



РОССЕТИ
ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством

Обзор практически реализованных фундаментов опор ВЛ 220кВ и выше для мёрзлых грунтов

Москва, октябрь 2022

WWW.CIUS-EES.RU

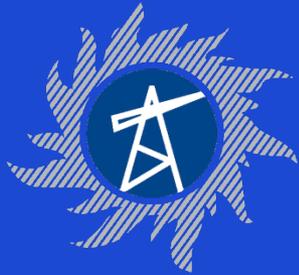
АО «ЦИУС ЕЭС» —

крупнейший Технический заказчик по строительству и реконструкции объектов электросетевого комплекса в Российской Федерации

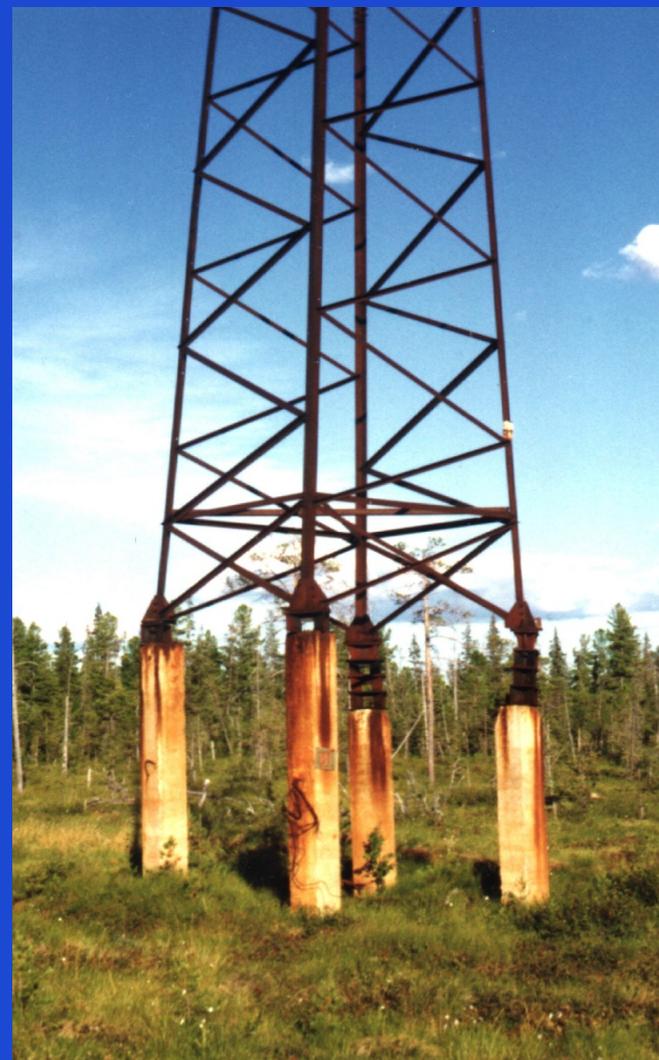
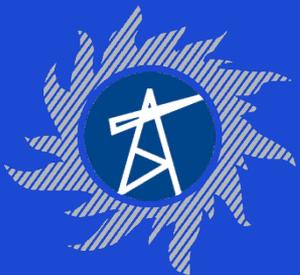
АО «ЦИУС ЕЭС» в ходе строительства и реконструкции ВЛ руководствуется следующими принципами:

1. Повышение эффективности строительного производства.
2. Применение инновационных технологий строительства.
3. Сокращение капитальных затрат и сроков строительства вследствие применения инновационных конструкций и материалов, индустриализации строительства.
4. Повышение качества строительства и реконструкции ВЛ, надёжности и долговечности законченных строительством объектов.

Данная презентация является обзором конструкций фундаментов опор ВЛ 220 – 500кВ в условиях вечномёрзлых (многолетнемёрзлых) грунтов



При проектировании ВЛ в условиях вечномёрзлых (многолетнемёрзлых) грунтов необходимо уделять особое внимание конструкциям фундаментов. Ошибки при проектировании фундаментов в этих условиях приводят к серьёзным проблемам при эксплуатации.

