

Л.И. Качановская, к. т. н.,
заведующая НИЛКЭС
С.П. Касаткин, к. т. н.,
начальник сектора НИЛКЭС
Е.О. Румянцева,
ведущий инженер НИЛКЭС

Как сократить затраты на фундаменты при строительстве ВЛ на слабых грунтах

В статье специалистов научно-исследовательской лаборатории конструкций электросетевого строительства (НИЛКЭС), многие годы занимающихся разработкой унифицированных опор и фундаментов ВЛ, даны два дополняющих друг друга подхода к решению задачи существенного сокращения стоимости закрепления конструкций на слабых грунтах:

- сообщается о разработке нового проекта свай длиной до 24 м «Сваи составные железобетонные» для закрепления опор ВЛ и других сооружений на слабых грунтах значительной мощности, а также для сильно нагруженных конструкций, например опор больших переходов ВЛ;
- дается техническое решение, позволяющее сократить количество свай под пяту опоры за счет использования специального шарнира, устанавливаемого между опорой и фундаментом, исключающего возможность передачи изгибающих моментов от свай на элементы опоры ВЛ.



Строительство ВЛ на слабых грунтах и глубоких болотах — задача со звездочкой для любого проектировщика. Выбор вариантов конструкций опор и фундаментов резко ограничивается и обычно сводится к использованию унифицированных решетчатых опор на свайных фундаментах. Длина свай определяется из условия их достаточной заделки в глубоко залегающих несущих грунтах, а их количество приходится подбирать с учетом несущей способности свай по материалу и по грунту, т.е. учитывать, кроме прочностных характеристик свай, ограничения на отклонение их вершук от вертикали в слабых грунтах.

Глубина погружения свай может достигать 20 м и более, а под каждую ногу опоры даже у промежуточных опор их всегда не менее двух.

Практически повсеместно в данной ситуации используются металлические трубчатые сваи, позволяющие обеспечить необходимую длину путем их наращивания при помощи сварки в процессе забивки, так как железобетонные сваи имеют длину до 12 м.

Опыт проектирования ВЛ в таких условиях показывает, что затраты на закрепление опор зачастую превышают расходы на сами конструкции опор ВЛ.

Два дополняющие друг друга подхода к сокращению затрат на фундаменты состоят в следующем:

- использование более дешевых составных железобетонных свай длиной до 24 м приведет к двойному сокращению стоимости при стро-

ительстве по сравнению с их металлическими аналогами, а при эксплуатации сократит растепление грунтов за счет того, что теплопроводность железобетонных свай в 30–40 раз ниже, чем металлических;

- использование специального шарнирного узла между пятой опоры и фундаментом позволит уменьшить количество свай под каждую пяту опоры за счет исключения передачи изгибающего момента от отклоненных свай на элементы решетки опоры — в проектах можно будет использовать одно- или двухсвайные фундаменты вместо двух- или четырехсвайных соответственно.



В каких случаях без длинных свай не обойтись

- В грунтах с низкой несущей способностью, часто с большой глубиной торфа на поверхности.
- В пучинистых грунтах со значительной глубиной сезонного промерзания-оттаивания, в которых несущая способность на выдергивание свай реализуется за счет забивки ниже глубины промерзания, длинные сваи имеют преимущество перед короткими, так как площадь их поверхности в зоне заанкеривания существенно превышает таковую в зоне сил морозного пучения. Упрощенно о сваях в пучинистом грунте: лучше меньше, но глубже.
- В любых грунтах под конструкции, испытывающие значительные нагрузки.

Из опыта проектирования

В 2015 г. впервые в России при реконструкции четырех переходов ВЛ 220 кВ через Волгу в районе Балаково, где нагрузка на фундаменты переходных опор высотой свыше 100 м составляла более 300 т, специалистами НИЛКЭС были разработаны фундаменты из составных железобетонных свай длиной 14 м, которые с успехом заменили первоначально предусмотренные проектом многодельные грибовидные подножки, объединенные системой ростверков. Это позволило существенно сократить затраты на закрепление опор.

Как ускорить внедрение проверенных решений

Для широкого распространения составных железобетонных свай в массовом капитальном строительстве и при ремонте линий электропередачи в сложных условиях целесообразно

использовать Унифицированные конструкции, предназначенные для различных условий строительства.

Проектная документация на составные сваи должна быть общедоступна, а технология их изготовления не должна создавать проблем производителям конструкций.

Специалисты НИЛКЭС совместно с технологами Рыбинского завода железобетонных конструкций (ООО «РЭЖБ») разработали и испытали серию унифицированных составных железобетонных свай для электросетевого строительства длиной до 24 м.

Проект 22.003 «Сваи железобетонные составные»

Проект включает в себя:

- материалы для проектирования (пояснительная записка и расчеты по материалу свай) и рекомендации по их погружению, необходимые при разработке проектов закрепления опор ВЛ;
- рабочие чертежи и программу испытаний, необходимые заводам для изготовления и получения аттестации ПАО «Россети».

