

© Н.А. Сенькин¹

¹АО «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой Энергетической Системы» (Москва, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ВИНТОВЫХ СВАЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЛ (НА ПРИМЕРЕ ВЛ 750 кВ ЛЕНИНГРАДСКАЯ – БЕЛОЗЕРСКАЯ)

Во второй половине XX-го века в лабораториях НИИОСП [2,3] и НИЛКЭС Северо-Западного отделения института «Энергосетьпроект» под руководством А.И.Курносова, затем А.И.Горелова и Л.И.Качановской теория и практика нашли реальное применение ВС в электроэнергетическом строительстве [1-3]. Их трудами вместе с изобретателем д.т.н. Железковым В.Н. (рис. 1) в 1993 году разработана «Инструкция по производству и приёмке работ при устройстве фундаментов и закреплений из винтовых свай и анкеров (инв. № 13378тм)». Однако «звёздный час» для ВС наступил в XXI веке после разработки в 2009-2010 годах силами НИЛКЭС Технического стандарта ПАО «ФСК ЕЭС» (СТО 56947007-29.120.95.50-2010. Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай) и Альбома технических решений по ростверкам, а главное - универсальной буро-крановой машины для завинчивания винтовых свай УБМ-85 с манипулятором, выпускаемой на заводе АО «Стройдормаш» в Алапаевске [4-7].

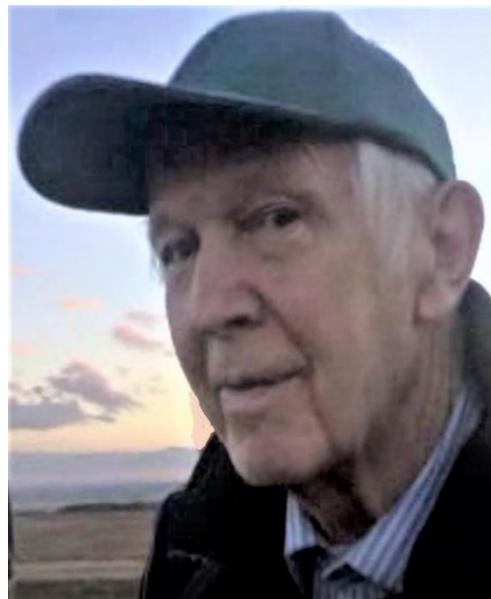


Рис. 1. Руководитель испытаний винтовых свай (Ижевск, 2007 г.), д.т.н., полковник в отставке, Почетный изобретатель СССР Железков Виктор Николаевич (29.05.1926 – 08.11.2010)

Приказом АО «ФСК ЕЭС» от 12.12.2018 №461 утвержден Акт приемки законченного строительством объекта по титулу «ВЛ 750 кВ Белозерская – Ленинградская. Корректировка». Построена одна из крупнейших в современной России линия электропередачи напряжением 750 кВ, имеющая протяженность 473 км.

Проектирование ВЛ 750 кВ «Ленинградская – Белозерская» выполнялось Дирекцией по проектированию и внедрению инновационных проектов АО «НТЦ ФСК ЕЭС», а строительство вели два генподрядчика: СЗУ ПАО «ТЭКМосэнерго» – со стороны ПС 750 кВ Ленинградская и ПАО «Стройтрансгаз» - со стороны ПС 750 кВ Белозерская.

Задание от 29.09.2014 составлено на основании Приказа Минэнерго №309 от 19.06.2013 и Схемы территориального планирования в области энергетики, утв. Распоряжением Правительства РФ от 11.11.2013. По Распоряжению правительства основное назначение объекта: выдача избытков мощности из объединенной энергосистемы Северо-Запада и усиление межсистемной связи объединенных энергосистем Северо-Запада и Центра, срок строительства - 2016-2020 годы.

Разработка проектно-сметной документации (ПСД) на данную ВЛ 750 кВ и расширение-реконструкцию подстанций (ПС) ПС750кВ «Ленинградская» и ПС 750 кВ «Белозерская» (Череповец) производилось в два этапа. Изыскания, варианты трассы, конструкция фаз, основные конструкции опор и фундаментов, заходы на расширяемые подстанции выполнялись на I этапе – этапе основных технических решений (ОТР) по сооружаемому объекту. Были рассмотрены три основных варианта трассы ВЛ 750 кВ: железнодорожный протяженностью 467 км, автодорожный – 524 км, окончательно принятый – 473 км.



