

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ОПОРЫ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЛ 110–220 КВ

АВТОРЫ:

РЕПИН А.И.,
К.Т.Н.,
ФИЛИАЛ ОАО «НТЦ ФСК
ЕЭС» – СИБНИИЭ

САВОТИН О.А.,
ФИЛИАЛ ОАО «НТЦ ФСК
ЕЭС» – СИБНИИЭ

ПАВЛОВ А.И.,
ФИЛИАЛ ОАО «НТЦ ФСК
ЕЭС» – СИБНИИЭ

Опоры из композитных материалов применяются для сооружения сетей наружного освещения и электрических сетей различных классов напряжения. Быстромонтируемые,

легкие и компактные комплекты опор ВЛ облегчают и ускоряют восстановление электроснабжения при повреждении или разрушении опор, в том числе в труднодоступной местности.

Ключевые слова: опоры ВЛ, высокая механическая прочность опор, модульные конструкции, композиты.



Фрагмент верхней части опоры

ВВЕДЕНИЕ

Для проведения аварийно-восстановительных работ, строительства и модернизации ВЛ 110–220 кВ в труднодоступной местности требуется установка облегченных современных высокотехнологичных опор, позволяющих ускоренно и с малыми затратами выполнить монтаж ВЛ. При этом важными факторами становятся вес опор, простота их сборки и установки, высокая механическая прочность, стойкость к воздействию климатических факторов, долговечность и экологичность. Эти факторы особенно значимы для труднодоступных районов, где проезд большегрузных транспортных машин становится проблематичным, а доставка железобетонных или стальных опор сопряжена со значительными трудностями.

Целый ряд перечисленных проблем в значительной степени снимается при использовании композитных опор модульной конструкции с изолирующими траверсами.

РАЗВИТИЕ ТЕМЫ

В электроэнергетике композиты нашли применение как основа (силовой элемент, корпус) опорных и подвесных изоляторов, кабельных муфт и т. п.

Основные преимущества композитных материалов (по сравнению с традиционными сталью и бетоном): вес в три раза меньший веса аналогичной металлической конструкции, отсутствие коррозии. Композитный материал обычно состоит из двух компонентов — армирующего стекловолокна и полимерного (эпоксидного) связующего.

В энергетическом строительстве, а именно в производстве стоек опор линий электропередачи, композитные материалы начали

