



ОАО «СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР»
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «СЕВЗАПЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

Буринъекционные сваи из трубчатых винтовых штанг для закрепления объектов электросетевого строительства

Электрические сети России-2013

3-4 декабря 2013 года, Москва

НИЛКЭС, начальник сектора Касаткин Сергей Петрович

ПЦ «Севзапэнергосетьпроект» ОАО «СевЗап НТЦ»

e-mail: s_kasatkin@nwec.ru

тел. (812) 449-74-19

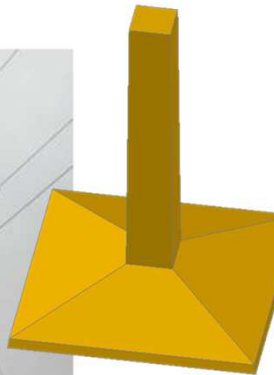
Традиционные типы закреплений

Решётчатые опоры

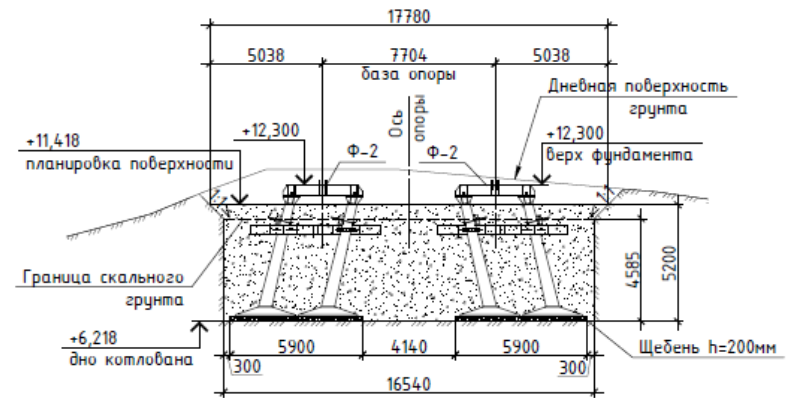
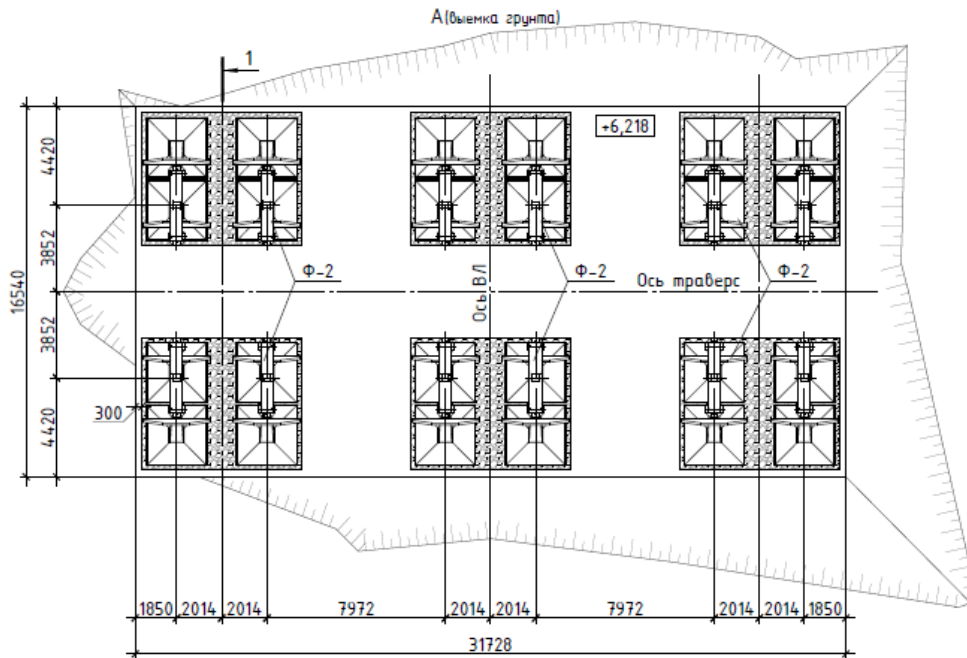
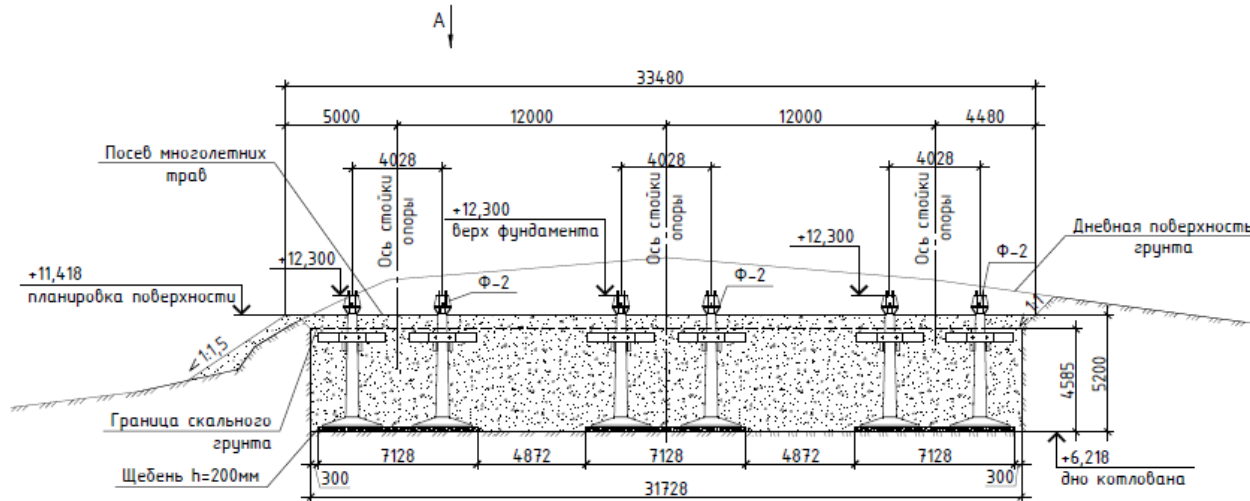
1. Грибовидные фундаменты
2. Фундаменты из забивных свай
3. Фундаменты из винтовых свай
4. Поверхностные фундаменты