Рис. 2. Воздушные линии электропередачи, отходящие от ПС 750 кВ Ленинградская: слева – построенная ВЛ 750 кВ «Ленинградская – Белозерская» (оп. №1400), справа – ВЛ 750 кВ «Ленинградская – Калининская АЭС»

В районе прохождения ВЛ 750 кВ имеются сильно-заболоченные участки: Волхов-Тихвин-Кириши (Зеленецкие Мхи), Тихвин-Будогощь-Неболчи, Ефимовский-Бабаево-Чагода, Бабаево-Устюжна-Суда (Уломские болота), Чагода-Устюжна-Пестово. А в основании непосредственно под слоем торфа и слабых глинистых и песчаных напластований часто залегают пласты известняков и доломитов, которые представляют тяжелые проблематичные основания для применения как стальных винтовых свай, так и железобетонных подножников.

По причине больших нагрузок на фундаменты и слабыми грунтами в их основании (на глубине до 4-5 метров) массовое применение в проекте железобетонных грибовидных подножников не стало возможным. Поэтому в качестве основного вида фундаментов для опорных конструкций были приняты винтовые сваи, отличающиеся большей универсальностью для применения в связи с широким интервалом варьирования параметров (глубина заложения и диаметры ствола и лопасти).

Расчет несущей способности винтовых свай и выбор типа и глубины заложения выполнен в соответствии со стандартом ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.95-050-2010 «Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай» и СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Приняты ВС с литым закрытым наконечником типа СВЛ по ТУ 5264-004-82096320-2013, изготовленные из стальных труб длиной до 12 метров и диаметром 219 мм и лопастью диаметром 500 мм и 325 мм с лопастью 850 мм. При этом толщина труб назначена 14 мм в соответствии с требованиями СТО 56947007-29.120.95.089-2011 «Типовые требования к фундаментам опор ВЛ 35-750 кВ» для средне- и сильноагрессивных грунтовых сред.

Всего на ВЛ 750 кВ установлено 1402 стальные опоры. В итоге, 52% фундаментов выполнены на винтовых сваях, а 48% - на железобетонных подножниках. При этом на особо заболоченных 2-6 участках трассы 65% фундаментов реализованы с применением винтовых свай.



Рис. 3. Стальные винтовые сваи марки ВСЛ 85032512 (диаметр лопасти 850 мм, диаметр ствола 325 мм, длина 12 м) по ТУ5264-005-82096320-2013 с закрытым литым наконечником, завинчиваемые при помощи универсальной буровой машины УБМ-85

В связи с вышеуказанными причинами (наличием известняка, включений крупнообломочных пород и булыги в глинах и песках) выявлена проблема недопогружения винтовых свай, даже при предварительном выполнении лидерных скважин. Каждый такой случай фиксировался с оформлением акта отказа погружения как недостижения проектной глубины, который подписывался комиссией с участием ответственных представителей заказчика, подрядчика и авторского надзора. Только после получения разрешения от проектировщика, основанного на натурных испытаниях «отказавших» свай по ГОСТ 5686-94 «Методы полевых испытаний сваями», согласовывалось их применение в фундаментах для опор на рассматриваемой ВЛ 750 кВ. Всего на ВЛ 750 кВ выполнено: 67 испытаний винтовых свай, 350 измерений в порядке контроля глубины погружения ВС и тотальный визуально-измерительный и ультразвуковой контроль качества монтажных сварных швов по ГОСТ 23118-2012, ГОСТ Р 55724-2013, ГОСТ 5264 и т.п.