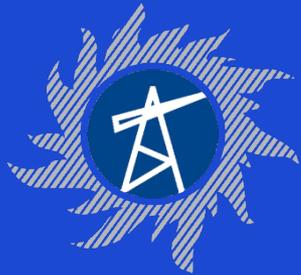




РОССЕТИ
ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством

АО «ЦИУС ЕЭС» реализует строительство электросетевых объектов практически по всей территории России. В том числе – в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов (на карте ниже). При этом объёмы реализации объектов в зоне многолетнемерзлых грунтов возрастают.





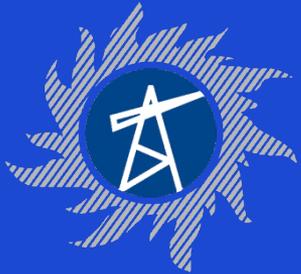
РОССТЕТИ
ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством

Фундаменты на основе забивных типовых железобетонных свай.

Фундамент состоит из 2-4 забивных свай, объединённых стальным ростверком. Погружение осуществляется забивкой в предварительно пробуренную лидерную скважину. В мёрзлых грунтах диаметр лидерной скважины принимается 320мм на всю глубину погружения или на диагональ скважины.

В сравнении с альтернативными решениями данная конструкция в мёрзлых грунтах характеризуется минимумом затрат на материалы, большей несущей способностью на горизонтальные нагрузки (большая жёсткость) и на выдёргивающую нагрузку (в связи с вводом в соответствии со строительными правилами понижающих коэффициентов 0,7 для стальных свай).



Недостатки конструкции:

Необходимость устройства лидерных скважин значительного диаметра на всю глубину погружения.

Наиболее подвержены действию сил морозного пучения. Для противодействия пучению необходимо выбирать сваи значительной длины, использовать специальные покрытия.

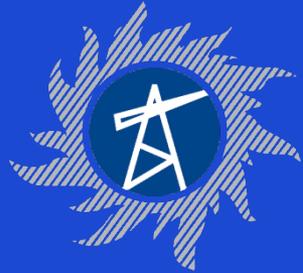
Эрозия в переходной зоне.



РОССЕТИ

ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством



Фундаменты на основе погружения типовых железобетонных свай в предварительно пробуренную скважину (вмораживаемые сваи).

Применяются на участках распространения твёрдомёрзлых грунтов с температурой минус 1,3 гр. С и ниже.

Способ погружения свай - опускание в предварительно пробуренные скважины. Для свободной установки сваи диаметр скважины принимают более диагонали - 55 см. Глубина скважины соответствует глубине погружения сваи.

Предварительно пробуренная скважина заполняется песчано-известковым раствором на 1/3 глубины при температуре равной летней температуре наружного воздуха, или с подогревом до 20-40 °С в зимний период непосредственно перед установкой в неё сваи. Количество раствора принимается из расчёта заполнения пространства между свайей и стенками скважины.

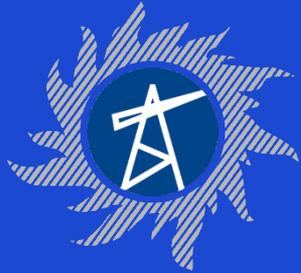
Данная конструкция при соблюдении технологии обеспечивает надёжность и долговечность, но помимо недостатков, перечисленных на предыдущем слайде, требует наибольших среди альтернативных вариантов затрат времени. Нагружение возможно только после смерзания, что устанавливается по результатам температурных наблюдений (дополнительные затраты ресурсов). Кроме того, технология устройства фундамента требует приготовления песчано-известкового раствора в условиях отрицательных температур.



РОССТЕТИ

ФСК ЕЭС

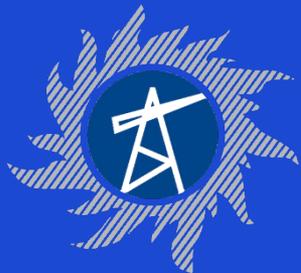
Центр инжиниринга
и управления строительством



Фундаменты на основе винтовых свай.

