

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ
В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*ГОУ ВПО «Томский
государственный
архитектурно-строительный
университет»*

Кумняк Олег Григорьевич
*Заведующий кафедрой «Железобетонные
и каменные конструкции»,
доктор технических наук, профессор*

Пахмурин Олег Равильевич
*Доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»,
кандидат технических наук, доцент*

Самсонов Валерий Сергеевич
*Доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»,
кандидат технических наук, доцент*

Для обслуживания нефтяных месторождений в нефтегазодобывающих регионах строятся высоковольтные линии электропередачи различной мощности.

В северных районах Томской области в большом количестве возведены линии электропередачи ВЛ–35 с расчетным сроком эксплуатации 50 лет. На этих трассах применены стальные опоры на свайных фундаментах. В зависимости от места расположения опор и их назначения на трассах применены опоры четырех типов: промежуточные узкобазовые и широкобазовые, анкерные широкобазовые и угловые. Каждая лапа опоры в зависимости от ее конструкции опирается на 1-4 сваи, т.е. в зависимости от типа опоры свайные фундаменты под ними выполняются из четырех, восьми или шестнадцати свай. Подножки свай выступают над поверхностью земли или воды на 0,6-1,2 м.

При возведении конструкций опор ВЛ–35, в зависимости от мощности торфяного слоя применялись типовые железобетонные сваи сечением 350×350 мм длиной 10-12 м марки С 35–1–10–1 и С 35–1–12–1. Сваи армированы продольной стержневой арматурой периодического профиля с навитой поперечной арматурой из холоднотянутой проволоки Ø4 Вр–I. Оголовок каждой сваи усилен дополнительной продольной рабочей арматурой с более частым расположением витков поперечной арматуры. В оголовке сваи расположены анкерные болты для крепления металлических ростверков. В качестве заполнителя для бетона свай использовался щебень горных пород с максимальной крупностью 40-50 мм. Железобетонные сваи, согласно государственному стандарту, изготавливались из бетона маркой по морозостойкости F 300 и водонепроницаемости W 6. Большая глубина залегания торфяников (4-8 м), сильная заболоченность трасс, осложняющих подступы к опорам, суровые климатические условия с продолжительным периодом низкой отрицательной температуры, агрессивность болотной

среды по отношению к бетону обусловили применение под опоры висячих свайных фундаментов с опиранием их на материковый грунт.

Эксплуатация опор осуществляется в сложных природно-климатических условиях. И уже через 13 лет после их возведения проявился ряд проблемных особенностей, обусловленных как типовым подходом к проектированию подобных линий, так и влиянием природной среды на долговечность железобетонных свайных фундаментов. В связи с этим возникла необходимость проведения обследования технического состояния свайных фундаментов опор линий электропередачи ВЛ–35, обслуживающих Первомайское месторождение, находящееся на севере Томской области.

Обследуемая трасса расположена на равнинной болотистой местности на удалении 50-150 м от дороги и на большом протяжении трудно-проходима из-за сильной заболоченности, а на более возвышенных местах – из-за густо произрастающей поросли. Авторами статьи было обследовано 136 опор, под которыми в общей сложности забито 876 свай. В 294 сваях выявлены различной степени разрушения, что составляет 32% от всего количества свай. Общее количество фундаментов опор ЛЭП ВЛ–35, находящихся в аварийном состоянии и требующих усиления, составило 98 (72%). Из них 57 свай требовали немедленного усиления. Массовое повреждение свайных фундаментов по всей длине высоковольтной трассы создало реальную угрозу обрушения отдельных опор ВЛ–35, а, следовательно, и остановку всех нефтедобывающих кустов из-за прекращения подачи электроэнергии.

Методика обследования опор включала в себя визуальный осмотр каждой сваи, определение прочности бетона неразрушающими методами контроля, определение длины участка поврежденной части сваи ниже дневной поверхности земли или поверхности болота, исследование характера повреждений свай, отбор и исследование проб болотной воды и разрушенного бетона из поврежденных свай.

Как показали обследования свайных фундаментов опор высоковольтной линии, наиболее подверженной разрушению из-за низкой морозостойкости бетона является верхняя часть свай – от их оголовка до нижней границы глубины промерзания торфяника. В этой части свай происходят деструктивные процессы, сопровождающиеся не только разрушением бетона, но и интенсивной коррозией продольной и поперечной арматуры.

Повреждение свайных фундаментов, как правило, характеризуется образованием вертикальных трещин разрыва вдоль выступающих углов свай, развитием сети трещин по боковым поверхностям свай, отслоением защитного слоя бетона, оголением вертикальной и поперечной арматуры, ее интенсивной коррозией с последующим разрушением бетона ядра свай. Функционирование свайных фундаментов, отнесенных в разряд

аварийных, обеспечивалось только за счет сохранившейся продольной арматуры, так как бетон ядра свай полностью был разрушен и легко разбирался руками (рис.1). В поверхностных слоях бетона свай, соприкасающихся с внешней средой, идет интенсивное разрушение структурных элементов цементного камня. Новообразования не обладают вяжущими свойствами и достаточной плотностью, чтобы воспрепятствовать дальнейшему проникновению агрессивной среды. Они смываются, растворяются и обнажают более глубокие слои бетона. С целью установления длины поврежденной части свай в период их обследования определялось состояние их боковой поверхности на глубине 1,5-2,0 м с помощью специального щупа. В большинстве случаев длина поврежденной части свай, расположенной ниже поверхности почвы, не превышала 1,5 м, что соответствует глубине межсезонного промерзания болотистой почвы с учетом выступающей над поверхностью частью свай, которая в зависимости от типа опор составляла от 600 до 2000 мм.

