

Составные железобетонные сваи для объектов электроэнергетики

В статье представлены результаты разработки Проекта составных железобетонных свай длиной до 24 м, применение которых обеспечит надежность и экономичность ЛЭП в районах со сложными инженерно-геологическими условиями.

Касаткин С.П.,

руководитель сектора НИЛКЭС ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Румянцева Е.О.,

ведущий инженер НИЛКЭС «ПО «Энергожелезобетонинвест»

Качановская Л.И.,

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

ОПЫТ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ОПОР В СЛАБЫХ ГРУНТАХ

Строительство линий электропередачи часто ведется в районах со слабыми грунтами, в болотистой местности. Слабые грунты обычно водонасыщены, имеют высокую пористость и сжимаемость, они чувствительны к воздействию вибрации, имеют низкую несущую способность и испытывают деформации от пучения при промерзании, осадки при оттаивании.

Проблемы закрепления часто усугубляются тем, что опоры ВЛ 35–500 кВ, особенно в северных регионах России, подвергаются значительным ветровым и гололедным нагрузкам.

От выбора типа фундамента в таких условиях существенно зависит стоимость строительства и эксплуатации всей линии электропередачи.

Так как максимальная длина типовых железобетонных свай составляет 12 м, то в настоящее время в электроэнергетике проблема закрепления опор в слабых грунтах часто решается применением фундаментов из забивных или винтовых металлических свай диаметром 219 мм, 325 мм или 426 мм с толщиной стенки до 16 мм. Стволы свай соединяются в процессе погружения при помощи сварки с использованием накладных пластин. При строи-

тельстве на глубоких болотах глубина забивки свай нередко превышает 20 м.

Металлические фундаменты, как и все металлоконструкции, отличаются достаточно высокой стоимостью. Прямой путь к сокращению затрат при строительстве и эксплуатации энергетических объектов — использование железобетона. Кроме того, теплопроводность железобетонных свай более чем в 40 раз ниже теплопроводности стальных, что существенно сокращает глубину оттаивания и промерзания грунта в северных районах и позволяет сократить проблемы, связанные с пучением фундаментов.

Составные железобетонные электротехнические сваи успешно были применены в проекте реконструкции четырех больших переходов ВЛ 220 кВ через р. Волгу в районе Балаково в 2015 году при устройстве фундаментов одноцепных переходных опор, где нагрузка на них составляла более 300 тонн. Многодельные сборные фундаменты из грибовидных подножников под анкерные переходные опоры высотой более 100 м были успешно заменены на фундаменты из железобетонных свай с металлическими ростверками. Длина составных свай достигала 14 м.

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ



Использование такого решения позволило существенно сократить затраты на строительные-монтажные работы, обеспечив требуемую надежность спецпереходов.

ПРОЕКТ УНИФИЦИРОВАННЫХ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ

Найденные в рамках отдельных объектов технические решения позволяют разово решить проблему устройства оптимальных фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях, однако для массового капитального строительства и ремонта линий электропередачи в сложных условиях целесообразно использовать унифицированные конструкции, разработанные для различных условий строительства. Проектная документация должна быть доступна проектировщикам, а технология их изготовления не должна создавать проблем производителям конструкций.

Специалисты НИЛКЭС, многие годы занимающиеся разработкой типовых и уникальных проектов опор и фундаментов ВЛ, разработали и внедрили в производство новый тип железобетонных электротехнических свай — составные сваи (рисунок 1).

Серия унифицированных составных свай для электросетевого строительства длиной до 24 м разработана в рамках проекта 22.003 «Сваи железобетонные составные».

Конструкторская документация включает в себя Технический проект и Рабочую документацию.

В Техническом проекте имеются расчеты несущей способности свай по материалу. Для представления расчетов в экспертизу проектировщику достаточно выбрать материалы раздела в соответствии с выбранным типом армирования свай (независимо от их длины) и сравнить несущую способность свай с действующими усилиями, полученными при расчете фундаментов в конкретных грунтовых условиях.

На рисунке 2 приведен пример графика взаимодействия крутящего момента M_y (тм) и продольной силы N (т). Если точка пересечения реальных значений M_y и N попадает в выделенную зону графика, то несущая способность свай обеспечена.

Материалы для проектирования и рекомендации по погружению свай, входящие в первую часть документации, предназначены для использования их при разработке проектов ВЛ и при строительстве.

