

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ СВАЙНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Н.А. Сенькин, к.т.н., ОАО «ЦИУС ЕЭС» – ЦИУС Северо-Запада;

М.Ю. Крушинских, директор по маркетингу ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск)

Проблема качественного возведения фундаментов промышленных и энергетических объектов, функционирующих в условиях Крайнего Севера на многолетнемерзлых грунтах (ММГ), включая скальные породы, является весьма актуальной и относится к категории наиболее сложных инженерно-строительных задач в проектировании и строительстве воздушных линий электропередачи (ВЛ) [1–8]. Проектирование фундаментов в ММГ проводятся в соответствии с СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» и его актуализированной редакцией СП 25.13330.2012. Высокие темпы современного освоения заполярных нефтегазовых месторождений требуют кардинального пересмотра и оптимизации известных конструктивно-технологических решений фундаментов для объектов газонефтедобычи и ВЛ, а также обновления строительно-монтажной техники с максимальной адаптацией под условия Крайнего Севера. Поэтому модернизация отечественных бурово-крановых машин и технологического оборудования, обеспечивающих высокие темпы энергетического строительства в Заполярье при повышении его качества и сокращении ресурсных затрат, является задачей самого высокого приоритета.

В «Положении ОАО «Российские сети» о Единой технической политике в электросетевом комплексе», утвержденном Советом директоров 23.10.2013, прежде всего, предписывается применение технологий возведения свайных фундаментов опор, обеспечивающих сокращение затрат времени на монтаж и сведение к минимуму объема земляных работ. Это реализуется при следующих технологиях: вибропогружение, завинчивание вин-

товых свай, применение стержневых заделок и использование эффективных рабочих буровых органов для проходки скважин в крепких породах и скальных грунтах. Для закрепления опор ВЛ в ММГ следует, как правило, применять фундаменты, обеспечивающие сохранение мерзлого состояния грунтов при строительстве и в течение всего срока эксплуатации ВЛ.

Многолетний опыт строительства фундаментов ВЛ в условиях ММГ, раньше называемых вечномерзлыми (ВМГ), свидетельствует, что именно свайные фундаменты (СФ) для северных и заполярных ВЛ являются наиболее рациональными, обеспечивающими технические, экономические и экологические преимущества в сравнении с традиционными решениями (сборные железобетонные подножки, анкерные плиты и т. п.) в связи с максимальной механизацией процессов и минимальными объемами земляных работ.

Однако фундаменты заполярных ВЛ с применением традиционных призматических железобетонных свай нередко получают значительные повреждения по причине морозного выпучивания и даже разрушения свай и ростверков из-за недостаточной анкеровки в грунтовом основании и высоким смерзанием боковой поверхности с морозопучинистым грунтом в зоне активного промерзания-оттаивания ММГ (рис. 1).

Поэтому в промышленном и электроэнергетическом строительстве, особенно в районах заполярных нефтегазовых месторождений, издавна применяются стальные трубчатые сваи, отличающиеся существенно меньшим смерзанием по боковой поверхности. Но такие сваи, особенно анкерные, ис-

■ другие вопросы



Рис. 1. Недопустимое опирание анкерно-угловой опоры ВЛ 220 кВ на фундаменты по причине потери заделки железобетонных свай в морозопучинистом основании и их неравномерном выпучивании (на переднем плане: специальное анкерующее устройство разработки ОАО «Институт Энергосетьпроект» [4]; фото: 10.2003)



Рис. 2. Промежуточная опора П110-3, переставленная на поверхностные фундаменты по причине аварийного состояния стальных фундаментов из трубчатых свай, потерявших устойчивость из-за морозного выпучивания и открытой внутренней полости (Новый Уренгой, 2007)

пытывающие выдергивающие воздействия от действующих нагрузок, а также сил морозного выпучивания, требуют организации специальной анкеровки в грунтовом основании ниже глубины сезонного промерзания-оттаивания. Для устойчивости стальных трубчатых свай их требуемое закрепление обеспечивается перезаглублением на расчетные глубины для вмержания в ММГ либо так же организацией глубинной анкеровки, например, посредством уширения или винтового оперенья, присущего винтовым сваям. При отсутствии надлежащей анкеровки, а также заполнения внутренней полости, стальные трубчатые сваи так же подвергаются негативному выпучиванию, приводя к аварийному повреждению надфундаментной конструкции (рис. 2).