Остальная часть свай, расположенная в обводненном торфянике, находилась в удовлетворительном состоянии.

Анализ причин разрушения бетона свай под опорами ВЛ–35, находящихся в суровых природно-климатических условиях севера Томской области, показал, что этому процессу способствуют многофакторные явления:

- отсутствие защитных мероприятий для бетона как при изготовлении, так и при возведении свайных фундаментов. К таким мероприятиям на стадии изготовления следовало бы отнести выбор специального вяжущего, а на стадии изготовления – изоляцию поверхности в виде пропитки горячим битумом;
- недостаточная морозостойкость бетона свайных фундаментов;
- агрессивное воздействие как мягких атмосферных вод, замачивающих подножки с внешней стороны, так и природной углекислоты (H_2CO_3), образующейся в результате биохимических процессов, протекающих в болотной среде.



Рис. 1. Свайные фундаменты опор ЛЭП, находящиеся в аварийном состоянии

Окружающая сваи среда содержит углекислоту H_2CO_3 . Источниками ее обогащения являются биохимические процессы, протекающие в воде и почве. При действии углекислоты на бетон в нем происходят обменные реакции, сопровождающиеся разрушением цементного камня. Поскольку сваи постоянно находятся в агрессивной среде и размер поверхности соприкосновения и скорость притока агрессивного раствора велики, то процесс разрушения бетона протекает весьма интенсивно.

Недостаточная стойкость бетона в данных эксплуатационных условиях потребовала принятия экстренных мер по повышению эксплуатационной надежности опор ВЛ–35, исключая отказ свайных фундаментов и угрозу обрушения опор.

С целью предотвращения возможных отказов аварийных фундаментов опор авторами разработано техническое решение по усилению свайных фундаментов с учетом материальных и природных факторов: труднодоступность к опорам ВЛ–35, заболоченность вокруг аварийных кустов, отсутствие электроэнергии на месте работы, отсутствие базы строительной индустрии, отсутствие воды для затворения бетонной смеси.

Суть этого технического решения заключается в применении сборных железобетонных тюбингов, изготовленных из полуколец. Полукольца одеваются на выступающую над поверхностью часть поврежденной сваи и собираются в тюбинг. Сборка полутюбингов вокруг каждой сваи осуществлялась на временных деревянных мостках. Соединение элементов в замкнутый тюбинг производится четырьмя стальными шпильками с последующим их предварительным напряжением динамометрическим ключом. Подготовленный таким образом элемент опускается в предварительно подготовленное ложе на глубину ниже поврежденной части сваи на 250–300 мм. Затем подобным образом монтируется второй элемент и опускается на первый. И так до тех пор, пока не будет взята в сборную железобетонную обойму вся поврежденная часть сваи. При возведении обоймы железобетонные элементы попарно разворачиваются на 90° вокруг вертикальной оси сваи для исключения стыков элементов в одном вертикальном сечении. В зазор между сборной железобетонной обоймой и поврежденной сваем устанавливаются сетки из арматуры $\varnothing 12$ А–III в качестве конструктивного армирования. Далее зазор заполняется мелкозернистым бетоном. Приготовление бетона производилось из песчано–гравийной смеси на тампонажном цементе (ГОСТ 26798.0–85) с применением питьевой воды по ГОСТ 2874–82. Расход цемента при приготовлении бетонной смеси составлял 500 кг/м^3 . По мере заполнения зазора бетонной смесью болотная вода отжималась в окружающую среду. Уплотнение бетона производилось тщательным штыкованием в течение 20–30 минут (рис.2).

С целью защиты усиленных подножников свайных фундаментов от замачивания атмосферными водами в верхней части тюбингов устраивались уклоны, на которые после набора прочности бетона наносилась поверхностная битумная изоляция.

Рис. 2. Рабочий момент усиления свайных фундаментов опор ЛЭП



Наиболее трудоемкой, не поддающейся механизации частью работ в данных природных условиях являлась подготовка шурфов для сборных железобетонных обойм. После разрыхления торфа вокруг каждой сваи и удаления его из котлована с опережающей интенсивностью вычерпывалась вода, после этого определялась высота поврежденной части сваи. Для установки тубингов на проектную отметку использовалась металлическая стойка с консолью, к которой подвешивался тельфер грузоподъемностью 300 кг. Крепление стойки осуществлялось к металлическим ростверкам с помощью струбцин.

Изготовление элементов осуществлялось по 4 элемента в одной металлической опалубке. Армирование элементов выполнялось гнутыми плоскими каркасами из стержневой арматуры Ø12 А–III. Диаметр стяжных шпилек был принят из условия равнопрочности с горизонтальной арматурой каркасов. Все элементы изготовлялись из бетона класса В 20.

За полтора месяца работы в осенне–летний период вахтовым методом бригада в составе 5 человек изготовила железобетонные элементы в требуемом количестве и выполнила усиление 57 аварийных фундаментов в сложных природно–климатических условиях.

Установленный при обследовании только одной трассы ВЛ–35 объем поврежденных свайных фундаментов за короткий срок эксплуатации показал, что традиционный подход к проектированию свайных фундаментов опор ЛЭП в сложных природно–климатических условиях севера неприменим. Такой подход не обеспечивает проектной долговечности несущей системы сооружений. Нужны новые альтернативные решения свайных фундаментов, более стойких и надежных в данных природных условиях.

Поскольку в настоящее время на трассах ВЛ–35 в Томской области находится более 2000 опор, опирающихся на свайные фундаменты, большинство из которых проявляют отказ по вышеуказанным причинам, то повышение их эксплуатационной надежности является первостепенной необходимостью.