение и отключение обесточенных участков электрической цепи 6-10 кВ дистанционно с пульта диспетчера через SCADA-систему через GSM канал связи по протоколу МЭК-104, либо с помощью местного или ручного управления.

Интеллектуальный разъединитель создает видимый разрыв в цепи между оборудованием, которое выведено в ремонт и оборудованием, которое находится под рабочим напряжением. Состояние разъединителя (включен/ выключен) отображается на пульте управления диспетчера и непосредственно на блоке управления разъединителя.

Отключение линии или контролируемого участка интеллектуальным разъединителем производится в бестоковую паузу. Удаленное отключение, включение разъединителя выполняются по команде диспетчера с помощью управляющих сигналов через SCADA-систему.

Интеллектуальный разъединитель устанавливается в местах секционирования воздушной линии, его также рекомендуется использовать для замены коммутационных аппаратов, переключаемых вручную.

В одном устройстве совмещены два:

- Управляемый разъединитель воздушной линии;
- Индикатор короткого замыкания для воздушных линий электропередачи ИКЗ-В34.

Интеграция информации

Важную роль в создании современного про-

граммно-аппаратного комплекса мониторинга имеет применение в качестве отдельных элементов системы высокоточных устройств мониторинга. Синхронизация данных от устройств мониторинга в единой временной шкале позволяет оперировать фазорами для анализа состояния линии. Использование индикаторов ИКЗ-34 с функцией определения направления потока мощности является наиболее перспективной и технологически сложной ветвью развития указателей поврежденного участка, позволяющей надёжно детектировать ОЗЗ в линиях с изолированной нейтралью. [2]

Для синхронизации в режиме реального времени данных с различных приборов необходимо использование в системе мониторинга надёжных каналов передачи данных. Традиционно для передачи данных задействуются сотовые сети GSM/3G/4G. Однако при перегрузке сотовых сетей либо в сложных погодных условиях этот канал отличается невысокой степенью надёжности. Поэтому возможна передача данных по технологии самоорганизующейся сети (Mesh) от одного устройства к другому. Постоянная доступность трёх и более узлов Mesh-сети в для каждого устройства распределённой диагностики, установленного на линии электропередачи, обеспечивает резервирование канала.

Вся интеграция информации в уже развёрнутую SCADA-систему, например, «ОИК-диспетчер», идёт с использованием стандартных протоколов МЭК 60870-5-104 и МЭК 61850. У диспетчера энергосистемы нет необходимости держать на рабочем столе несколько



«открытых окон» с данными разных систем автоматизации. В события помимо отображения в SCADA-системе передаются отдельными уведомлениями на современные технические устройства: смартфоны и планшеты. Гибкость модели данных системы КОМОСАН позволяет управлять набором ролей и привилегий, уровнем доступа пользователей. Так специально для ОАО «Сетевая компания» было развернуто несколько сложноорганизованных баз данных: центральная, со сбором информации со всех РЭСов, и отдельные для каждого из 4-х РЭСов. Работа в системе ведётся в многопользовательском режиме, система сохраняет информацию в электронных журналах о действиях всех пользователей.

Вывод

Новые технологии интеллектуального управления районами электрической сети формируют новые

принципы организации систем мониторинга и управления для обеспечения требуемых характеристик надежности и качества энергосистемы. Создание эффективной системы мониторинга и управления линиями электропередачи и энергообъектов невозможно только на основе аппаратных устройств без использования программно-аналитических комплексов. Внедряющаяся в ОАО «Сетевая компания» система интеллектуального мониторинга и управления распределительной сети состоит из устройств, разработанных с учетом специфики российских распределительных сетей и работающих на линиях с любым типом заземления нейтрали. Совершенствование энергосистемы — это не только улучшение таких ключевых показателей как SAIDI и SAIFI, уменьшение недоотпуска электроэнергии, но и улучшение имиджа, сокращение числа недовольных пользователей и жалоб на эксплуатирующие службы.

Список литературы:

1. Галимзянов Р.Р. Инновация отличает лидера от догоняющего // Энергоэксперт.- №3 (62) .- М, 2017.- С. 56-57
2. Карташев А. С., Кучерявенков А.А., Рукавицын А. А. Задача поиска ОЗЗ в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью // Автоматизация и IT в энергетике - №12.- М, 2016.- С. 2-5

ООО МНПП «АНТРАКС»
г. Фрязино, Московская обл.
+7 (495) 991 12 30, (499) 681 01 09
mail@antraks.ru
www.antraks.ru

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

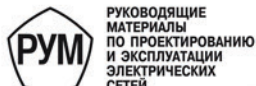
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ



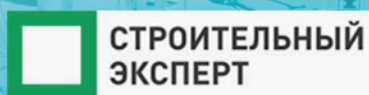
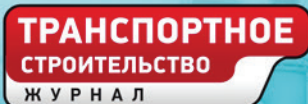
МЕРОПРИЯТИЕ ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЁРЫ:



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЁРЫ:



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

тел./факс +7 (495) 66-55-014

e-mail: info@fc-union.com, www.fc-union.com