Особой сложностью, значительными трудозатратами и повышенной продолжительностью характеризуется техническое решение по устройству монолитных скальных фундаментов в условиях Крайнего Севера. Здесь требуется выполнение весьма трудоемких стержневых заделок в каменные породы на глубины до 4-х метров (рис. 3) в соответствии с регламентом по Типовой технологической карте К-1-26 «Сооружение фундаментов в трещиноватых скальных грунтах на ВЛ 35-500 кВ, сооружаемых в горных условиях». Типовая технологическая карта (ТТК) разработана Одесским филиалом института «Оргэнергострой» в 1979 году по типовому проекту СЗО «Энергосетьпроект» 3.407.123 (вып. 3) «Фундаменты под унифицированные опоры ВЛ 35-500 кВ для особых грунтовых условий. Закрепления опор на скале».

Кроме высокой трудоемкости и наличия «мокрых процессов» указанные решения скальных фундаментов характеризуются длительным периодом технологического ожидания для набора требуемой прочности раствора в пазухах скважины-шпура и бетона в обелеске — усеченной пирамиде. Основные проблемы, оказывающие существенное влияние на качество работ, особенно при «мокрых процессах» (сварочные и монолитные работы), возникают при производстве работ в период отрицательных температур воздуха. Даже в холодных условиях, нормативные требования определяют необходимость соблюдения технологических регламентов и допусков. Так по п. 5.3.3 СП.70.13330.2012 (СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции») в зимнее время при укладке бетонных смесей без противоморозных добавок необходимо обеспечивать температуру основания не менее $+5^{\circ}\text{C}$, а температуру раствора и бетона перед заливкой — не менее $+10^{\circ}\text{C}$. При этом согласно пп. 5.4 и

5.11 приготовление бетона должно производиться в условиях положительных температур в обогреваемых бетоносмесительных установках с применением подогретой воды и заполнителей, а твердение бетона — в аналогичных условиях «тепляков» (рис. 4). Распалубление должно производиться при наборе бетоном или раствором прочности не менее 70%, а загрузка конструкций (монтаж опор на фундаменты) — при 100%-й прочности. Кроме того, в процессе бурения скважин требуется промывка скважин-шпуров подогретой водой и выполнение других «мокрых процессов».

Фундаменты опор ВЛ с применением монолитного бетона (буронабивные сваи, включая сваи с обсадными трубами, с монолитными ростверками),



Рис. 3. Стержневые анкерные заделки и армирование скального монолитного фундамента ФМТС-III-4 для решетчатой опоры ПС330-1 на ВЛ 330 кВ в Карелии (2012), устраиваемого на трещиноватой скале; расклиненные внизу четыре анкера диаметром 42 мм в сверленных скважинах-шпурах 60 мм глубиной 1,2 м с заливкой полости цементным раствором маркой не ниже М200 (объем заливки обелеска $1,8\text{ м}^3$, бетон не ниже М150)

■ другие вопросы



Рис. 4. Отапливаемый «тепляк» («know-how» от ЗАО «ЭФЭСк») для приготовления бетонной смеси, закрывающий строительную площадку в зимний период для сооружения монолитных скальных фундаментов опор ВЛ 330 кВ в северной Карелии (Кемь, 02.2012)

несмотря на «мокрые технологии», широко применяются как в южных штатах США в Калифорнии, Флориде, Неваде (рис. 5), так в арктических районах Аляски. Например, в октябре 2003 года в субарктической зоне штата Аляска введена в эксплуатацию ВЛ 230 кВ «Healy-Fairbanks» протяженностью 155 км. Линия построена в условиях прерывистой деградирующей «вечной мерзлоты» (температура ММГ выше $-1,0^{\circ}\text{C}$) на свободностоящих одностоечных Y-образных и двухстоечных X-образных опорах с оттяжками и без них. Все фундаменты опор были выполнены из забивных либо буроопускных свай из «атмосферостойких» стальных труб диаметром 254-1676 мм на глубину от 7 до 24 м и изготовлены фирмой «Valmont-Newmark». Полости этих свай и скважины глубинных анкеров для оттяжек опор заливались цементным раствором даже в зимних условиях со специальных бетонорастворных установок, устанавливаемых на площадках на деревянных рядах по отметке выше устья скважин [8].