Конструктивные решения составных свай

Максимальная длина типовых железобетонных свай в настоящее время составляет 12 м. Существующие решения узла соединения забивных общестроительных свай, применяемых в промышленном и гражданском строительстве, использовать для изготовления фундаментов опор ВЛ невозможно из-за особенностей в схеме их работы. Причи-

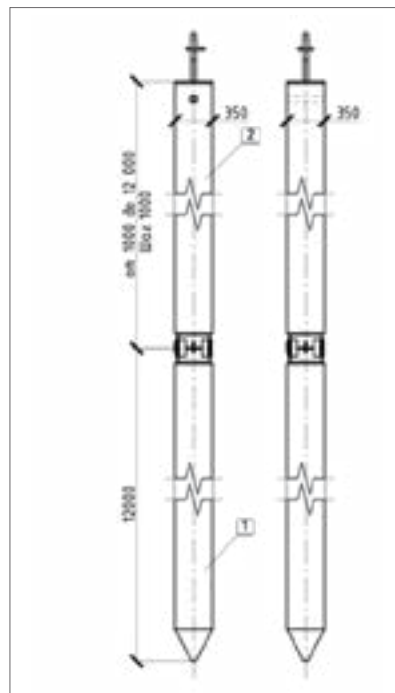


Рис. 1. Схема составных электротехнических свай

ной является то, что фундаменты для зданий испытывают в основном сжимающие нагрузки, так как сваи обычно полностью погружены в землю, тогда как верхние части свай для опор ВЛ всегда находятся над поверхностью земли и, работая на сжатие и вырывание, принимают на себя существенные изгибающие моменты. Особенно очевидна эта проблема на примере высоких свайных ростверков, часто используемых на глубоких болотах, когда 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.

В проекте 22.003 представлена серия унифицированных элек-

тротехнических свай длиной от 13 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 (рис. 1).

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

Узел соединения секций не уступает прочности сечения самой железобетонной сваи. Его конструкция защищена патентом. Особое внимание уделено схеме испытания. При задании максимальной нагрузки на сваю с коэффициентом запаса 160 % место приложения нагрузок выбрано таким образом, что нагрузка на металлические элементы узла соединения составляет 100 % от расчетной.

Размеры поперечного сечения свай и общие принципы армирования аналогичны конструкциям серии 3. 407.9–146 (разработка 1974 г.).

В проекте составных свай 22.003 предложены уже не два, а четыре варианта армирования с арматурой А500 (вместо А400 в типовом варианте) диаметром 18, 20, 22 и 25 мм. Несущая способность на изгиб составляет соответственно 12,5, 15, 18 и 22,6 тм. Класс прочности бетона принят равным В30 (вместо В25 в старом типовом проекте). Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости указываются в заказе на сваи в зависимости от агрессивности среды эксплуатации в соответствии с СП 28.13330 «Защи-

та строительных конструкций от коррозии». В любом случае эти показатели фактически не ниже F₁₂₀₀, W6.

Увеличение количества вариантов и повышение класса арматуры позволяет выбирать оптимальные для каждого конкретного объекта сваи, сокращая общие затраты на стройку.

В материалах для проектирования есть расчеты несущей способности свай по материалу для каждого варианта армирования (в соответствии с СП 63.13330). Для предоставления материалов на экспертизу проектировщику достаточно выбрать раздел с расчетами свай, соответствующими выбранному варианту, и сравнить их несущую способность с действующими усилиями, полученными для фундаментов в грунтовых условиях разрабатываемого проекта ВЛ. Для упрощения работы по подбору свай на графиках зависимости изгибающего момента M_y (тм) и продольной силы N (т) цветом выделены зоны «обеспечения несущей способности свай». Если точка пересечения конкретных значений M_y и N попадает в эту зону, то несущая способность сваи по материалу обеспечена (рис. 2).

Все сваи и их элементы имеют сквозную интуитивно понятную маркировку, что позволяет проектировщику выбрать сваю необходимой длины, которая будет соответствовать заявленным требованиям по прочности, исключив возможность ошибок.

Конструктивные решения составных свай обеспечивают возможность погружения свай стандартным сваебойным обо-

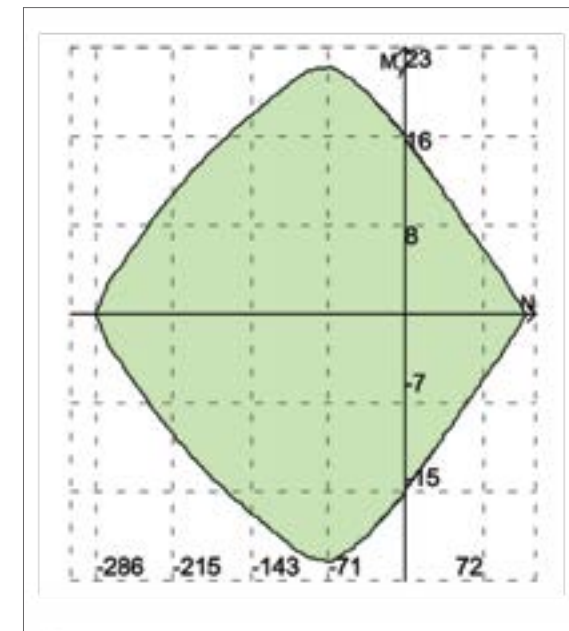


Рис. 2. Область обеспечения несущей способности железобетонного сечения сваи при его армировании восемью стержнями диаметром 20 мм (20А500С) при действии на него продольной силы N (т) и изгибающего момента M_y (тм)



рудованием, что исключает необходимость лишних затрат на закупку новой строительной техники. В проекте даны рекомендации по обеспечению целостности голов свай при забивке.