Как видится авторам, в дальнейшем данную проблему можно решить применением винтовых свай с открытым концом, преимущественно со стальным сварным наконечником. Такие сваи диаметром ствола 325 мм, лопасти 480 мм и длиной до 14 метров (с монтажным сварным стыком), изготовленные по ТУ 5264-004-82096320-2009 «Сваи стальные винтовые для вечномёрзлых грунтов», в 2011 году были успешно применены на заходах ВЛ 330 и ВЛ 110 кВ на ПС 330 кВ «Зеленогорск» МЭС Северо-Запада, характеризующихся отсутствием вечномёрзлых грунтов на площадке строительства (рис. 4).

Поэтому решение данного вопроса очевидно: следует выполнить разработку широколопастной сварной винтовой сваи с открытым сварным наконечником для глинистых и песчано-гравийных грунтов с включениями до 25% и валунами. При этом следует пересмотреть как технологию погружения винтовых свай, включая критический анализ свайной техники с увеличением её мощности и проходимости, так и ТУ по заводским конструкциям ВС с целью оптимизации и облегчения погружения в сложные тяжелые грунты.



Рис. 4. Применение винтовых свай с открытым сварным наконечником в условиях немёрзлых грунтов при строительстве заходов на ПС 330 кВ «Зеленогорск»

Для тяжелых грунтов в связи со значительным повреждением литой винтовой лопасти целесообразно изготовление лопастей из стального листа в составе стального сварного наконечника. Кроме того, необходимо продолжить исследования характеристик несущей способности и деформативности стержневых анкеров, показавших успешные результаты для закрепления - «пришивания» поверхностных фундаментов к грунтовому основанию (эксперименты ИЦ «Фирма «ОРГРЭС» и УрО института «Энергосетьпроект» в 1970-80-х годах). Кроме того, натурными экспериментами целесообразно показать возможные преимущества многолопастных свай и анкеров. Второй проблемой явилось отсутствие надлежащего качества четырех несущих монтажных сварных швов, обеспечивающих прикрепление верхней балки ростверка к двум нижним. В процессе систематического визуально-измерительного и ультразвукового неразрушающего контроля, выполненного бригадой дефектоскопистов по ГОСТ 23118-2012 «Конструкции стальные строительные. Общие технические условия», были выявлены недопустимые дефекты в сварных соединениях сначала на 10% выборки, а затем на 100% всех вышеуказанных монтажных швов. Как правило, дефект заключался в непроваре корня сварных швов и приводил к весьма затратной переварке отбракованных швов.

В реальных условиях строительства ВЛ, как оказалось, обеспечить качественное производство сварочных работ является делом весьма трудоёмким и под силу только настоящим профессионалам при наличии современного оборудования и материалов. Наилучшее решение здесь - повышение уровня индустриализации с исключением сварных

несущих швов на трассе. Весьма актуальной остается тема разработки так называемого «болтового ростверка», отличающегося только болтовыми соединениями заводских секций в условиях трассы без сварки. Поэтому на конкурсной основе целесообразно выполнить НИОКР по разработке болтового ростверка, а также актуализировать НТД и «типовую документацию» по винтовым сваям и ростверкам с пересмотром и оптимизацией технических решений.

Вариантное проектирование на стадии проекта и уровне основных технических решений должно стать основным инструментом в выборе наиболее эффективного варианта. Винтовые сваи при проектировании необходимо рассматривать как один из вариантов исполнения фундамента опоры ВЛ. При этом следует выбирать вариант по результатам сравнения с другими альтернативными вариантами (новые грибовидные подножки, буронабивные сваи, сваи-оболочки, поверхностные фундаменты и т.п.) по критериям стоимости, трудоемкости и материалоемкости.

Поэтому требуется существенное обновление устаревших конструктивно-технологических решений фундаментов с пересмотром и переработкой соответствующих отраслевых стандартов.

Во-первых, следует продолжить разработку мощных промышленных сборных железобетонных подножников и фундаментных центрифугированных стоек на высокие нагрузки 7-10 ряда, которые следует существенно облегчить применением высокопрочных бетонов и композитной арматуры.