Выявить тенденции в развитии строительной техники для заполярного энергетического строительства возможно из анализа основных Типовых технологических карт по устройству фундаментов ВЛ

в условиях ВМГ, разработанных Новосибирским филиалом института «Оргэнергострой» в 1979 году и представленных в «Информационной системе «Техэксперт 6.2014: Интранет» (табл.). В таблицу внесена информация об основных комплектах типовых технологических карт по устройству свайных фундаментов на основаниях как с ММГ, так и в условиях скальных пород. Информация о комплектах машин и оборудования, реализующих передовые отечественные технологические решения 70-80-х годов XX-го века, весьма полезна для оценки современного уровня новой отечественной бурово-крановой техники по устройству свайных фундаментов для опор ВЛ 35–500 кВ в условиях ММГ. В крайней справа графе таблицы даны основные современные машины с техническими характеристиками, обеспечивающими базовые функции в ТТК (обязательно с их превышением). Данный перечень требует более пристального специального исследования с разработкой современных технических требований и адаптации машин под условия Крайнего Севера и ММГ [6-7] с повышенной производительностью, надежностью и эргономичностью.

Таблица. Типовые технологические карты на устройство свайных фундаментов в ММГ и современные отечественные аналоги

№ пп	ТТК на устройство свайных фундаментов под опоры ВЛ 35-500 кВ		Комплект машин и оборудования, параметры по ТТК		современные отечественные аналоги	
	шифр и год изд.	название (общая функция)	расчетные инженерно-геологические условия	Станок БС-1М на лыжах с жестким сцепом (глубина и диаметры бурения: 300м; 250-700 мм), тракторный кран ТК-53 ($L_{св} = 11,5$ м)	Машина БМ-801С (глубина и диаметры бурения: 8м, 0,3-0,65м) с краном (г/п 3тс) на базе трактора ТТ-4С	Станок ТБС (глубина и диаметры бурения: 10м, 0,3-0,5м) с краном (г/п 5тс) на базе ДЭТ-250М
1	К-1-25-1 1979	«Сооружение СФ станком ударно-канатного бурения с установкой свай краном»	Переувлажненные грунты I-VII категории с температурой грунта Т ниже минус 1°С ($T < -1$ °С)	То же	То же	ООО «Амурский металл» (Благовещенск): буровой станок БС-3 (150 м; 0,45-1,50 м)...
2	К-1-25-2 1979	«Сооружение СФ бурильно-крановой машиной БМ-801С» (буроопускной способ)	Твердомерзлые грунты I-IV групп с $T < -1,5$ °С	То же	То же	ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск): БКМ 2012 и БКМ 2032 (20 м; 1,2 м); МБШ-539 (5-15 м, 0,5-0,8 м) на шасси МПЧ-4; СБМ-120 (40 м, 1,0-1,5 м)
3	К-1-25-3 1979	«Сооружение СФ станком термомеханического бурения ТБС»	Твердомерзлые грунты III группы с крупнообломочными вкл. (до 10-20%) с $T < -1$ °С	То же	То же	Отсутствуют по общей функции
4	К-1-25-4 1979	«Забивка металлических свай СМ-8 и СМ-10 агрегатом СП-49 с лидером»	Пластичномерзлые грунты I и II групп без крупнообломочных включений при Т: не ниже -0,3°С для супесей; -0,7°С — суплиники; -0,9°С — глины;	То же	То же	ОАО «Завод Строймаш» (Стерлитамак): более совершенный сваебой СП-49Д на базе болотника Т10МБ (Т-170Б); ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск) БМ-831 на базе ТТ-4М; БМ-811М
5	К-1-25-5 (К-1-25-6) 1979	«Устройство СФ ударновибровдавливающим агрегатом УВВС-60/10 без лидера» (с лидерным бурением)	То же	То же	То же	Отсутствуют по общей функции
6	К-1-25-7 1979	«Погружение металлических свай в лидерные скважины агрегатом УВВС-60/10»	То же	То же	То же	Отсутствуют по общей функции
7	К-1-25-8 1979	«Забивка металлических свай СМ8 и СМ-10 агрегатом СП-49»	То же	То же	То же	ОАО «Завод Строймаш» (Стерлитамак); ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск): см. п. 4
8	К-1-26, 1979	«Сооружение фундаментов в трещиноватых скальных грунтах, сооружаемых в горных условиях»	Трещиноватые скальные грунты	То же	То же	Например, ЗАО «НПЦ СБТ» (Москва): мобильные и переносные установки «Колибри» и «Стерх»
9	СТО-ГК Трансстрой-023-2007	«Применение грунтовых анкеров и свай с тягой из трубчатых винтовых штанг для опор и высотных сооружений»	Для песчаных, глинистых и скальных грунтов, за исключением рыхлых песков, торфов, глин текучей консистенции, просадочных грунтов	То же	То же	ЗАО «НПЦ СБТ» (Москва): см. п. 8
10	ТТК, СПб, 2012	«Устройство буронабивных свай по технологии непрерывного поллого шнека (СФА)» (автор-разработчик С.Д.Василенко)	Широкий диапазон грунтов (обводненные, рыхлые и скальные породы, глины, известняки, песчаники и т.д.). 3-я температурная зона	То же	То же	ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск): универсальные машины шнекового бурения: МБШ-812-СФА (полый шнек): 20 м и 0,8 м
11	ТТК (не утв. ОАО «ФСК ЕЭС»)	«Устройство фундаментов опор ВЛ на винтовых сваях»	Широкий диапазон грунтов, включая ММГ (кроме скальных и торфов)	То же	То же	ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск): УБМ-85-11, северного исполнения с дополнительной кабиной для оператора



