

# ЭВОЛЮЦИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО УЗЛА СЕКЦИОНИРОВАННЫХ СТОЕК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР ВЛ 35 КВ И ВЫШЕ

Научно-исследовательская лаборатория конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС) ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

**Качановская Л. И.**, к. т. н., заведующая

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

**Касаткин С. П.**, главный специалист

В середине 1970-х годов началась разработка стального соединительного узла для центрифугированных стоек железобетонных опор. Конструкция фланцевого соединения получила свое отражение в ГОСТ 22687.2-85. С тех пор соединительный узел был оптимизирован, его конструкция стала более технологичной, надежной и удобной для монтажа и эксплуатации. С 2014 года началось активное внедрение железобетонных опор из секционированных стоек на объектах ПАО «Россети».

**Ключевые слова:** железобетонная опора ВЛ, секционированная стойка опоры, соединительный узел, закладная деталь.

**В** Научно-исследовательской лаборатории конструкций электросетевого строительства, входившей в состав Северо-Западного отделения института «Энергосетьпроект», в 1979 году была разработана железобетонная порталная опора типа ПБ750 с внутренними связями, выполненная из центрифугированных 20-метровых стоек диаметром 800 мм, установленных друг на друга и объединенных при помощи стального соединительного узла. С 1985 года и по сегодняшний день опоры такой конструкции успешно эксплуатируются на ВЛ 750 кВ Запорожская АЭС — ПС Запорожская (**рис. 1**).

Соединительный узел представлял собой фланец по ГОСТ 22687.2-85 [1], приваренный к цилиндрической стальной обечайке, диаметр которой соответствовал внешнему диаметру 800 мм железобетонной стойки.

Аналогичная конструкция соединительного элемента применялась и на первых конических стойках длиной 26 м, которые с 2013 года стали изготавливать в секционированном варианте (две секции по 13 м) с целью облегчения транспортировки и складирования железобетонных изделий. При этом в качестве напрягаемой арматуры использовали высокопрочные канаты, а бетон обладал повышенными значениями прочности (B60 вместо B40 или B30), водонепроницаемости ( $\geq W14$ ) и морозостойкости ( $\geq F_{400}$ ), что позволило увеличить несую-

щую способность и долговечность секционированных стоек. Опытный образец, изготовленный на заводе ООО «Рыбинскэнергожелезобетон» и успешно прошедший контрольные испытания, был представлен на выставке «Электрические сети России — 2013» в г. Москве и отмечен золотой медалью (**рис. 2**).

Однако существенным недостатком такой конструкции стал довольно тру-

доемкий процесс приварки фланцевого кольцевого элемента к стальному ободу на железобетонной стойке, оцинковка которого также представляла дополнительные сложности. Поэтому при оптимизации конструкции был разработан вариант внутреннего соединительного узла, в котором оцинкованные закладные детали помещаются в опалубку перед центрифугированием (**рис. 3**).



**Рис. 1.** Опоры ПБ750-1ц на ВЛ 750 кВ Запорожская АЭС — ПС Запорожская

Это решение позволило обеспечить выпуск полностью готового изделия сразу после распалубки железобетонной стойки.

В 2014 году вступили в силу «Нормы технологического проектирования воздушных линий напряжением 35–750 кВ» (СТО 56947007-29.240.55.192-2014), которые предписывают применение железобетонных опор из секционированных стоек. Железобетонные опоры, модифицированные на базе типовых стоек в секционированном варианте, стали применяться для замены старых конструкций при техническом перевооружении существующих ВЛ на объектах ПАО «ФСК ЕЭС». Специалистами НИЛКЭС разработан «Альбом железобетонных опор ВЛ 35–500 кВ. Модификации унифицированных опор на базе секционированных стоек» (16.003), который ежегодно пополняется новыми разработками и куда входят конструкции на базе секционированных стоек, применяемые в качестве аварийного резерва и замены как железобетонных, так и металлических опор ВЛ.