Во-вторых, следует максимально расширять применение буронабивных свай на строящихся объектах электроэнергетики, демонстрирующих наибольшую универсальность применения для практически любого диапазона нагрузок и различных климатических условий. Например, 28.08.2009 по причине оползня в МЭС Юга при помощи вертолета МИ-26 выполнена замена поврежденной опоры ПБ4т-IV с оттяжками на промежуточную свободностоящую опору типа P2 на основании рабочей документации Филиала ОАО «ЮНЦЭ» - «Южэнергосетьпроект». Армированные буронабивные сваи БС-0,7-6,0 были заблаговременно изготовлены в обсадной трубе (сечение 720 x 10 мм, длина 6 метров, без извлечения) в котловане, пробуренном при помощи бурильно-крановой машины БКМ-1501А на базе КРАЗ-65101.

В-третьих, большим недостатком проекта ВЛ 750 кВ явилось отсутствие современных разработок конструктивов по опорам и фундаментам на основе многогранных стальных и секционированных железобетонных стоек, которые могли быть вполне конкурентными в сравнении вариантов. Например, по результатам сопоставления с решетчатыми опорами в классе ВЛ 500 кВ «Красноармейская – Газовая», двухстоечная многогранная опора 2МП500-1В (с внутренними связями) по сравнению с типовой ПП500-7 (на оттяжках) показала металлоёмкость на 13% ниже, а количество болтов - в 10 раз меньше (216 вместо 2154 шт.). Это определило однозначное преимущество многогранных опор в связи со значительным сокращением трудозатрат и продолжительности строительства почти в 10 раз, а стоимости строительства ВЛ 500 кВ с учетом фундаментов и землеотвода – на 14%.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Винтовые сваи при проектировании необходимо рассматривать как один из вариантов исполнения фундамента опоры ВЛ. При этом следует выбирать вариант по результатам сравнения с другими альтернативными вариантами (грибовидные подножки,

буронабивные сваи, поверхностные фундаменты и т.п.) по стоимости, трудоемкости и материалоемкости.

2. В связи с высокой сложностью выполнения сварных работ на пикете ВЛ с отсутствием надлежащего качества следует оптимизировать конструктивные решения ВС и сварных ростверков с целью минимизации сварочных работ на пикете. Периодически выполнять критический анализ нормативной документации по опорам и фундаментам (материалы для проектирования), разработанным на средства НИОКР.

3. На конкурсной основе выполнить НИОКР по разработке болтового ростверка.

4. Выполнить разработку широколопастной сварной винтовой сваи с открытым концом для песчаных и песчано-гравийных грунтов с включениями до 25% и валунами.

5. Пересмотреть технологии погружения ВС и ТУ по заводским конструкциям ВС с целью оптимизации и облегчения погружения с сложные грунты.

6. Разработать многогранные стальные и секционированные железобетонные опоры с эффективными фундаментами для ВЛ 750 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богорад Л.Я. Винтовые сваи и анкеры в электросетевом строительстве. – М.: Энергия, 1967. - 201 с.

2. Трофименков Ю.Г., Мариупольский Л.Г. Винтовые сваи в качестве фундаментов мачт и башен линий передачи // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1964, №4.

3. Курносое А.И., Железков В.Н., Астафеев А.И. Закрепление опор ВЛ при помощи винтовых свай // Энергетическое строительство, 1985, №3. – С. 41-44.

4. Железков В.Н. Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства», С.Петербург, Издательский дом «ПРАГМА», 2004. – 126 с.

5. Железков В.Н., Качановская Л.И., Романов П.И. Строительство фундаментов из винтовых свай в сложных гидрогеологических условиях // Машины и оборудование для земляных и свайных работ. Строительная техника. – 2008, №1. – С.16-19.

6. Сенькин Н.А. Современные конструктивно-технологические решения и свайная техника для возведения фундаментов опор ВЛ и ПС напряжением 110-750 кВ // Развитие городов и геотехническое строительство: Труды междунар. конф. по геотехнике. – СПб, 2008. Том 4. – С. 661-665.

7. Сенькин Н.А. Актуальные задачи в проектировании и строительстве ВЛ ЕНЭС: свайные фундаменты // Энергоэксперт, 2013, №2. – С.72-78.

АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

Москва

+7 (495) 727-19-09

senkin1952@yandex.ru, info@ntc-power.ru

www.ntc-power.ru