Рис. 5. Стальная косогорная анкерно-угловая опора на буронабивных сваях, возведенная в сложных горных условиях, на отходящих ВЛ 345 (230) кВ от подстанций ГЭС им. Г.Гувера (строительство: 1931-35 годы, Невада; фото автора, июль 2013)

В результате предварительного анализа современного уровня отечественного оборудования в позиции правой графы таблицы занесены наиболее близкие отечественные аналоги — техника с приемлемыми характеристиками по обеспечению общих функций по ТТК. Функцию по строке 2, связанную с растеплением грунта, как не отвечающую I-му принципу строительства в условиях ММГ, следует исключить. Аналогично реализация функции по строке 5, связанной с погружением свай по технологии вдавливания, представляется трудноисполнимой в условиях ММГ, в связи с необходимостью использования тяжеловесного оборудования.

По данным таблицы можно заметить, что на весьма высоком месте в практике электроэнергетического строительства и сейчас находится многофунк-



Рис. 6. Отечественный сваебойный агрегат СП-49А с дизель-молотом типа СП-76 для вертикальных и наклонных свай, ударно погружающий стальную сваю-оболочку диаметром 0,8 м на глубину 7,0 м через «подбабок» на строящейся ВЛ 220 кВ «Печорская ГРЭС — Ухта» (2013); до забивки свая устанавливается в начальную скважину диаметром 0,9 м на глубину до 1,5–2,0 м, выполняемую буро-крановой машиной SF-6 (Италия)

циональная сваебойная установка — копер СП-49 на базе трактора-болотника (рис. 6), который в течение долгого времени успешно производится на отечественных производствах, прежде всего на специализированном заводе сваебойных машин ОАО «Завод Строймаш» (Стерлитамак).

Большая работа по созданию современных универсальных бурильно-крановых и сваебойных машин и их постоянному совершенствованию проводится в ОАО «Стройдормаш» (Алапаевск), которое за прошедшие 70 лет стало ведущим предприятием в России по производству буровых машин для геологоразведочных и строительных работ по сооружению фундаментов в энергетической и нефтегазовой отраслях. Алапаевский завод имеет огромный опыт, высококвалифицированный конструктор-



Рис. 7. Бурильно-сваебойная машина БМ-811М: эффективное бурение лидерных скважин на глубину 15м перед завинчиванием винтовых свай (переход ВЛ 220 кВ через р. Печора в Республике Коми; фото: 03.2014)



Рис. 8. Бурильно-сваебойная машина БМ-811М: бурение лидерных скважин диаметрами 150-400мм и копровая забивка стальных труб-свай (500 шт.) диаметрами 168–426 мм с конусными наконечниками на глубину 6-11м в выветрелые аргиллиты при обустройстве Дулисьминского месторождения (север Иркутской области, фото: 11.2010)

торский отдел и современную производственную базу, позволяющую разработку уникальных, не имеющих аналогов решений и изготавливать любое нестандартное оборудование по заказу.

