

Новые возможности сборных железобетонных опор ВЛ

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», НИЛКЭС, Санкт-Петербург
Качановская Любовь Игоревна, к.т.н., заведующая НИЛКЭС

Современные железобетонные опоры ВЛ 35 – 500 кВ, выполненные на базе центрифугированных секционированных стоек, уже широко известны энергетическому сообществу с 2014 года. Обычные же длинномерные конические стойки используются для опор ВЛ, начиная с 60-х годов прошлого века, и в настоящее время составляют большую половину всех эксплуатируемых на трассах ВЛ опор.

Сборные стойки применяются не только для опор ВЛ, но и для вышек связи и подстанционных конструкций.

1. Обеспечение надежности при сокращении затрат на строительство и эксплуатацию

Причиной широкого распространения опор из центрифугированных стоек стала их простая и удобная в монтаже и эксплуатации конструкция, которая к тому же оказалась в два раза дешевле стальных опор, рассчитанных на восприятие тех же нагрузок. Стоимость строительства ВЛ с их применением в среднем на 30% ниже, чем при использовании металлических конструкций.

Современные железобетонные опоры, как и прежде выполняются на базе центрифугированных стоек, изготавливаемых в конических или цилиндрических опалубках длиной 26 или 20 метров соответственно. Для сокращения расходов на перевозку длинномерных конструкций стойки при изготовлении делятся на две секции, которые соединяются между собой на строительной площадке при помощи болтов. Конструкция соединительного узла, помещаемого в опалубку перед центрифугированием, позволила обеспечить выпуск полностью готового изделия и отказаться от варианта приварки внешних фланцев после изготовления стоек. Короткие секции обладают повышенной жесткостью, что снижает их повреждаемость при транспортировке.



Рис. 1 а) Узел соединения секций. б) Перевозка секций длиной по 13 м

Новые конструкции обладают повышенной долговечностью за счет использования современной арматуры, бетона повышенного класса прочности В60 и водонепроницаемости не ниже W12.

2. Основные результаты работы по созданию опор из секционированных стоек

- разработаны и испытаны варианты новых опор напряжением 35 - 500 кВ для различных климатических условий, предложены способы закрепления опор на специальные фундаментные секции, в том числе типовая серия опор ВЛ 110 кВ и более 20 типов опор ВЛ 35, 220, 330 и 500 кВ в рамках конкретных проектов.

- разработана серия нормативной документации,

- накоплен опыт использования железобетонных опор из секционированных стоек при техническом перевооружении существующих ВЛ и при новом строительстве.

2.1 Серия опор ВЛ 110 кВ

Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» (по заказу ПАО «Ленэнерго»):

Проект включен в Реестр инновационных решений ПАО «Россети» (№18-027-0067/1), является лауреатом национального этапа конкурса 2018 года «Сделано в России» и получил вторую премию на Международном конкурсе «ТЭК-2019».

2.2 Нормативная документация

Совместными усилиями специалистов ПАО «Россети», ПАО «ФСК ЕЭС», ЦИУС ЕЭС, заводов - изготовителей опор из центрифугированных стоек и разработчиков проекта выпущена серия нормативной документации, регламентирующей их применение на электросетевых объектах.

- «НТП ВЛ 35-750 кВ» (СТО 56947007-29.240.55.192-2014) предписывают применение на ВЛ 35-500 кВ железобетонных опор из секционированных стоек
- «Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» рекомендуют использование железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 110 - 750 кВ
- СТО ПАО Россети 56947007-29.29.120.90.247-2017 «Железобетонные опоры ВЛ 35-750 кВ на базе центрифугированных секционированных стоек. Технические требования»
- СТО ПАО «Россети - Ленэнерго» «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек». (Интерактивный характер документа, доступный на сайте НИЛКЭС, позволяет пользоваться всеми материалами НИОКР при проектировании объектов ВЛ 110 кВ).

- Секционированные стойки заводов ЭЖБИ аттестованы в ПАО «Россети»
ТУ 5863-003-88398430-2014 (для замены стоек по ГОСТ 22687.0-85)
ТУ 5863-005-88398430-2016 (новые стойки под опоры по ПУЭ-7)

3. Новые опоры из секционированных стоек для ВЛ 110-500 кВ

Известно, что типовые конструкции, разработанные для использования в различных условиях эксплуатации, всегда имеют запасы, которые при установке их на трассу сложно контролировать. Избыточная материалоемкость отдельных опор, к сожалению, не увеличивает надежности ВЛ в целом, являясь платой за скорость проектирования линий электропередачи.