СХЕМЫ ОПОР

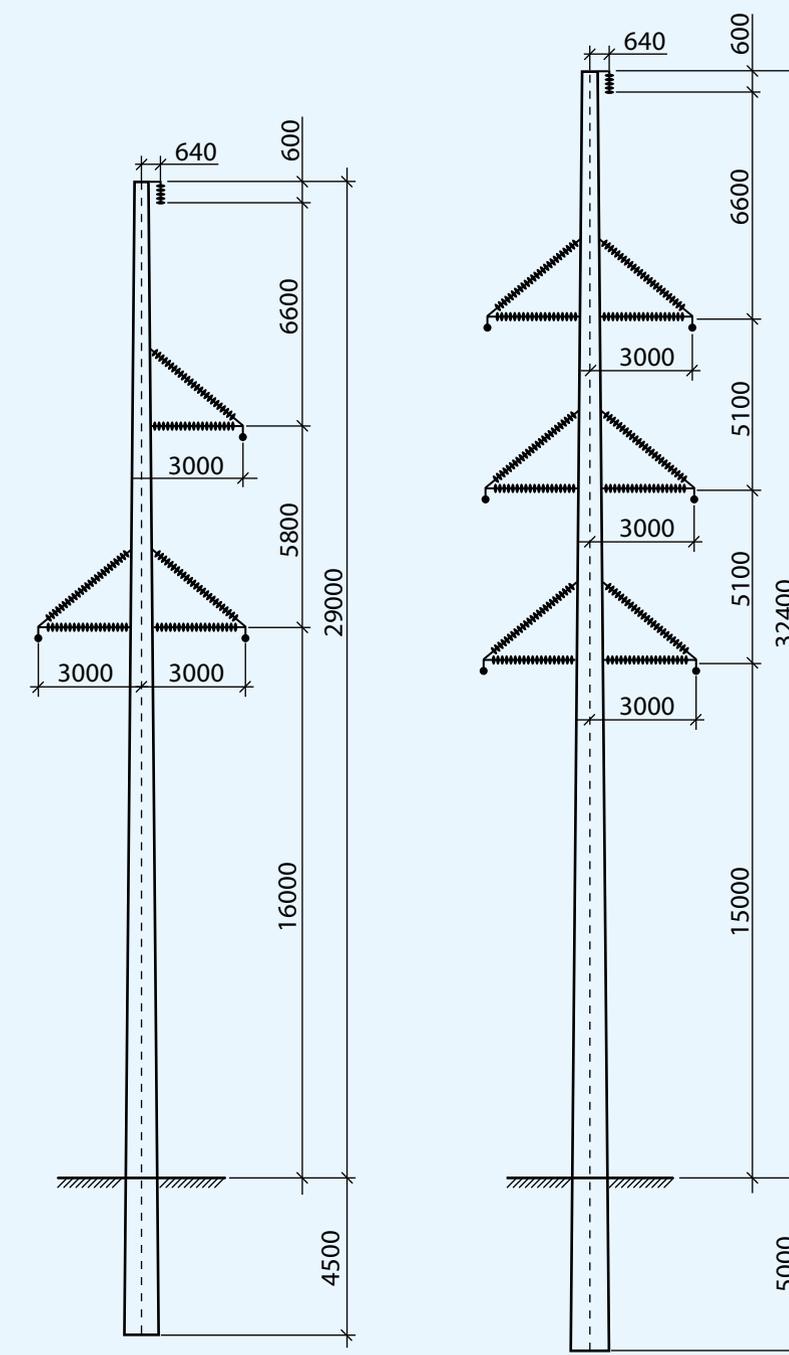


Рис. 1

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЕЙ

Характеристика	Показатель для опоры	
	Одноцепной (ПК220-1)	Двухцепной (ПК220-2)
Габаритный пролет, м	360	315
Масса опоры в сборе, т	2,38	3,5
Высота, м	29,0	32,4
Кол-во модулей стойки, шт.	5	5
Диаметр основания/вершины стойки, м	0,92/0,27	1,08/0,35