Сравнительно недавно на заводе разработана одна из самых удобных для использования в условиях Крайнего Севера бурильно-сваебойно-крановая машина БМ-811М, снабженная второй кабиной для оператора. БМ-811М отличается точной наводкой на ось скважины (новая функция перемещения мачты относительно шасси до 0,8 м и поворота платформы до 180°), что позволяет бурить скважины шнеком в грунтах до IV категории, включая водонасыщенные и многолетнемерзлые грунты, диаметром до 0,5 м и на глубину до 15 м (Рис. 7 и 8). Более мощными и адаптированными под температурные и транспортные условия являются бурильно-крановые машины БКМ-2012 и БКМ-2032 (на шасси трелевочника ТЛ-5 АЛМ) с дополнительной кабиной для оператора, с циклическим способом бурения скважин диаметром до 1,2 м на глубину до 20 м, с увеличенным крутящим моментом на бурильный инструмент, с увеличенным углом поворота бурильного оборудования в плане относительно шасси — до 260°). Например,

машина БКМ-2012 была успешно использована в буропускных работах по устройству свай-оболочки диаметром 720 мм при строительстве ВЛ 500 кВ «Ростовская АЭС — Тихорецкая №2» [9]. Еще более универсальной и мощной мобильной машиной является МБШ-812-СФА на шасси УРАЛ-4320 (6×6), предназначенная для строительства свайных фундаментов различного назначения, включая сооружение буронабивных свай по современной технологии SOB или СФА с использованием поло-го бесконечного шнека (максимальная глубина бурения 20 м без применения технологии СФА и 8 м по технологии СФА, а диаметр скважин — до 0,8 м).

Отечественная строительная буровая многофункциональная установка СБМ-120, сконструированная инженерами ОАО «Стройдормаш», являясь одной из самых совершенных разработок завода, вполне конкурентоспособна с зарубежными аналогами (Рис. 9). Машина работает по классической схеме механизма изменения вылета стрелы типа «параллелограмм», что позволяет совершать минимум действий для точной наводки рабочего органа при бурении скважины. Шарнирно-сочлененная бурильная мачта СБМ — обеспечивает компактность машины в транспортном положении и быстрый пе-

■ другие вопросы

ревод из транспортного положения в рабочее. Надежность СБМ-120 гарантирована применением самых современных технологий и материалов в процессе производства. Для создания данной техники используются узлы и агрегаты мировых марок: базовое шасси СБМ-120 — Caterpillar 329DL, а двигатель — CAT C-7. Глубина бурения 40 м достигается за счет использования съемной 4-секционной келли-штанги с автофиксацией. Штанга из высоколегированной стали оснащена амортизатором, позволяющей компенсировать осевые ударные нагрузки при бурении. Вращатель бурильного инструмента имеет компактные размеры и вращает бур через келли-штангу при помощи двух аксиально-поршневых гидромоторов, а его перемещение производится гидроцилиндром, что обеспечивает высокое усилие забуривания. Отличительными характеристиками СБМ-120 является устойчивость и мобильность, обеспечиваемые конструкцией ходовой части. Рама ходовой имеет телескопическое раздвижение, что дает при этом нужное расстояние между гусеницами для транспортировки на трале, а также создает увеличенную ширину колеи для поперечной устойчивости в рабочем положении. Для максимальной безопасности рабочее и транспортное состояние гусеничной ходовой части СБМ-120 фиксируется штангами. Кроме того, установка СБМ-120 оснащена штатной электронной системой управления на русском языке, обеспечивающей отображение и контроль следующих показателей: глубина бурения, скорость лебедки, угол наклона буровой мачты; работа и состояние гальванической батареи; учет времени работы установки; индикация неисправностей.

Следует отметить мощный российский полноповоротный копер СК-25 на базе отечественного экскаватора ЕК-400 с эффективным высокопроизводительным гидромолотом РОПАТ МГ7ш, который производится ООО «Ропат» (г. Новосибирск) и компанией «Кранэкс» (г. Иваново). В базовую комплектацию модели включены гидромолот РОПАТ, трансформируемая мачта, базовая машина и мощный автономный гидропривод. Предназначен для забивания железобетонных свай сечением до 400х400 до 16 м длиной, стальных труб диаметром до 620 мм до 12 м высотой, свай-оболочек диаметром до 830 мм, а также шпунтов, и отличается точной установкой на проектную отметку.

Применение стальных винтовых свай (ВС) является более эффективным и универсальным решением для фундаментной части при опирании стоек ВЛ и ПС на тяжелые грунтовые основания, включая слабые, сезонно- и многолетнемерзлые грунты.