Многогранные опоры

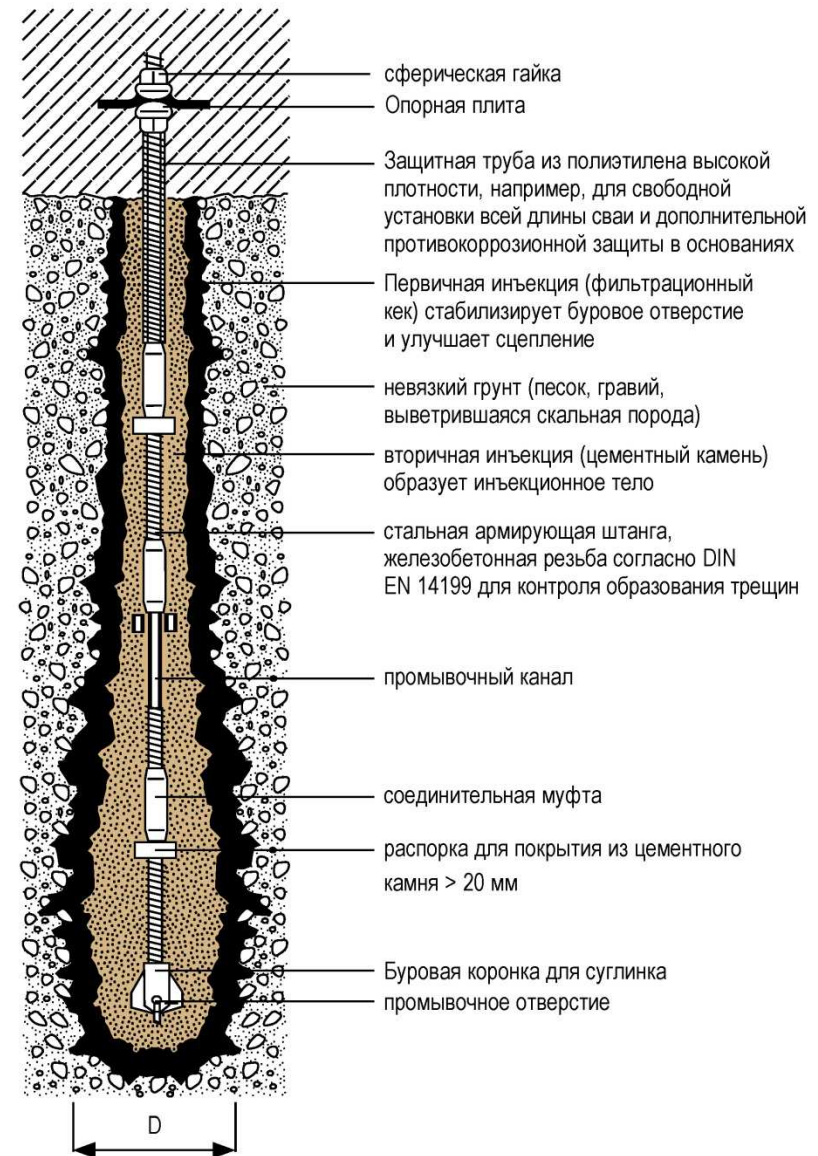
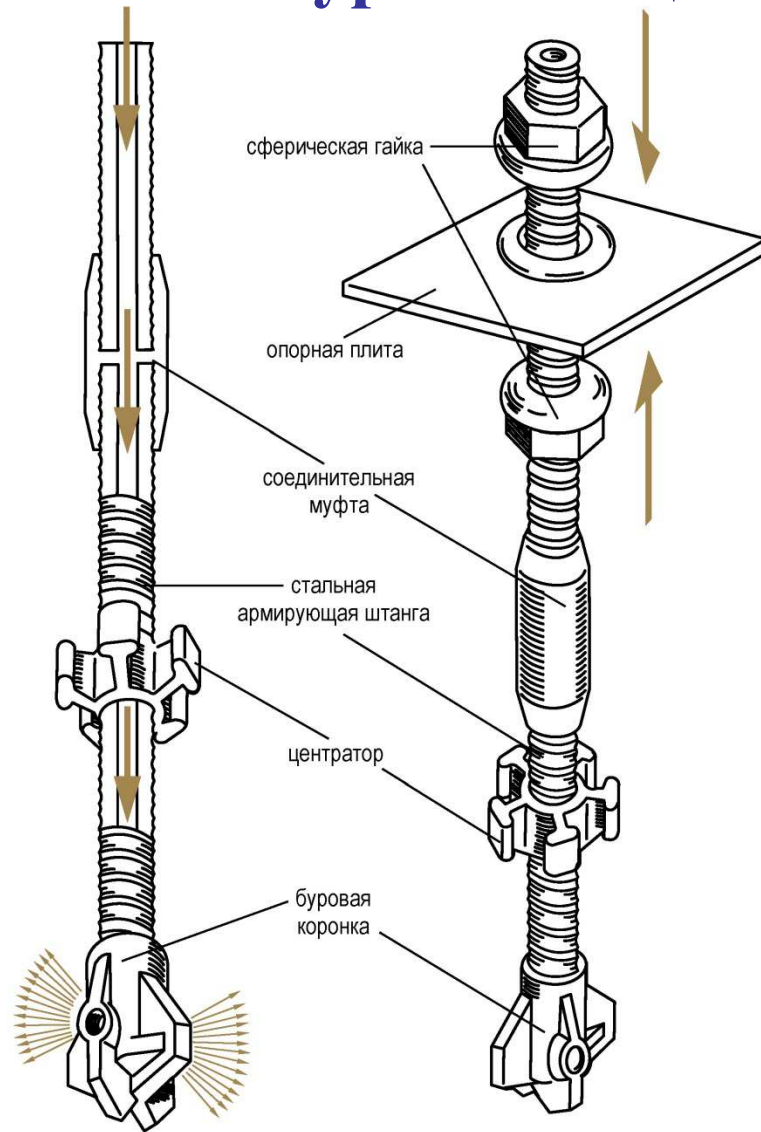
1. Стальные сваи-оболочки
2. Свайные фундаменты с монолитным ростверком



