

Трубчатые фундаменты для многогранных опор ВЛ

Петр РОМАНОВ, к.т.н., заместитель заведующего НИЛКЭС

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Любовь КАЧАНОВСКАЯ, к.т.н., заведующий НИЛКЭС

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Валерий СОГЛАЕВ, ОАО «Завод Гидромонтаж»

Активное использование металлических фундаментов из труб или из многогранного профиля в нашей стране началось в начале 2000-х годов после появления новых заводских технологий по производству конических стоек из листового проката. С учетом этой прогрессивной технологии была разработана серия унифицированных конструкций опор ВЛ напряжением 35, 110, 220, 330, 500 кВ и фундаментов для их закрепления. В рамках этой масштабной работы получили путевку в жизнь проекты металлических фундаментов из свай-оболочек (рисунок 1).

Конструктивно фундамент состоит из трубы-оболочки с приваренным с одной стороны фланцем, подкрепленным ребрами жесткости. Соединение фланца фундамента с фланцем опоры выполняется при помощи болтов. Стволы свай диаметром до 1420 мм изготавливаются из стальных электросварных прямошовных труб, а при больших диаметрах — из стальных листов. Толщина стенки варьируется от 9 до 20 мм.

Одной из разновидностей фундаментов этого типа являются фундаменты, трубчатая часть которых изготовлена из гнутого профиля по

аналогии с изготовлением ствола опоры (рисунки 2 и 3).

Результаты расчетов показали, что при одинаковой толщине стенки прочностные характеристики таких фундаментов практически совпадают с аналогичными показателями фундаментов, выполненных из труб, при одинаковых диаметрах окружности трубы и окружности, вписанной в поперечное сечение многогранного профиля. Такие фундаменты выполняют одни и те же функции и являются взаимозаменяемыми, что позволяет заводам-изготовителям в конкретных условиях строительства в зависимости от конъюнктуры рынка на металл предложить оптимальное по стоимости решение для закрепления многогранных опор. Кроме того, положительным моментом использования труб из гнутого профиля является упрощение узла соединения ригеля с телом фундамента. В случае использования круглой трубы приходится делать сложный узел опирания ригеля на сваю. Технология установки как многогранных, так и трубчатых фундаментов одинакова: она предусматривает возможность их погружения в пробуренный котлован или вибропогружения (рисунок 4).

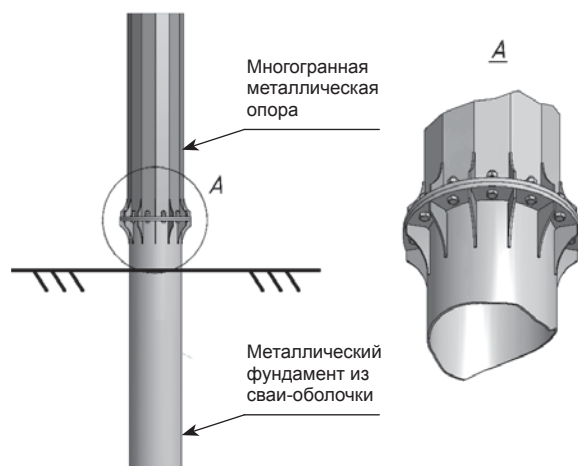


Рис. 1. Схема фундамента из сваи-оболочки трубчатого сечения

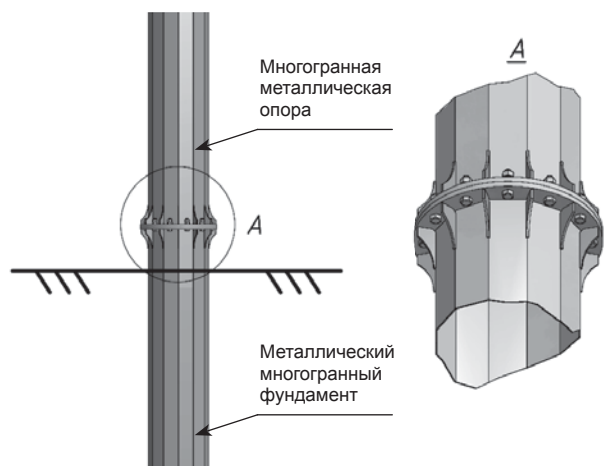


Рис. 2. Схема фундамента из сваи-оболочки многогранного сечения

Использование фундаментов, ствол которых изготовлен из трубы или из многогранника, с успехом применен при строительстве целого ряда объектов ВЛ 110–500 кВ. Перечислим лишь некоторые из них:

- ВЛ 500 кВ ПС «Красноармейская» — ПС «Газовая»,
- ВЛ 220 кВ Печорская ГРЭС — Ухта — Микунь,
- энергообеспечение Сочинского региона к олимпиаде 2014 года в Сочи,
- ряд московских объектов, в том числе двухцепная ВЛ 110–220 кВ Мосфильмовская — Аминьевское шоссе.

В настоящее время идет строительство следующих линий с использованием многогранных фундаментов:

- ВЛ 330 кВ Ленинградская АЭС — Пулковская — Южная,
- ВЛ 110 кВ для обеспечения электропитания ПС 110/6 кВ «Чайка», «Богатыровка», «Стеллера» на Камчатке и др.

В развитие идеи трубчатых фундаментов при разработке проекта закрепления опор на ВЛ 500 кВ Восход — Витязь разработан, испытан и применен фундамент, нижняя часть трубы которого (диаметром 720 мм) снабжена двумя винтовыми лопастями (рисунки 5 и 6). Использование специальных механизмов для завинчивания позволило резко увеличить скорость погружения фундамента, при этом грунт вокруг фундамента остался ненарушенным, что существенно увеличило его несущую способность. Кроме того, лопасти, выполняя функцию анкера, улучшают работу фундаментов на выдергивание, что особенно важно в двухстоечных опорах порталного типа. Применение свай с лопастями позволило уменьшить длину свай на 1–2 метра. Проектом предусмотрено использование трех типоразмеров лопастей сваи-оболочки с шириной 120, 190, 240 мм, которые применяются в грунтах различной плотности.



Рис. 4. Погружение фундамента в пробуренный котлован при помощи экскаватора



Рис. 3. Процесс складирования фундаментов из сваи-оболочки многогранного сечения в заводских условиях

Защита всех фундаментных конструкций указанных типов от коррозии проводится путем нанесения покрытий в заводских условиях. Наиболее долговечным из них является горячая оцинковка конструкции.

Для обеспечения сохранности защитных свойств покрытия при завинчивании фундаментов на расстоянии двух метров от поверхности земли приварено специальное кольцо. При необходимости между фланцем и кольцом дополнительно наносится слой лакокрасочного покрытия, которое обеспечивает стойкость покрытий в переходной зоне.

Перечисленные виды фундаментов активно применяются, начиная с 2006 года, в разных климатических районах страны. Накоплен опыт их эксплуатации в грунтах разной степени коррозионной активности к металлу. Существуют случаи значительного повреждения поверхности сваи-оболочки от коррозии. Вопрос обеспечения долговечности фундаментов, а значит и опор ВЛ напряжением 110–500 кВ активно обсуждался на 3-й международной научно-практической конференции «Опоры и фундаменты для «умных» сетей: инновации в проектировании и строительстве», который прошел в Санкт-Петербурге 29 июня — 1 июля 2016 года при поддержке ПАО «ФСК ЕЭС» и Российского национального комитета «CIGRE».

Требования к защитным покрытиям фундаментов очень высоки: они должны выстоять при погружении конструкций в пробуренный котлован, выдержать нагрузки вибропогружения или завинчивания, а затем обеспечить защиту фундамента на 50–70 лет — прогнозируемый срок службы многогранных опор.

Альтернативным вариантом обеспечения долговечности фундаментов практически на неограниченный срок является использование железобетонных фундаментов из центрифугированных предва-

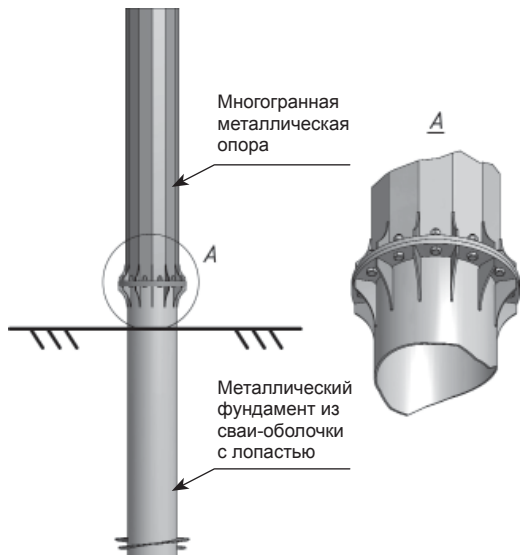


Рис. 5. Схема фундамента из сваи-оболочки трубчатого сечения, снабженного винтовыми лопастями