Рис. 9. Строительная буровая установка СБМ-120, обеспечивающая мощное бурение на глубину до 40 м диаметром 1,0 м в режиме с обсадными трубами и 1,5 м — без обсадных труб спецбурами B-bauer01 диаметрами 520, 650, 900, 1060 мм, также разработанными в ОАО «Стройдормаш» для грунтов III-IX категории буримости (СНиП IV-2-82), включая мерзлые и особо тяжелые грунты

В связи с наличием развитого наконечника — винтовой лопасти несущая способность ВС при работе на сжатие-выдергивание возрастает в несколько раз по сравнению со свайей из такой же стальной трубы без глубинной анкеровки.

По результатам испытаний масштабных моделей узколопастных винтовых свай (1:10) на сжатие в условиях морозильных камер, проведенных в ОАО «Фундаментпроект» в январе 2013 года, получен вывод об образовании уплотненного ядра в грунте аналогично вдавливанию штампа с диаметром, имеющим размер проекции лопастей ВС [10]. Кроме того, в модельных испытаниях была подтверждена методика расчета винтовых свай, предложенная ОАО «СевЗапНТЦ» в стандарте ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.95.050-2010 «Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай».

Следовательно, несущая способность винтовой свай на сжатие определяется именно напряженным состоянием грунтового основания под нижней ло-



Рис. 10. Универсальная бурильная машина УБМ-85 и бурильно-крановая машина БКМ-515 на свайных работах в Новом Уренгое по устройству фундаментов из стальных винтовых свай в ММГ (06.2007)

пастью и сдвигом по образующим грунтового цилиндра диаметром, равным диаметру лопастей, а на выдергивание — также размером лопастей сваи, захватывающих объем грунта над ВС. В этом случае, очевидно, что трение грунта по боковой поверхности ствола ВС, как и вклад данных сил в обеспечение несущей способности, близки к нулю.

В соответствии с Целевой программой «Унификация фундаментов для электросетевых объектов в связи с внедрением промышленных способов скоростного строительства ВЛ и ПС» в НИЛКЭС ОАО «СевЗапНТЦ» разработан проект «Унифицированные конструкции фундаментов на винтовых сваях для опор ВЛ 35-500 кВ», а в ОАО «АЗМ-Стройдормаш» (Алапаевск) разработана и работает принципиально новая универсальная бурильная машина УБМ-85 с номинальным крутящим моментом 85 кНм или 8,5 тонно-метров (тм) для бурения скважин и завинчивания ВС, оснащенная краноманипулятором (телескопическая стрела вылетом до 12 м) с механизмом завинчивания МВ-85 и патроном-захватом для строповки ВС [11] (рис. 10).

В июне 2007 года ОАО «Фирма ОРГРЭС», где тогда работал первый автор, совместно с ОАО «СевЗапНТЦ» с целью последующей разработки технологических карт на устройство фундаментов башен связи с ВС в ММГ провела натурные исследования

процесса погружения ВС типа СВЛ-256 (труба диаметром 219 мм, литой конический наконечник с лопастями диаметром 0,5 м, длина сваи 6 м, а ее заглубление 4,75 м), производимого ООО «Облик» (Екатеринбург) на площадке в Новом Уренгое. Строительная площадка была расположена на участке бывшего карьера в зоне техногенных воздействий, поэтому естественные напластования грунтов и мерзлотные условия были нарушены. Выявлены грунты песчаные с существенно различающимися плотностью, крупностью, влажностью и прочностью по глубине и в плане. Здесь мощность слоя сезонного промерзания-оттаивания обнаружилась в интервале 1,5–4,5 м, а кровля ММГ — везде на глубине 4,0–4,5 м.

Поэтому возникла особая технологическая задача по погружению широколопастных винтовых свай с закрытым коническим наконечником в сыпучемерзлые песчаные грунты, так как не состоялась реализация основного проектного варианта, в котором завинчивание СВЛ-256 в лидерную скважину диаметром 220 мм (диаметр ствола) машиной УБМ-85 заканчивалось на глубине 1,5–3,0 м вместо 4,75 м. Во втором опыте сезонно-промерзающий грунт был разбурен до глубины 2–3 м лидером 500 мм, а затем 220 мм до глубины 5 м, что обеспечило погружение свай лишь на глубину 3,5–4,0 м.