Таблица 1

ДЕФОРМИРОВАННАЯ СХЕМА ОПОР

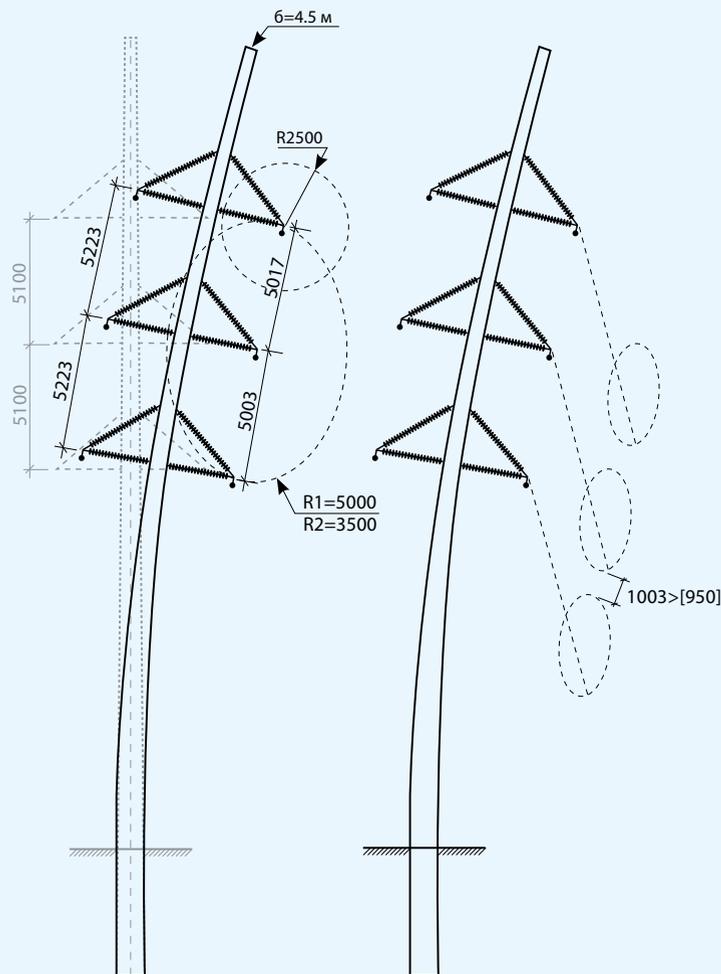


Рис. 2

использоваться сравнительно недавно, но уже получили достаточное распространение, в особенности за рубежом. Стойки композитных опор собираются из конических труб — модулей. Соединение модулей выполняется в телескопическом стыке, так же, как у многогранных стальных опор. Опоры на композитных стойках выполняются как одностоечными, так и двухстоечными, с применением опорных или подвесных изоляторов.

Перевозка стоек опор осуществляется в сложенном виде: модули меньшего диаметра вкладываются в модули большего диаметра, тем самым достигается значительное сокращение транспортных расходов.

В настоящее время опоры ЛЭП из композитных материалов распространены во многих странах мира, успешно эксплуатируются во всех ветровых и гололедных районах на ВЛ от 0,4 до 330 кВ.

РАЗРАБОТКА ОПОР

В 2011–2012 гг. для ОАО «ФСК ЕЭС» был выполнен НИОКР «Разработка и испытание легких одноцепных и двухцепных промежуточных опор из композитных материалов для ВЛ

СХЕМЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОРЫ В ГРУНТЕ

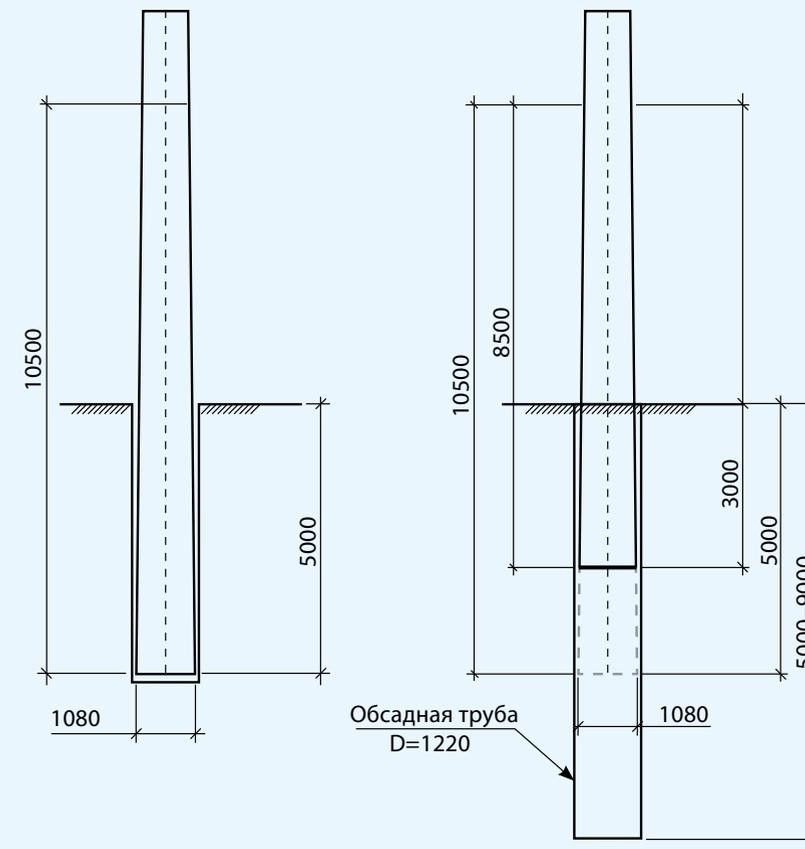


Рис. 3

220 кВ для проведения аварийно-восстановительных работ и применения в труднодоступной местности». Исполнителем работы являлось ЗАО «ФЕНИКС-88», соисполнителем — Филиал ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ. Работа состояла из нескольких этапов, включающих разработку, изготовление и испытания опор.