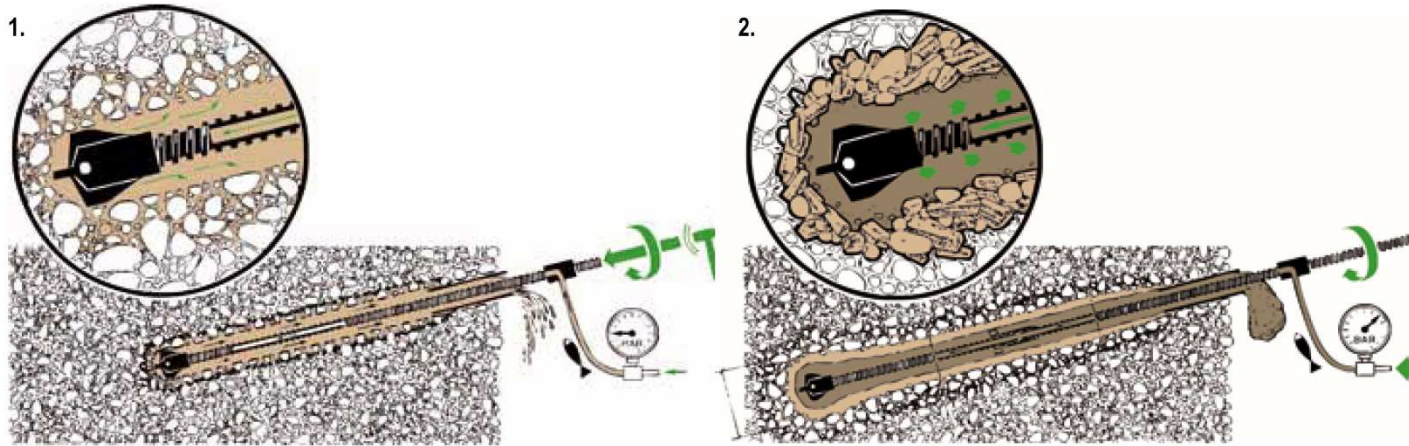
Пример закрепления решётчатых опор в скальных грунтах



Новая технология: буринъекционные сваи (микро сваи)



Технология в деталях



Одна технология для всех областей применения

Независимо от типа грунта и области применения, микросваи ТИТАН всегда устанавливаются одинаковым способом посредством двухэтапной процедуры.

1. Прямое бурение

Ударно-вращательное бурение с использованием промывочной жидкости: Промывочная и крепящая жидкость – это водоцементная суспензия с определенным соотношением воды и цемента В/Ц = 0,4 ÷ 0,7

Ударно-вращательное бурение с помощью цементного раствора приводит к вытеснению и укреплению грунта, как и при использовании забивных свай. Во время процедуры бурения из цементного раствора отфильтровывается вода и образуется фильтрационный ке́к, который повышает устойчивость бурового отверстия. Фильтрационным ке́ком может также называться первичная инъекция, которая также улучшает прочность на срез сцепления между инъекционным телом и грунтом. Промывочный раствор должен непрерывно вытекать из скважины. При обычном давлении промывки от 5 до 20 бар вода отфильтровывается, а формирующаяся цементная корка (фильтрационный ке́к) стабилизирует буровое отверстие. Цемент схватывается с зернистой структурой грунта, полностью заполняя все проемы и пустоты.