■ другие вопросы



Рис. 11. Недопустимые газорезные работы при устройстве сварных ростверков на шестисвайных фундаментах по причине несоблюдения допусков по отклонениям осей свай от проектных по горизонтали (Новый Уренгой, 06.2007)

Не привел к реализации проектного варианта и третий опыт с увеличением глубины лидерного бурения до 5,5 м. Для завинчивания всех 24 винтовых свай СВЛ-256 (четыре 6-ти свайных куста) на глубину 4,75 м было принято и реализовано следующее технологическое решение:

1 — бурильной машиной БКМ-515 (или другой машиной с крутящим моментом не на бур не менее 0,5 тм) бурится лидерная скважина буром 500 мм со шнековой частью до глубины 5,0–5,25 м с выбором разбуренного грунта из скважины до отметки –3,0 м;

2 — машиной УБМ-85 производится опускание в скважину ВС без ее вращения с уплотнением разбуренного грунта в скважине, а затем медленное вращение с погружением до заданной отметки (–4,75 м) с контролем вертикальности, достигнутой глубины и момента закручивания, который должен быть в интервале 5,0–8,5 тм на последней фазе погружения ВС;

3 — при недозаглублении сваи ее следует вывинтить и выбрать из скважины соответствующий «излишний» объем разбуренного грунта машиной

БКМ-515 и повторить закручивание, а при перезакручивании либо недостаточном по величине закручивающем моменте (меньше 5,0 тм) следует поднять сваю, проверить целостность ее наконечника и лопастей, добавить из отвала необходимый объем разбуренного грунта и завернуть по п. 2;

4 — выполнить послыйную засыпку пазух скважины и внутренней полости сваи песчаным привозным либо, при надлежащем обосновании, разбуренным грунтом с послыйным уплотнением через 0,3 м;

5 — строго соблюдать допуски «Инструкции по производству и приемке работ при устройстве фундаментов и закреплений из винтовых свай и анкеров» (Институт «Севзапэнергопроект», Л.: 1993) по точности погружения ВС: угол наклона по СНиП 3.05.06-85 — $\pm 0,5^\circ$; смещение в плане — ± 50 мм; отклонение от проектной отметки — ± 20 мм;

6 — выполнить контрольные испытания свай (не менее двух) статическими нагрузками с целью проверки соответствия несущей способности проектным расчетным (сжимающей, выдергивающей и горизонтальной) нагрузкам согласно ГОСТ 5686-94

«Грунты. Методы полевых испытаний сваями»; при этом следует контролировать пару (нагрузка-перемещение сваи) с замером перемещений после выдержки под ступенью нагрузки до стабилизации перемещения до 0,1 мм за 2 часа.

На площадке были исполнены все требования и процедуры, кроме п. 2. Здесь реальные горизонтальные отклонения завинченных свай от проектного положения в 6-ти свайном ростверке достигли 100–150 мм (рис. 11) и значительно превысили нормативные допуски при установке опор ВЛ (± 50 мм), поэтому задача повышения точности позиционирования рабочего органа бурильных и сваязавинчивающих машин приобретает особую актуальность.

Указанный практический пример подтвердил высокую эффективность «кустовых» свайных работ, так удельные затраты машин и труда на установку сваи в 6-ти свайном кусте по сравнению с одиночной сваем оказались на 25–30% ниже. Таким образом, направление модернизации свайных машин за счет оснащения их системой «артикуляции» посредством манипулятора, предназначенным для кустового бурения и завинчивания свай непосредственно с одной стоянки, является наиболее перспективным для скоростного строительства ВЛ и подстанций в электроэнергетике, особенно при выполнении работ на пикете ВЛ в условиях транспортной недоступности либо на площадке действующей подстанции, имеющей ограниченные габариты и стесненные условия. При этом, если работать одной УБМ-85 (без буровой машины) со сменой рабочих органов на каждой свае (не менее 0,5 ч на замену) машинозатраты на устройство 6-ти свайного куста увеличиваются более чем в 1,7 раза [12].

В ОАО «ФСК ЕЭС» 26.01.2010 состоялось расширенное совещание о технике и технологии применения винтовых свай для фундаментов электроэнергетических объектов ЕНЭС, на котором было рекомендовано оснастить подразделения (предприятия) филиалов МЭС машинами УБМ-85, а для северных филиалов (МЭС Северо-Запада, МЭС Западной Сибири, МЭС Сибири, МЭС Востока) – по одной свайной машине УБМ-150, обеспечивающей бурение скважин и погружение винтовых свай в условиях ММГ и оснащенных дополнительной теплой кабиной для оператора. На совещании представлена информация о состоявшейся опытной разработке совместно с ОАО «СевЗапНТЦ» универсальной бурильной машины нового поколения УБМ-150, подобной по функции УБМ-85, но отличающейся следующими новыми параметрами: вылет стрелы – 12,5 м, рабочий сек-