Первый этап — разработка опор, включающая проектирование и расчеты, — был выполнен фили-

алом ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС» — СибНИИЭ. Были приняты следующие исходные данные:

- провод – АС 400/51;
- грозотрос – 11.0-МЗ-В-ОЖ-Н-Р;
- район по ветру – II (29 м/с);
- район по гололеду – II–IV (15–25 мм);
- температура максимальная – плюс 40 °С;

ИНФОРМАЦИЯ

КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ

Композитные опоры ВЛ представляют собой модульную конструкцию из последовательно собранных конусообразных композитных модулей на основе стекловолокна и применяются для одноцепных и двухцепных промежуточных опор линий электропередач классов напряжения 10, 35, 110, 220 кВ. Способы установки и крепления навесных элементов для сборки композитной опоры определяют некоторую свободу мест расположения этих элементов на усмотрение проектировщика, лимитирующим здесь в первую очередь является отсутствие превышения максимального изгибающего момента в горизонтальном сечении стойки у земли. Существенный недостаток опор из таких материалов – высокая стоимость. В настоящее время они примерно в два раза дороже деревянных опор той же конструкции.

- температура минимальная – минус 60 °С.

При компоновке схем опор выполнялась их оптимизация по критерию минимизации затрат на строительство 1 км ВЛ.

В результате расчетов были установлены оптимальные габаритные пролеты для базовых значений климатических факторов (II района по ветру и гололеду): 360 м – для



Рис. 4. Общий вид опоры перед испытаниями

одноцепной опоры и 315 м — для двухцепной опоры.

Схемы одноцепной и двухцепной опор представлены на рис. 1. Расположение проводов на одноцепной опоре — треугольное, на двухцепной — вертикальное. Все характерные параметры опор — высота опоры, высота до нижней траверсы, расстояния между проводами и между проводами и грозотросом — определены в соответствии с требованиями ПУЭ.

Траверсы опор выполнены изолирующими, составленными из опорных и подвесных изоляторов. Узел крепления к опоре опорного изолятора — ограниченной прочности со срезаемым болтом. Такое крепление обычно используется для снижения нагрузок в аварийном режиме при обрыве провода.

В результате проведенных расчетов получены оптимальные параметры модулей: длина, толщина стенки, диаметры (Таблица 1).

В связи с тем, что отклонения одноствоечных композитных опор значительны (по сравнению с традиционными типами опор), была выполнена проверка изоляционных расстояний при работе ВЛ в нормальных режимах, которая показала соответствие принятых параметров требованиям ПУЭ и РД. Вычисленные расстояния между проводами двухцепной опоры схематически показаны на рис. 2. На левом фрагменте рисунка показано изменение расстояний между проводами при деформациях опоры, а также указаны изоляционные расстояния от провода до ствола опоры. На правом фрагменте показаны эллипсы пляски проводов.

Были рассмотрены два типа фундаментов (рис. 3):

- закрепление стойки (нижней секции) опоры



Рис. 5. Изолирующие траверсы

– в пробуренном котловане на глубину 4,5 м для одноцепной опоры и 5,0 м — для двухцепной; закрепление стойки (нижней секции) опоры в обсадной трубе. Заглушение обсадной трубы варьируется в зависимости от характеристик грунтов основания. При этом обсадная труба может быть установлена в пробуренный котлован или погружена вдавливанием либо вибропогружением.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ОПОР

Опытные образцы одноцепной и двухцепной опор были изготовлены ЗАО «ФЕНИКС-88». Было изго-

товлено специальное технологическое оборудование и оснастка для производства крупногабаритных стеклопластиков трубчатой (конической) формы способом косослойной продольно-поперечной намотки стеклоровинга. Такой способ позволяет придать изделию высокие механические и, при необходимости, электроизоляционные свойства.