В период с 2016 по 2018 годы в рамках НИОКР ПАО «Ленэнерго» была разработана серия современных промежуточных и анкерно-угловых железобетонных опор из секционированных стоек для ВЛ 110 кВ, которые полностью соответствуют требованиям действующих нормативных документов [2]. В целях повышения удобства и сокращения времени монтажа стойки для недопущения углового сдвига ее секций относительно их исходного положения в опалубке в конструкции соединительного узла появилась группа направляющих пластин, обеспечивающих проектную ориентацию верхней и нижней секции относительно друг друга (рис. 4). Данная конструкция узла соединения секций железобетонной стойки защищена патентом РФ №174511 от 12.07.2017.

Помимо привычных конструкций, устанавливаемых путем погружения нижней части опоры в пробуренный котлован, в данном проекте были разработаны повышенные опоры, устанавливаемые на фундамент из цилиндрических железобетонных секций диаметром 800 мм и длиной 5, 6,7 или 10 м. Они позволяют обеспечивать надежное закрепление опор с увеличенной высотой подвески провода и большими пролетами. 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.

Типовой проект «Железобетонные опоры воздушных линий 110 кВ из центрифугированных секционированных стоек» включен в Реестр инновационных решений ПАО «Россети» (№ 18-027-0067/1). Является лауреатом национального этапа конкурса «Сделано в России» 2019 года и отмечен дипломом Международного



Рис. 2. Железобетонная секционированная стойка с внешним фланцем.

ПОМИМО ПРИВЫЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ ПУТЕМ ПОГРУЖЕНИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ ОПОРЫ В ПРОБУРЕННЫЙ КОТЛОВАН, В ДАННОМ ПРОЕКТЕ БЫЛИ РАЗРАБОТАНЫ ПОВЫШЕННЫЕ ОПОРЫ, УСТАНОВЛИВАЕМЫЕ НА ФУНДАМЕНТ. 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



Рис. 3. Закладные детали внутреннего соединительного узла



Рис. 4. Стойки с соединительными элементами, обеспечивающими проектную ориентацию секций



Рис. 5. Фундамент порталной опоры 2СПБ500-3В

конкурса ТЭК-2019. На сайте [www.nilkes.ru](http://www.nilkes.ru) доступен Каталог новых железобетонных опор.

Для организации шарнира, используемого при подъеме опоры методом падающей стрелы [3], в конструкции порталных опор 2СПБ500-3В, установленных в 2019 году на ВЛ 500 кВ Донская АЭС — Старый Оскол-2, к металлическим элементам в верхней части фундамента и нижней части стойки опоры были добавлены специальные петли (рис. 5). В процессе эксплуатации эти детали могут быть использованы для крепления технологической оснастки при подъеме на опору оборудования, необходимого для работ по обслуживанию элементов ВЛ. Данное техническое решение защищено патентом РФ № 170794 от 30.03.2016.

За последние 5 лет конструкция узла соединения стала более технологичной, надежной, удобной для сборки и обслуживания. Все эти успехи стали возможными благодаря совместным усилиям специалистов НИЛКЭС, работников производственных предприятий ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», различных подразделений ПАО «Россети» и ПАО «ФСК ЕЭС», испытательного центра «ОРГРЭС», а также сотрудников строительно-монтажных организаций.

Все найденные конструктивно-технологические решения будут использованы при разработке НИОКР «Унифицированные железобетонные опоры ВЛ 220-500 кВ из центрифугированных секционированных стоек». ■

#### Литература

1. ГОСТ 22687.2-85 Стойки цилиндрические железобетонные центрифугированные для опор высоковольтных линий электропередачи. Конструкция и размеры. М.: Издательство стандартов, 1986. 124 с.
2. Первый типовой проект железобетонных опор для ВЛ 110 кВ из секционированных центрифугированных стоек готов к использованию / Рябокучма Я. В., Качановская Л. И., Романов П. И., Касаткин С. П. // Сборник научно-технических статей сотрудников Группы компаний «Россети». 2019. № 12. С. 42–57.
3. Свободстоящие порталные опоры для ВЛ 220, 330, 500 кВ — новый виток развития железобетонных конструкций / Качановская Л. И., Касаткин С. П., Романов Ф. К. // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. 2020. № 1 (58). С. 44-47.