2. Динамическое нагнетание посредством закачки раствора

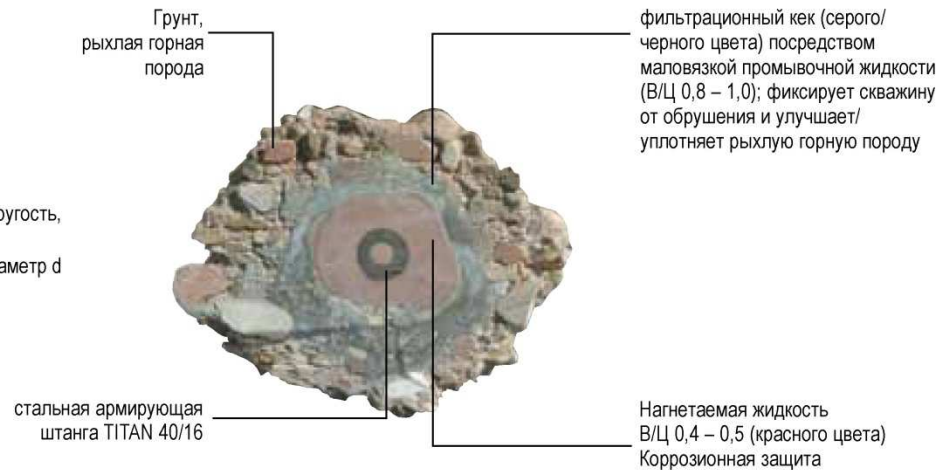
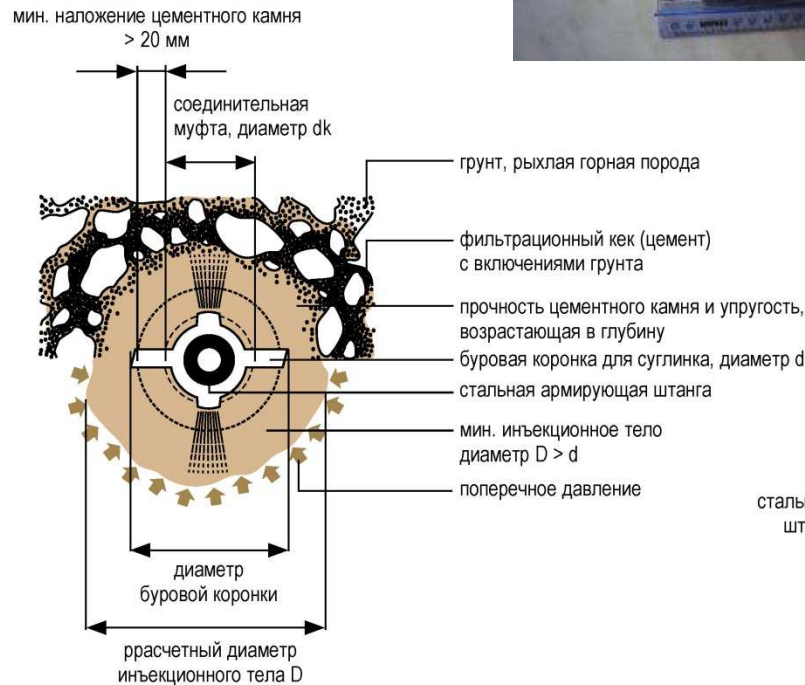
Нагнетается цементный раствор В/Ц = 0,4 ÷ 0,5

Динамическим нагнетанием называется нагнетание при одновременном вращении. Этим густым раствором вытесняется промывочная жидкость до тех пор, пока густой раствор не начнет вытекать из бурового отверстия и не возникнет плотное инъекционное тело. В заключительной фазе нагнетания сразу выполняется бурение. Давление нагнетания повышается, а поверхностное трение увеличивается, что свидетельствует об успешной установке. Дополнительного нагнетания не требуется, поскольку необходимое давление нагнетания (5 бар) достигается в любом случае.

Буровые коронки.

Для каждого вида грунта имеются на выбор подходящие буровые коронки, вследствие чего практически для любого грунта может быть использована одинаковая технология. Может возникнуть необходимость в смене буровой коронки на месте, поскольку при комплексном зондировании грунта в области применения может потребоваться изменение компоновки.

Поперечное сечение буринъекционных свай



$$D = d + a$$

Расширение $a \geq 20$ мм согласно DIN SPEC 18539

Экспериментальные данные фирмы Ischebeck (изм. на извлеченном инъекционном теле)

$D \geq d + 75$ мм для среднего и крупного гравия

$d + 50$ мм для песка и песка с гравием

Типы буровых коронок

	Тип коронки:	Область применения:
	Коронка для глины:	Глинистые, пылеватые, вязкие песчаные, смешанные грунты без твёрдых включений < 50 S.P.T. *
	Крестообразная коронка:	Плотные песчаные, гравелистые грунты с твердыми включениями > 50 S.P.T.
	Ошипованная коронка:	Выветренный скальный грунт, пилит, сланец, окаменевшая глина; прочность < 70 МПа
	Крестообразная коронка из твердого сплава:	Доломит, гранит, песчаник; прочность 70-150 МПа
	Ошипованная коронка из твердого сплава:	Армированный бетон, скальный грунт, предварительное растачивание; прочность > 70 МПа
	Ступенчатая коронка из твердого сплава:	Для прямолинейности бурения в слоистых скальных грунтах (отклонения < 2 % длины)

*S.P.T. Standard Penetration Test

Технические характеристики

Атлант



Titan



Диаметр штанги, мм	Толщина стенки, мм	Предел текучести, МПа	Несущая способность, кН	Предел прочности, МПа	Пределная нагрузка на разрыв, кН
57	6	600	576	790	759
73	11	600	1285	790	1692