Для получения оптимального, с точки зрения стоимости строительства ВЛ в целом, результата целесообразна разработка индивидуальных конструкций для конкретных условий эксплуатации. Имея проверенные технические решения основных узлов секционированных опор, специалисты НИЛКЭС по заказу проектных организаций разрабатывают современные железобетонные опоры для заданных на ВЛ условий. Такой подход позволяет минимизировать затраты на строительство линий, так как предлагаются конструкции с учетом всех особенностей района прохождения трассы, грунтовых условий и специфики проведения строительных работ. Документация на конструкции, в том числе расчеты опор и нагрузки на фундаменты, предоставляются в объеме, необходимом для прохождения государственной Экспертизы проекта ВЛ. При поставке опор заводы предоставляют сборочные чертежи конструкций, схемы маркировки и сборки стоек, технологические карты на монтаж.

3.1 Портальные опоры на фундаментах.

В 2019 году на ВЛ500 кВ «Донская АЭС - Старый Оскол 2» наряду с многогранными опорами 2МП500-3В, разработанными НИЛКЭС еще в 2009 году, установлены новые железобетонные порталные опоры с внутренними связями 2СПБ500-3В. За счет использования фундаментных секций высота подвески проводов и пролеты железобетонных и металлических опор практически совпадают, а затраты на строительство отличаются на 50% в пользу железобетонного варианта.



Рис. 2 Опора 2СПБ500-3В на ВЛ500 кВ «Донская АЭС - Старый Оскол 2»

Аналогичные схемы опор разработаны для ВЛ 330кВ «ГЭС-2 Машук» (2СПБ330-5ВФ), строительство которой намечено на 2022 год и для ВЛ 220 кВ (2СПБ220-1В) - для замены находящихся в эксплуатации устаревших металлических опор с горизонтальной подвеской проводов.

В таблице приведены расчетные параметры железобетонных порталных опор ВЛ 500, 330, 220 кВ.

Схема опоры			
Марка опоры	2СПБ500-3В	2СПБ330-5ВФ	2СПБ220-1В
Район по ветру	II ($W_0=500$ Па)	IV ($W_0=800$ Па)	I ($W_0=400$ Па), II ($W_0=500$ Па), III ($W_0=650$ Па)
Район по гололеду	III ($b_3=20$ мм)	VI ($b_3=35$ мм), VII ($b_3=40$ мм), особый ($b_3=45$ мм)	I ($b_3=10$ мм), II ($b_3=15$ мм), III ($b_3=20$ мм)
Провод	3×АС 300/66	2×АТЗП/С 300/67	АС 330/66, АС 400/51, АС 400/64, АС 400/93, АС 500/66
Трос	АС 70/72	ГТК20-0/90-12.1мм- 53кА ² ·с-111кН	11-МЗ-В-ОЖ-Н-Р