Когда будет полезна установка специального шарнира на голову сваи

В существующей практике расчетов свай по грунту при типовом способе крепления опоры к фундаменту предельный угол поворота свай в одно- и двухсвайных фундаментах ограничен значением 0,006 радиана (п. 2.2. пояснительной записки Серии 3.407.9–146 «Унифицированные конструкции свайных фундаментов для стальных опор ВЛ 35–500 кВ»).

Ограничение углов поворота свай в грунте вызвано необходимостью избежать передачи изгибающего момента на элементы опоры, пояса и раскосы которых рассчитаны только на сжатие и растяжение и, в соответствии с СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции», не подразумевают возможность работы уголкового профиля на сжатие с изгибом.

В типовых решениях для свободных опор таких решений не предложено. Вопросы закрепления опор в слабых грунтах решались с использованием специальных подставок — переходников, позволяющих перенести нагрузку с четырех поясов опоры на три точки опирания (типовой проект инв. № 9596 тм-т. 1). В этом случае все опорные точки всегда находятся в одной плоскости и выпирание или отклонение отдельных свай не дают дополнительной нагрузки на элементы опоры.

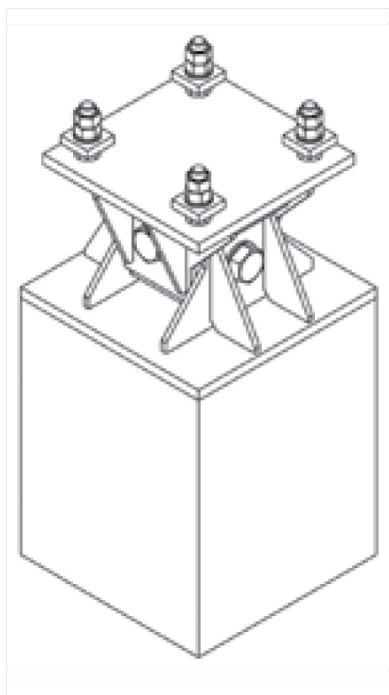


Рис. 3. Схема шарнирного узла для крепления опоры ВЛ к фундаменту

Для того чтобы сократить затраты на фундаменты (уменьшить количество свай и их длину), предложено организовать шарнирный узел крепления свай к опоре, который позволит избежать передачи изгибающего момента на элементы решетки нижней секции от неизбежного отклонения свай в слабых грунтах (рис. 3).

Конструкция шарнирного узла

Верхняя и нижняя части шарнирного узла жестко крепятся к пяте опоры и к верхушке сваи, а между собой имеют возможность движения в двух направлениях. Шарнирный узел имеет компактную конструкцию, которая полностью собирается на заводе-изготовителе и поставляется на место установки в виде готового модуля. Данное техническое решение защищено патентом РФ.

Конструкция шарнирного узла была проверена в рамках испытания новых промежуточных решетчатых опор ВЛ 110 кВ на полигоне фирмы «ОРГРЭС» в 2024 г.

Выводы

1. Специалистами НИЛКЭС разработан проект унифицированных электротехнических составных железобетонных свай длиной от 13 до 24 м, позволяющий спроектировать оптимальный фундамент опор ВЛ любого класса напряжения со значительной экономией по сравнению с использованием металлических свай.

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

Все материалы для проектирования составных свай доступны на сайте разработчика: НИЛКЭС.РФ.

ООО «ПО «Энергожелезобетонинвест» готово распространять документацию на составные сваи заводам, заинтересованным в выпуске составных свай.

2. Разработана и испытана конструкция шарнирного узла крепления опоры к фундаменту, использование которой позволяет существенно сократить объем строительно-монтажных работ (использовать одно- и двухсвайные фундаменты вместо двух- и четырехсвайных), уменьшить сроки и стоимость строительства. ♡

СЕГОДНЯ В НОМЕРЕ:

- 10 Интеллектуальные технологии в энергетике: возможности применения искусственного интеллекта и алгоритмов для эффективного управления электросетевым хозяйством
- 16 Как сократить затраты на фундаменты при строительстве ВЛ на слабых грунтах
- 22 Частичные разряды в силовых трансформаторах, необходимое измерительное оборудование, ожидаемые результаты
- 72 Репортаж с XI Международной научно-технической конференции «Развитие и повышение надежности распределительных электрических сетей»