В испытательном центре ОАО «Фирма ОРГРЭС» был проведен полный комплекс механических испытаний опытных образцов опор. На фотографиях на с. 52 и рис. 4 и 5 показаны общие виды и фрагменты опоры на испытаниях.

Испытания опор проведены во всех расчетных режимах с подтверждением соответствия техническим требованиям.

На базе собственного испытательного центра Филиалом ОАО «НТЦ ФСК

ЕЭС» — СибНИИЭ выполнен полный комплекс электрических испытаний опор и изолирующих траверсов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Помимо указанных выше преимуществ, композитные опоры обладают также целым рядом дополнительных, а именно:

- меньшая масса опоры и возможность вложения секций уменьшают общее число рейсов, а, следовательно, сроки доставки опор на место строительства (по сравнению со стальными опорами);
- упрощенная конструкция опор (высокая заводская готовность, относительно

ИНФОРМАЦИЯ

ОСОБЕННОСТИ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР

По электрофизическим характеристикам композитные опоры близки к деревянным. Их основными достоинствами являются:

- прочность. По данному параметру композитные опоры сопоставимы со стальными;
- масса. Низкий показатель массы облегчает транспортировку и монтаж опоры;
- диэлектрические свойства. По своим изоляционным характеристикам такие опоры практически аналогичны деревянным. Изоляционные свойства материала позволяют применять новые решения по защите линий от грозозовых перенапряжений;
- упругость. Благодаря эластичности стойки выдерживают большие ветровые и гололедные нагрузки;
- долговечность. Проведенные испытания показали, что срок службы стоек составляет приблизительно 70 лет;
- минимальное обслуживание. Высокая стабильность материала позволяет эксплуатировать композитные опоры в суровых климатических условиях.

- малое количество элементов) позволяет значительно сократить трудоемкость и продолжительность сборки опоры и монтаж всей ВЛ (по сравнению с решетчатой опорой);
- конструкция фундамента (нижняя секция опоры, установленная в пробуренный котлован) также способствует значительному сокращению сроков строительства ВЛ (по сравнению с решетчатой опорой);
- меньший вылет траверс снижает затраты на отвод земли на период строительства ВЛ, уменьшает ширину просеки, а также позволяет снизить затраты на отвод земли в постоянное пользование;
- отсутствие поддерживающих гирлянд и применение изолирующих траверс снижает трудоемкость и продолжительность монтажа проводов; перспективное использование диэлектрических свойств композитного материала (при соответствующем обосновании, изучении, испытаниях);
- удобство крепления вспомогательных элементов, навесного оборудования (простота механической обработки на монтаже — резки, сверловки);
- высокая вандалоустойчивость (отсутствие в уровне земли съемных элементов).

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЛ

Особенностью композитных стоек является их достаточно высокая

гибкость по сравнению с применяемыми в настоящее время стальными и железобетонными опорами. При одних и тех же параметрах гибкость композитных стоек практически в 10 раз выше, чем стальных. Так, для двухцепной опоры ПК220-2 горизонтальные перемещения верха опоры составляют 4,5 м, т. е. 1/7 от высоты опоры. При этом в связи с поворотом траверс на 0,4 м снижается высота подвеса провода для данной опоры.

Следует отметить, что основные нормативные документы (ПУЭ, СНиП), в соответствии с которыми выполняется проектирование опор ВЛ, не ограничивают горизонтальные перемещения промежуточных опор. Однако отклонение верха опоры при воздействии расчетных нагрузок по второй группе предельных состояний не должно приводить к нарушению установленных ПУЭ наименьших изоляционных расстояний от токоведущих частей (проводов) до заземленных элементов опоры и до поверхности земли и пересекаемых инженерных сооружений.