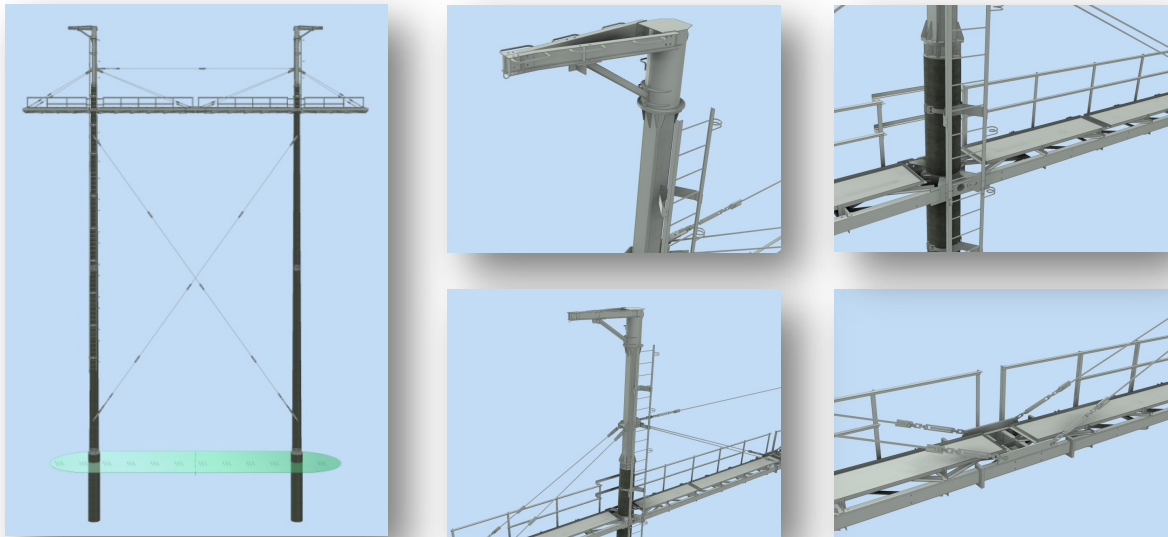
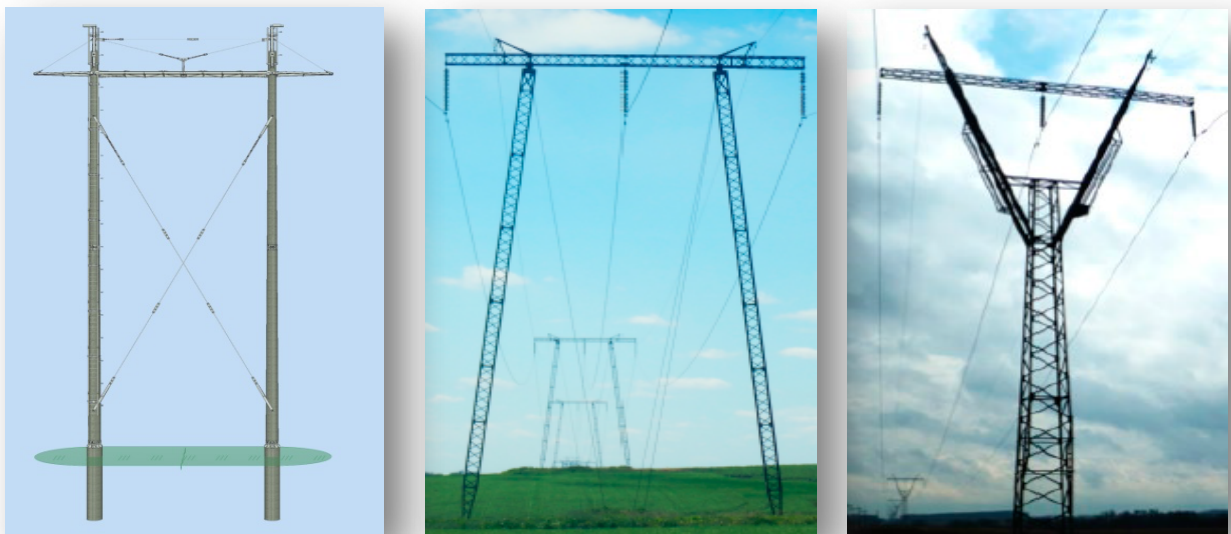


Рис. 3. Опора **2СПБ330-5ВФ**



2СПБ220-1В

ПМО-1

ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2

Рис. 4. Опора **2СПБ220-1В**, предназначена для замены металлических «Рюмок» ПВ-1, ПШ-1, ПШ-2 и порталных опор на оттяжках ПМО-1

3.2 Свободностоящие повышенные опоры на высокой фундаментной секции

Впервые для тяжелых климатических условий ВЛ 220 кВ «Тамань - Славянская» (до V района по гололеду) разработана одностоечная двухцепная промежуточная опора СПБ220-4ФТ.

В отличие от всех ранее разработанных секционированных аналогов, конструкция отличается повышенной высотой подвески проводов (14,5 м до нижней траверсы). Ее особенностью является 10 метровая нижняя цилиндрическая секция диаметром 800 мм, которая на 5 метров заглубляется в пробуренный котлован. Верхняя часть опоры изготавливается из 22.6 метровой конической стойки, выполненной в секционированном варианте (13+9,6 метров). Впервые в практике проектирования сборных опор было принято решение крепить коническую стойку к нижней фундаментной секции на отметке 5 метров над поверхностью земли.

Общая масса опоры составляет порядка 14 тонн.

Отдельные секции опоры доставляются на трассу обычным транспортом без проблем, которые обычно сопутствуют перевозке длинномерных стоек.

Основным вопросом, который можно было решить только с учетом всех особенностей строительства, было составление Проекта Производства работ при монтаже опор. Наличие трех отдельных секций позволяло рассматривать несколько вариантов установки опоры: сбор всех частей опоры на земле и ее подъем или сбор металлоконструкций на отдельных секциях и их последовательная установка друг на друга. Все зависело от грузоподъемности техники.