На фото – фундаменты опоры 220кВ на основе куста стальных винтовых свай типа ВСЛМ, конструкция которых предназначена для многолетнемёрзлых грунтов (имеет узкую лопасть и определённую конструкцию основания). Погружение осуществляется так же в предварительно пробуренную скважину, диаметр которой равен диаметру ствола. Стволы сваи должны иметь внутреннее заполнение. Целесообразно, чтобы заполнение осуществлялось на заводе-изготовителе. Чем выше заводская готовность фундаментов - тем лучше. Антикоррозийная защита выполняется в соответствии с коррозионной агрессивностью грунтов. Согласно нормативных документов покрытие должно быть изоляционным. При этом должна быть высокая стойкость к истиранию при погружении.





Фундаменты на основе винтовых свай.

Погружение осуществляется, как правило, специально разработанной машиной УБМ-85. Возможно, так же, погружение с помощью специальных насадок на экскаваторы.

К несомненным достоинствам таких фундаментов можно отнести: минимальный объём земляных работ, высокая заводская готовность, высокая стойкость к воздействию сил морозного пучения, безударность погружения (важно при близости чувствительных к ударам коммуникаций), высокая точность установки в плане и по высоте.

К недостаткам можно отнести весьма значительное количество отказов (в связи с чем категорически не рекомендуется применять в грунтах с включением валунов) и высокая стоимость (это – самый дорогой вариант фундамента).

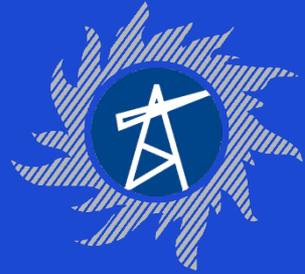




РОССТЕТИ

ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством



Фундаменты на основе свай открытого профиля. В данном случае – крестовидных.

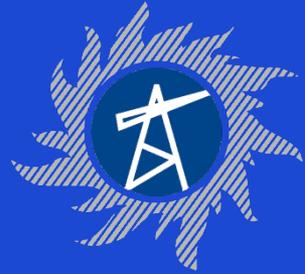
Одна из разновидностей стальных свай. Электротехническая экзотика – так как не нашли широкого применения. Практически представляет собой конструкцию из двух профилей углового сечения 160x10.

При сравнительном анализе установлено, что несущая способность таких свай на вырывающую нагрузку в 1,7 раза меньше, чем у железобетонных свай. Это связано с вводом согласно СП понижающего коэффициента 0,7 для металлических поверхностей смерзания. Так же из-за меньшей жёсткости имеют и меньшую несущую способность на горизонтальную нагрузку.

Перед забивкой так же необходима лидерная скважина 100мм и заделка пазух песком. Из достоинств – отсутствие необходимости внутреннего заполнения. Меньшая, чем у винтовых, стоимость.

Расширение области применения возможно по результатам НИОКР.





Фундаменты на основе стальных труб.

Нашли практическое применение при строительстве ВЛ 110кВ в Заполярье. В качестве фундаментов для промежуточных металлических опор принимаются металлические сваи из труб диаметром 325 мм и длиной 10 метров с оголовками из стали С345-4. Сваи заполняются сухой цементно-песчаной смесью.

Установка свай производится с учетом использования вечной мерзлоты по первому принципу (СП 25.13330.2012) в предварительно пробуренные скважины диаметром 550 мм и 450мм с заполнением свободного пространства цементно-песчаным раствором.

Время вмерзания свай определяется измерением температуры грунта по боковой поверхности сваи, для чего в скважину, вплотную к свае опускается термометрическая трубка. Продолжительность вмерзания в зависимости от температуры грунта составляет 8 – 25 суток.

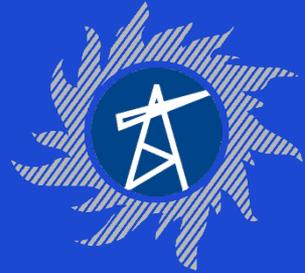




РОССЕТИ

ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством



Фундаменты на основе стальных труб.

Бурение производится пневмударными буровыми установками SMHF 320 или аналогами. Общая масса 20 т, мощность двигателя 152 кВт.