Таким образом, при выполнении проектирования ВЛ на опорах из композитных материалов необходимо учитывать следующее:

- при расстановке опор по профилю трассы ВЛ следует увеличивать наименьшие расстояния по вертикали в нормальном режиме (максимальный гололед и ветер при гололеде), нормируемые ПУЭ, от проводов до поверхности земли, а также до элементов всех пересекаемых сооружений;
- при сближении с инженерными сооружениями необходимо увеличивать наименьшее расстояние по горизонтали при отклоненных проводах проектируемой ВЛ.

ОПЫТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Перед внедрением опор из композитных материалов в массовое строительство необходима опытная эксплуатация ВЛ с применением опор данного типа.

Целью опытной эксплуатации является выявление потенциальных сложностей и значимых факторов, которые могут повлиять на дальнейшее развитие технологии, основанной на применении опор из композитных материалов. Задачи опытной эксплуатации должны состоять в следующем:

- выявление особенностей проектирования ВЛ с применением композитных опор;
- отработка технологии производства строительно-монтажных работ – от поставки оборудования и материалов до пуска в эксплуатацию: комплектация оборудования и материалов, доставка на место строительства, погрузка/разгрузка, сборка опор, устройство фундаментов, монтаж опор, монтаж проводов и тросов;
- определение точной стоимости строительства ВЛ с применением композитных опор, а также более точная оценка экономической эффективности использования данных опор по сравнению с ВЛ на металлических опорах;
- изучение особенностей работы опор и ВЛ в целом (в частности – влияния значительной гибкости опоры на пляску проводов), получение

- опыта эксплуатации; дополнительные разработки и исследования, в частности разработка и реализация различных типов закрепления опор в сложных грунтовых условиях (болотистые, скальные грунты).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на положительном опыте выполнения НИОКР по разработке опор из композитных материалов для ВЛ 220 кВ и учитывая опыт использования опор данного типа за рубежом, следует рекомендовать дальнейшее развитие отечественной производственной базы по изготовлению и использованию опор в российских электрических сетях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колтхарп С., Вайд Т., Композитные опоры уверенно противостоят стихии // Энергоэксперт. – 2010. – № 6, с. 26–28.
2. Бочаров Ю.Н., Жук В.В. Композитные опоры. Перспективы применения для ВЛ 110-750 кВ // Новости Электротехники. – 2012. – № 1 (73). – с. 22–25.
3. Бочаров Ю.Н., Жук В.В. Грозоупорность воздушных ЛЭП с композитными опорами // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2013. – №1. – с. 80–83.
4. Правила устройства электроустановок, ПУЭ. 7-е изд. Раздел 2. – М.: Изд. НЦ ЭНАС, 2003;
5. РД 34.20.184-91. Методические указания по районированию территорий энергосистем и трасс ВЛ по частоте повторяемости и интенсивности пляски проводов.
6. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. Нормы проектирования;
7. Власов В.В., Котов А.Н., Сухар В.М. Опыт разработки и применения композитных опор для высоковольтных линий. // Воздушные линии. – 2013. – № 3 (12).

ИНФОРМАЦИЯ

ОПЫТ США

В сентябре 2008 года ураган «Айк» уничтожил более 200 опор электросетевой компании Western Kentucky Rural Electric Cooperative Corp. После этого, компания решила установить на экспериментальной основе 7 композитных опор.

Уже через год эти опоры были подвергнуты жесткому испытанию – 27 января 2009 года большая часть территории США была охвачена зимним штормом. Было повалено более 1600 деревянных опор.

Однако ни одна из опор, выполненных из новых материалов, хотя они были сцеплены с деревянными опорами, не была повреждена. Это был несомненный успех новой технологии производства опор.

Выбору в пользу композитных материалов способствовало несколько причин: высокая прочность, долговечность, использование экологически чистых материалов, легкость и простота установки конструкции.

Эти преимущества компенсируют высокую стоимость композитных опор. Однако транспортные расходы на композитные опоры оказались вдвое меньше, чем для опор, выполненных из дерева.