Рис. 12. Универсальная бурильная машина УБМ-85-11, адаптированная для работы в условиях Крайнего Севера с двумя кабинами и дистанционным электрическим управлением (автономный переносный пульт с управлением по радиоканалу либо электрокабелю)

тор – 300 °С, диаметр скважины 0,36...1,5 (2,0)м, бурение на глубину до 11,0м, включая ММГ, дистанционное управление с контролем точности погружения сваи. Однако шасси опытной машины Урал-4320-0911 оказалось недостаточно приемлемым для нового уровня нагрузок, требуются новые исследования, особенно в свете отечественной политики импортозамещения. Поэтому специально для северных условий была разработана модель УБМ-85-11 с дополнительной кабиной для оператора (рис. 12).

В данной статье дана характеристика отечественной техники, которая функционально обеспечивает основные технологические запросы по возведению фундаментов воздушных линий электропередачи в условиях Крайнего Севера на многолетнемерзлых грунтах, включая скальные породы. Однако в условиях решения реальных задач, например, требую-

щих бурения скважин большего диаметра в твердомерных грунтах и заглублиения в них винтовых свай, необходима разработка новой более мощной, более вездеходной, более удобной техники, не уступающей по производительности и безотказности импортным образцам. При разработке отечественной техники необходимо создавать специализированные машины и оборудование, например, для бурения скважин и устройства фундаментов, так и технологические комплексы, обеспечивающие всепогодное эффективное сооружение фундаментов в скальных и многолетнемерзлых грунтах при жестком выполнении экологических требований. При этом разработчики новых свайных машин вместе с разработчиками новых фундаментов должны быть в добром творческом союзе для оптимизации и применения фундаментных конструкций и технологий в тяжелых транспортных и грунтовых условиях Заполярья.

Литература

1. Жуков В.Ф. Земляные работы при устройстве фундаментов и оснований в области вечной мерзлоты (Институт мерзлотоведения им.В.А.Обручева). — М.—Л.: АН СССР, 1946. — 142 с.
2. Габля Ю.А. Фундаменты опор линий электропередачи в сложных грунтовых условиях. — М.: Энергоиздат, 1981. — 192.
3. Боровицкий В.Г. Эксплуатация фундаментов опор ВЛ в условиях Северного региона. Проблемы и решения // Новости Электротехники, 2010, № 2 (62). — 7 с.
4. Лошаков Ю.Е., Ольшанский В.Г. Проблемы эксплуатации существующих опор ВЛ в сложных геотехнических условиях Севера Западной Сибири

и их решение путем разработки новых конструкций фундаментов опор с учетом опыта проектирования // Воздушные линии, 2013, № 3. — С. 67–76.

5. Сенькин Н.А. Состояние, ремонты и реконструкция заполярной ВЛ 220 кВ «Инта-Воркута» // Воздушные линии, 2014, № 2. — С. 53–67.

6. Сенькин Н.А. Актуальные задачи в проектировании и строительстве ВЛ ЕНЭС: железобетонные и свайные фундаменты // Энергоэксперт, 2013, № 1–2.

7. Гончаров Ю.М., Таргулян Ю.О., Варганов С.Х. Производство свайных работ на вечноммерзлых грунтах. — Л.: Стройиздат, 1981. — 160 с.

8. Wyman G.E. Building Transmission in Subarctic Alaska //Transmission & Distribution World. — March 2010. — P. 104–111.

9. Крушинских М.Ю., Пальгуев И.П., Ячменев С.В. Практический опыт оптимизации технологического процесса, увеличения производительности и сокращения затрат при строительстве фундаментов ЛЭП // Воздушные линии, 2014, № 2. — С. 3–7.

10. Аксенов В.И., Геворкян С.Г., Иоспа А.В., Кривов Д.Н., Шмелев И.В., Спиридонов С.И. Особенности работы винтовых свай в мерзлых грунтах // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2014, № 4.

11. Сенькин Н.А. Актуальные задачи в проектировании и строительстве ВЛ ЕНЭС: техника и технологии // Энергоэксперт, 2014, № 2. — С. 74–83.

12. 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 межд.конф. по геотехнике. — СПб, 2008. — Том. 4. — С. 661–665.