Реальные условия на трассе ВЛ внесли свои коррективы в технологию строительства. Для оптимального использования буровой установки было принято решение сразу после изготовления котлована устанавливать нижнюю секцию опоры, не допуская проблем с осыпанием стенок скважин и заполнения их грунтовыми водами, находящимися в непосредственной близости от поверхности земли. После установки практически всех фундаментных секций на участках строительства линий электропередачи производился монтаж верхней части опоры. Так как две строительные организации, ведущие строительство этого объекта, имели подъемные краны различной мощности (25 и 32 тонны), то и последовательность монтажа верхней части опоры у них отличалась (подъем верхней части опоры целиком или последовательно каждой секции).

На рисунке 5 приведена схема двухцепной опоры СПБ 220-4ФТ, рассчитанной на подвеску провода АС300/39, троса ОКГТ 13,3/88 в III ветровом и III-V гололедных районах.

На фотографиях 6-8 видны основные этапы монтажа опор, выполненного путем последовательной установки каждой секции:

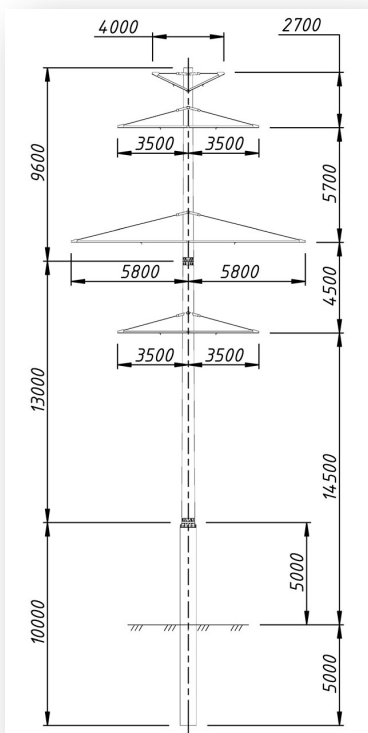


Рис. 5. Схема двухцепной опоры СПБ 220-4ФТ



Рис. 6. Монтаж нижней (фундаментной) секции



Рис. 7. Монтаж средней секции



Рис. 8. Монтаж верхней секции

3.3 Опоры для перехода ВЛ в КЛ

Впервые в истории железобетонных опор разработана новая конструкция двухстоечной опоры рамного типа, которая может воспринимать нагрузки концевого режима для ВЛ 220 кВ.

Две секционированные стойки длиной по 20 м диаметром 800 мм объединены снизу жестким железобетонным элементом (монолитным фундаментом), а сверху - металлической балкой трубчатого сечения. Такая жесткая рама с тягой в верхней части опоры, распределяющей усилия между стойками, позволяет использовать ее в качестве концевой одноцепной анкерной опоры или для переходного пункта воздушной линии в кабельную для напряжения 220 кВ. По той же схеме может быть изготовлена и концевая опора для двухцепной ВЛ 110 кВ.

Стоимость такой опоры вдвое ниже стоимости применяемых сейчас решетчатых или многогранных конструкций.