Рабочие чертежи и методика испытания свай необходимы заводам для изготовления конструкций и их периодических испытаний.

КОНСТРУКЦИИ СОСТАВНЫХ СВАЙ

В настоящее время для фундаментов под стальные опоры ВЛ 35–500 кВ чаще всего используются забивные железобетонные сваи квадратного сечения 35×35 см (типовая серия 3.407.9-146). Сваи длиной

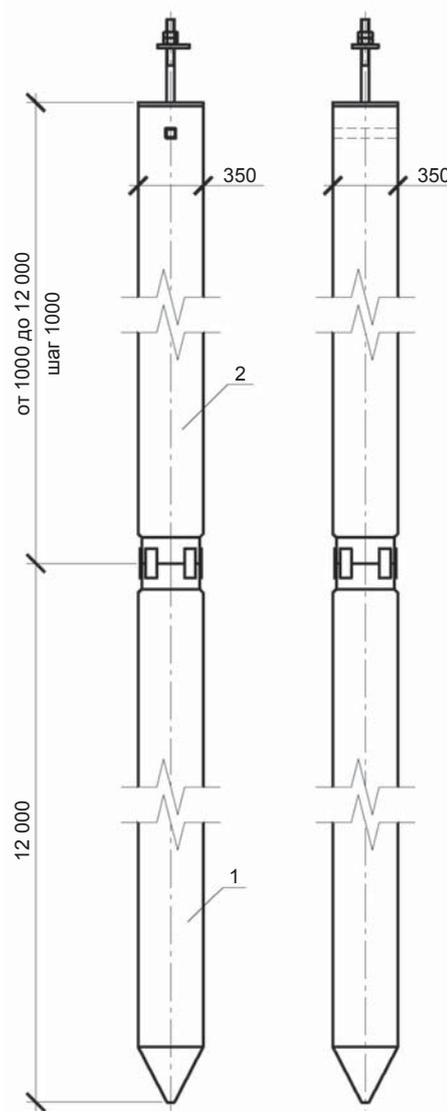


Рис. 1. Схема составных электротехнических свай (1 — нижняя секция сваи; 2 — верхняя секция сваи)

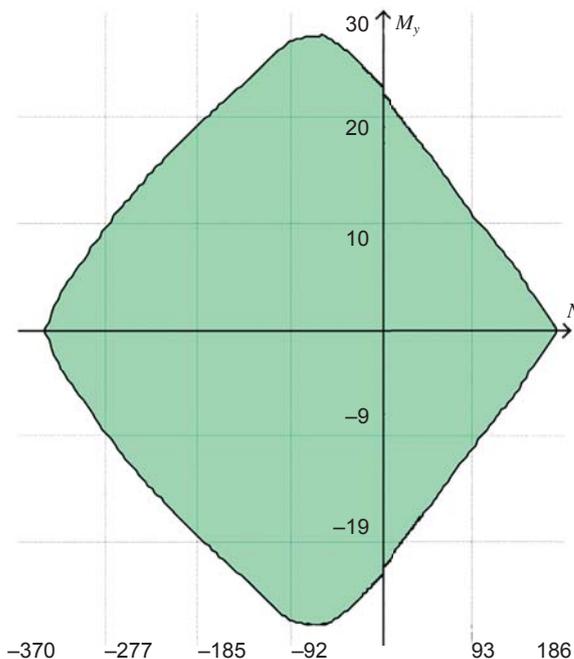


Рис. 2. Область несущей способности железобетонного сечения сваи по СП.63.13330 при действии на него N и M_y (продольной силы и изгибающего момента)

6 м, 8 м, 10 м и 12 м выпускаются в двух вариантах армирования (с большей и меньшей несущей способностью).

Готовые типовые решения по наращиванию железобетонных электротехнических свай, отличающихся высокой несущей способностью на изгибающий момент, отсутствуют.