Покраска свай для снижения влияния касательных сил морозного пучения производится кремнийорганической эмалью КО-198.

Пробуренная скважина заполняется песчано-цементным раствором М100 на глубину минус 3,5 м от нулевой отметки. В скважину с раствором опускается труба и выставляется в проектное положение.

Затем пазухи заполняются песчано-цементной смесью М100 до нулевой отметки, а полость сваи - бетоном В15 на глубину выше сезонного оттаивания.

Из всего вышеизложенного легко видеть недостатки технологии. В принципе, они те же, что и в варианте опускных в раствор железобетонных свай.

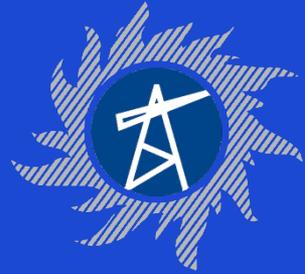
Конструкция отличается достаточной надёжностью, но её изготовление нетехнологично. Нагружать фундамент возможно только после его вмерзания.



РОССЕТИ

ФСК ЕЭС

Центр инжиниринга
и управления строительством



Поверхностные фундаменты

Представляют собой конструкцию из железобетонных плит, забивных свай или фундаментных блоков, устанавливаемых без заглубления в грунт. Разрабатываются на основе типовой документации 3.407-23 Выпуск 5 «Поверхностные и плавающие фундаменты». СЗО Института «Энергосетьпроект» 1978г.

Данный вид фундаментов применяется в заболоченной местности и опирается непосредственно на сильносжимаемое торфяное основание. В данных грунтовых условиях это наиболее эффективная конструкция фундамента, так как практически не требует земляных работ. Монтаж выполняется в зимнее время.

Основная проблема данной конструкции, препятствующая её широкому применению – неравномерная осадка. Отраслевыми НТД установлены довольно жёсткие требования по отклонению верха опоры от вертикали в эксплуатации: $1/200$ высоты опоры.



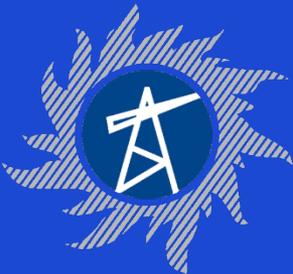
Поверхностные фундаменты

На фото ещё одна конструкция поверхностного фундамента для промежуточной опоры ВЛ 330кВ. Здесь опирание на фундамент осуществляется через специально разработанный конструктивный элемент, передающий усилие с четырёх точек опоры на три.

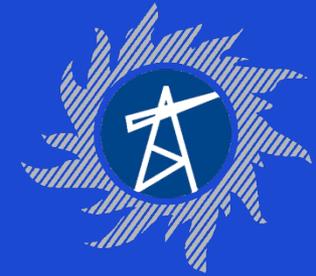


Виды фундаментов опор ВЛ в мёрзлых грунтах

| | Забивные сваи | Погружение забивных свай | Винтовые сваи | Крестовидные сваи | На основе труб, погружаемы в ПЦР |
|---|-----------------------------|--|--|---|----------------------------------|
| Эффективность СМР | умеренная | низкая | высокая | высокая | низкая |
| Устойчивость к морозному пучению | низкая | умеренная | высокая | высокая | умеренная |
| Область обоснованного применения | Кроме твёрдомёрзлых грунтов | Твёрдомёрзлые грунты с Т минус 1 гр.С и ниже | Близость к объектам, не допускающим ударные воздействия. | Требуется НИОКР с определением области эффективного примеенния. | ВЛ 110кВ и ниже |



Требования к конструкциям фундаментов в вечномёрзлых грунтах



1. Надёжность и долговечность. Сохранение в течение всего срока службы расчётной несущей способности и пространственной неизменности.
2. Высокая заводская готовность. Желательно исключение «мокрых» процессов.
3. Эффективность монтажа.
4. Низкая стоимость.
5. Отсутствие необходимости технического обслуживания в эксплуатации.
6. Устойчивость к действиям сил морозного пучения.