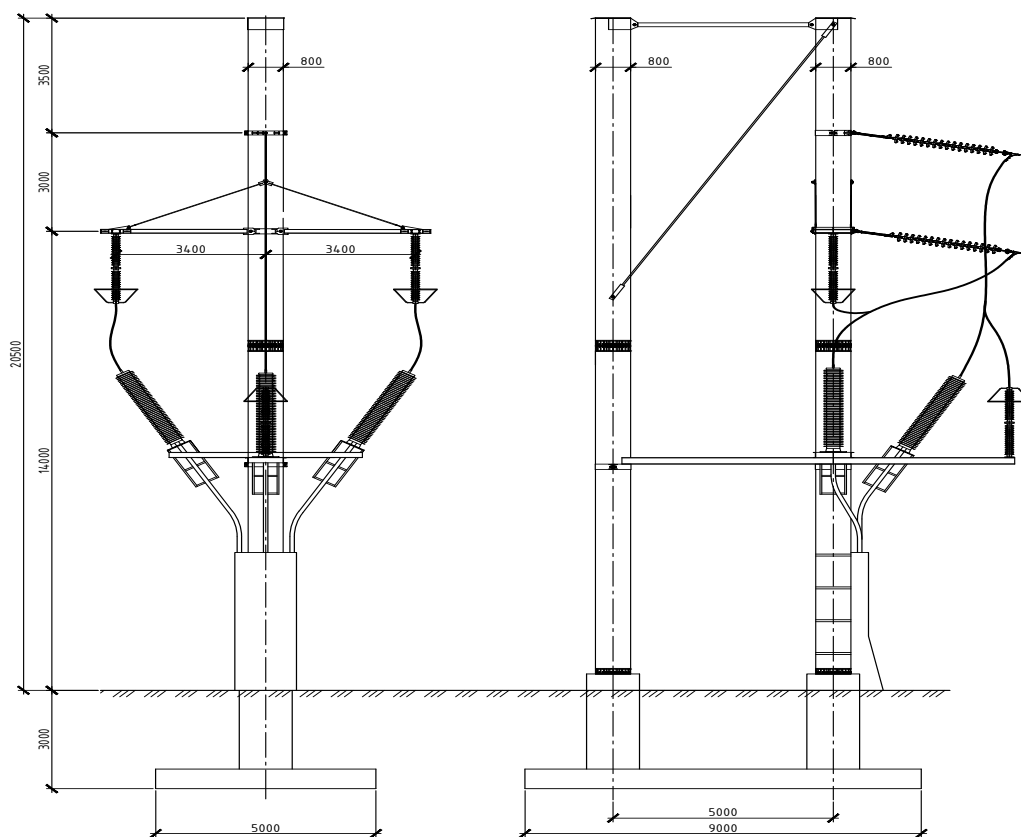


Рис. 9. Монтажная схема опоры для перехода ВЛ 220 кВ в КЛ.

4. Технические и организационные вопросы внедрения новых опор

При внедрении новых опор в реальные объекты идет процесс взаимодействия между Заказчиками строительства ВЛ, разработчиками конструкций, проектировщиками ВЛ, заводами-изготовителями и строителями с целью корректировки документации для учета всех особенностей конкретной ВЛ, обеспечения удобства сборки и монтажа опор.

НИЛКЭС сопровождает процессы проектирования и строительства ВЛ, решая вопросы, возникающие при внедрении современных конструкций.

4.1 Сайт НИЛКЭС в поддержку проектирования, строительства и эксплуатации

На сайте НИЛКЭС <https://www.nilkes.ru/>, которому уже почти 10 лет, собрана информация о последних разработках лаборатории в части проектирования опор и фундаментов. Вы можете познакомиться как с последними новостями, так и получить доступ к публикациям специалистов НИЛКЭС.

Наличие в открытом доступе СТО ПАО «Россети - Ленэнерго» «Руководство по проектированию и применению железобетонных опор из центрифугированных секционированных стоек» позволяет проектировщикам пользоваться всеми материалами НИОКР при разработке проектов ВЛ 110 кВ. Причем делать это удобно, так как этот объемный документ носит интерактивный характер.

Кроме того, на сайте можно найти Каталог всех разработанных железобетонных опор с указанием условий и области их применения. Возможным стало и уточнение конструктивных особенностей отдельных узлов конструкции.

Наличие контактной информации о НИЛКЭС позволяет легко связаться со специалистами для получения ответов или запроса о разработке опор под конкретные условия строительства.

4.2 Перспективы разработки опор ВЛ 220-500 кВ

Целесообразность разработки опор нового поколения одобрена на заседании Секции №1 «Технологии и оборудование линий электропередачи» НТС ПАО «Россети» (Протокол №1/13 от 23.05.2019).

Технические решения, найденные в процессе разработки современных железобетонных опор и мобильный подход к разработке конструкций с учетом требований конкретного проекта, позволяют использовать эти опоры для всех напряжений ВЛ от 35 до 750 кВ и получить оптимальные по стоимости строительства и эксплуатации решения:

- подъем отметок подвески провода за счет установки железобетонных стоек на фундаменты позволяет увеличить пролеты, сократив количество опор на каждый километр трассы.

- использование специальных анкерных опор в концевом режиме (в том числе и для опор перехода воздушной линии в кабельную) становится возможным за счет новой конструктивной схемы опоры и специальных фундаментов.

- повышение прочности стоек за счет использования современных арматурных канатов и бетонов класса прочности В60 позволяет опорам воспринимать нагрузки от больших пролетов даже в районах с жесткими климатическими условиями.

- наличие различных вариантов закрепления опор (столбчатых различной глубины заделки, свайных с монолитным ростверком, монолитных) обеспечивает надежное закрепление железобетонных опор в любых грунтовых условиях.

- сотрудничество с разработчиками опор в процессе проектирования ВЛ позволяет оперативно получить конструкцию, отвечающую требованиям конкретного проекта, использовать подробные расчеты опор для конкретных условий.

- отлаженная технология производства на заводах ЭЖБИ гарантирует долговечность опор, сокращение затрат на эксплуатацию ВЛ.

- наличие заводов, расположенных в различных частях страны, позволяет оптимально организовать доставку конструкций на строящийся объект.

- авторская поддержка позволяет оперативно решать вопросы, возникающие в процессе разработки проекта, строительства и эксплуатации.