Узел соединения забивных железобетонных общестроительных свай (по серии 1.011.1-8), применяемых сейчас в промышленном и гражданском строительстве, использовать для изготовления фундаментов опор ВЛ невозможно. Причиной является то, что фундаменты для зданий и сооружений испытывают, в основном, сжимающие нагрузки, так как сваи обычно полностью погружены в землю, тогда как верхние части свай для опор ВЛ зачастую находятся на значительной высоте от несущего грунта и, работая на сжатие и вырывание, воспринимают и существенные изгибающие моменты. Особенно эта проблема проявляется на примере высоких свайных ростверков, часто используемых на глубоких болотах, когда при отсутствии отпора грунта по боковой поверхности сваи испытывают большие изгибающие нагрузки.

Существенное отличие нагрузок, которые должны быть восприняты сваями сечением 35×35 см, объясняет и разницу в армировании общестроительных и электротехнических свай.

Например, составные сваи серии 1.011.1-8 имеют в каждом углу поперечного сечения по одному арматурному стержню А400 диаметром от 12 мм до 20 мм, а электротехнические сваи серии 3.407.9-146 — по два стержня А400 диаметром 20 мм или 25 мм. Узел соединения секций свай должен иметь возможность воспринимать те же значения нагрузок, что и тело сваи (для электротехнических свай изгибающий момент составляет соответственно 12,4 тм и 18 тм). Типовой узел стыковки секций серии 1.011.1-8 в данном случае не подойдет, поскольку не рассчитан на такие нагрузки.

Отличительной особенностью электротехнических свай является наличие в оголовке специальной закладной детали (шпилька с резьбой М42 или М48), которая позволяет устанавливать стальные балки ростверков для закрепления различных сооружений.

Во вновь разработанном проекте 22.003 представлена серия унифицированных составных свай длиной от 13 м до 24 м с шагом 1 м. Сваи состоят из двух секций, снабженных закладными деталями, с помощью которых отдельные секции свай соединяются между собой на строительной площадке при помощи сварки.

Основная (нижняя) секция сваи длиной 12 метров после ее погружения стыкуется с дополнительной, длина которой меняется от 1 м до 12 м с шагом 1 м.

Узел соединения секций не уступает по прочности самой железобетонной свае. Его конструкция

защищена патентом. Особое внимание уделено схеме испытания. При задании испытательной нагрузки на сваю с коэффициентом $C = 1,4$, схема заземления свай и место приложения нагрузок выбрано таким образом, чтобы нагрузка на металлические элементы узла составляла 100% от расчетной.

Размеры поперечного сечения свай и общие принципы армирования аналогичны конструкциям серии 3.407.9-146 (1974 года разработки).

В проекте составных свай 22.003 предложены уже не два, а четыре варианта армирования с арматурой А500 (вместо А400 в типовом варианте) диаметрами 18 мм, 20 мм, 22 мм и 25 мм. Несущая способность на изгиб составляет соответственно 12,5 тм, 15,0 тм, 18,0 тм и 22,6 тм. Класс прочности бетона принят равным В30. Марки бетона по морозостойкости (F_1) и водонепроницаемости (W) указываются в заказе на сваи в зависимости от агрессивности среды эксплуатации в соответствии с СП 28.13330 «Защита строительных конструкций от коррозии». В любом случае эти показатели должны быть не ниже $F_1 = 200$, $W = 6$.

Увеличение количества вариантов и повышение класса арматуры позволяет выбирать оптимальные для каждого конкретного объекта сваи, сокращая стоимость объекта строительства.

Конструктивные решения составных свай обеспечивают возможность погружения свай стандартным сваебойным оборудованием, что исключает необходимость лишних затрат на закупку новой строительной техники. В проекте даны рекомендации по обеспечению целостности голов свай при забивке.

Все конструкции альбома имеют сквозную специально разработанную маркировку, что позволяет заказчику выбрать и заказать сваю необходимой длины, которая будет соответствовать заявленным требованиям по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости, исключив возможность ошибок.

Заводы ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест», выпускающие весь перечень железобетонных конструкций для электротехнического строительства, освоили производство составных свай по указанному проекту.

Все материалы для проектирования будут доступны на сайте разработчика: НИЛКЭС.РФ уже в этом году. Рабочие чертежи и программа испытаний будут распространяться по лицензионным договорам.

ВЫВОДЫ

Специалистами НИЛКЭС разработан проект унифицированных составных железобетонных свай длиной от 13 до 24 м, позволяющий спроектировать оптимальный фундамент для сильно нагруженных железобетонных и металлических опор ВЛ любого класса напряжения, работающих в сложных грунтовых условиях. **Р**