Рис. 6. Использование трубчатых фундаментов с винтовыми лопастями при строительстве ВЛ 500 кВ Восход — Витязь

рительно напряженных секций диаметром 800 мм, имеющих металлический фланец для соединения с опорой (рисунок 7). Конструкции фундаментов разработаны и испытаны специалистами НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест».

Конструкция внутренней закладной детали в железобетонной секции позволяет выполнить как внутренний (в габаритах металлоформы), так и внешний фланец для соединения с опорой. Это позволяет использовать цилиндрический железобетонный фундамент как под многогранную, так и под железобетонную опору. В связи с тем, что центрифугированные секции для фундаментов изготавливаются в опалубке длиной 20 м, имеется возможность выбора необходимой глубины заделки фундамента для обеспечения заделки в любом виде грунтов без использования ригелей. В типовом варианте размер трубы составляет 5,0 м; 6,7 м или 10,0 м.

Коррозионная стойкость железобетонных фундаментов подтверждена многолетней практикой эксплуатации центрифугированных стоек на всей территории бывшего Советского Союза в грунтах

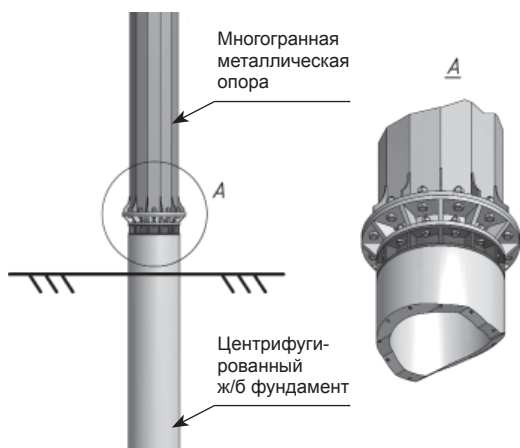


Рис. 7. Схема железобетонного фундамента из центрифугированных предварительно напряженных секций диаметром 800 мм, имеющего металлический фланец для соединения с опорой (многогранной или железобетонной)

разной степени коррозионной активности. Проблем с разрушением фундаментной части опор не наблюдалось. В настоящее время на заводе используется бетон повышенной прочности (марки В60). Он обладает повышенной плотностью (водонепроницаемость W более 12) и морозостойкостью (свыше 300). Это значит, что долговечность этих фундаментов гарантирована на весь срок планируемой эксплуатации опор (50–70 лет). При таких характеристиках бетона любая грунтовая среда по отношению к бетону является неагрессивной и фундаменты не требуют организации вторичной защиты от коррозии (нанесения защитных покрытий).

Опытные конструкции фундаментных секций прошли испытания на полигоне «Фирмы ОРГРЭС» в Хотьково. Разрушение конструкций было достигнуто при 160% расчетной нагрузки. Несущая способность фундаментов в зависимости от армирования составляет порядка 100–120 тм. Такие значения позволяют использовать эти фундаменты взамен металлических труб диаметром 720 мм с толщиной стенки до 14 мм.

Технология сооружения — погружение в предварительно пробуренную скважину 820 мм. Вес фундаментной секции длиной 5 м составляет порядка 2,5 тонн. Работы могут быть выполнены оборудованием, применяемым для сооружения металлических фундаментов.

Технология производства железобетонных фундаментов отработана на Рыбинском заводе железобетонных конструкций, входящем в структуру ОАО «ПО «Энергожелезобетонинвест».

Одним из главных преимуществ предлагаемых конструкций является их стоимость, которая в 2,5 раза меньше стоимости металлического аналога той же несущей способности.

Наличие большого количества разработанных и апробированных вариантов закрепления многогранных опор ВЛ 35–500 кВ позволяет при конкретном проектировании выбрать оптимальную конструкцию с учетом всех рассматриваемых параметров. **Р**