Характеристики	Ед. изм.	ТИТАН 30/16	ТИТАН 30/14	ТИТАН 30/11	ТИТАН 40/20	ТИТАН 40/16	ТИТАН 52/26	ТИТАН 73/56	ТИТАН 73/53	ТИТАН 73/45	ТИТАН 73/35	ТИТАН 103/78	ТИТАН 103/51	ТИТАН 127/111
Внешний диаметр	мм	30	30	30	40	40	52	73	73	73	73	103	103	127
Внутренний диаметр	мм	16	14	11	20	16	26	56	53	45	35	78	51	111
Сила на пределе текучести	кН	190	220	260	425	525	730	830	970	1270	1430	1800	2670	2030
Разрушающая нагрузка	кН	245	275	320	540	660	925	1035	1160	1585	1865	2270	3660	2320
Напряж. предела текучести	Н/мм ²	560	585	625	590	590	585	610	590	560	530	565	470	585
Поперечное сечение	мм ²	340	375	415	730	900	1250	1360	1615	2260	2710	3140	5680	3475
Масса погонного метра	кг/м	2,70	2,87	3,29	5,60	7,17	9,87	10,75	13,20	17,80	21,20	25,30	44,60	28,90
Момент сопротивления	см ³	1,71	1,74	1,79	4,31	4,84	10,5	20,34	22,4	27,9	34,78	63,2	86,3	71,4
Момент инерции	см ⁴	2,24	2,29	2,37	7,82	8,98	25,6	71,34	78,5	97,6	121,5	317	425	445
Максимальная ударная энергия	Дж	84	84	84	145	145	400	610	610	610	610	900	900	900
Допуст. крутящий момент (K _т =2)	Нм	485	550	650	1500	1800	3200	8105	8200	8450	8760	20940	24820	22600
Стандартная длина стержня	м	3/4	3/4	2/3/4	3/4	2/3/4	3	6,25	3	3	4	3	3	3
Направление резьбы	-	левая					левая / правая	правая						

Технологическое оборудование для изготовления свай

1. Малогабаритная буровая установка.



2. Смеситель и инъекционный насос



Полный комплект оборудования



Буровая техника

Ручные перфораторы



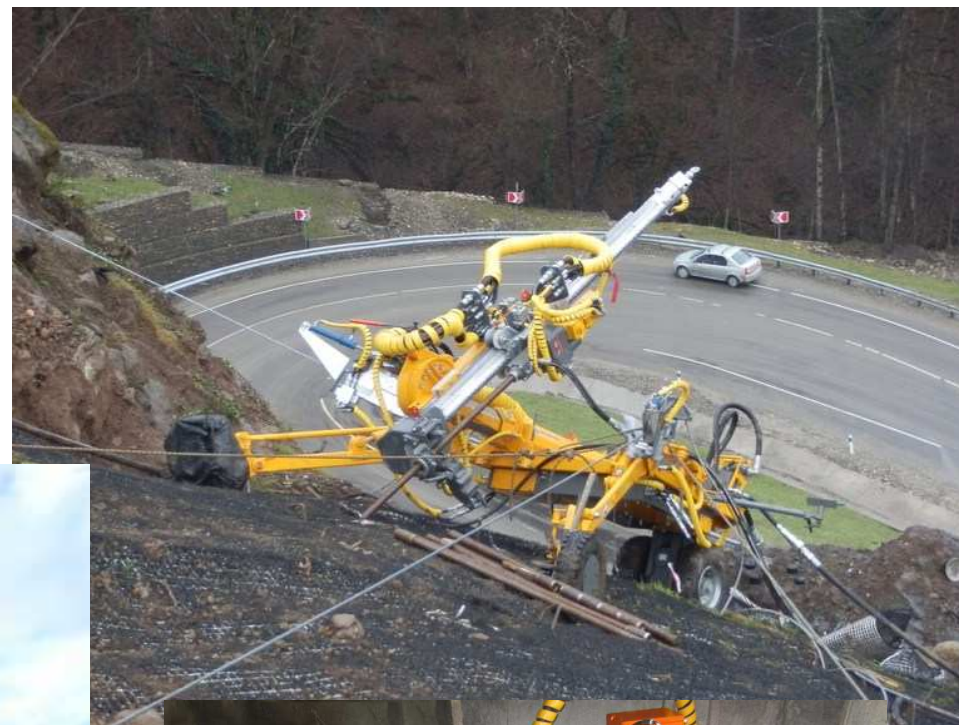
Навесные лафеты



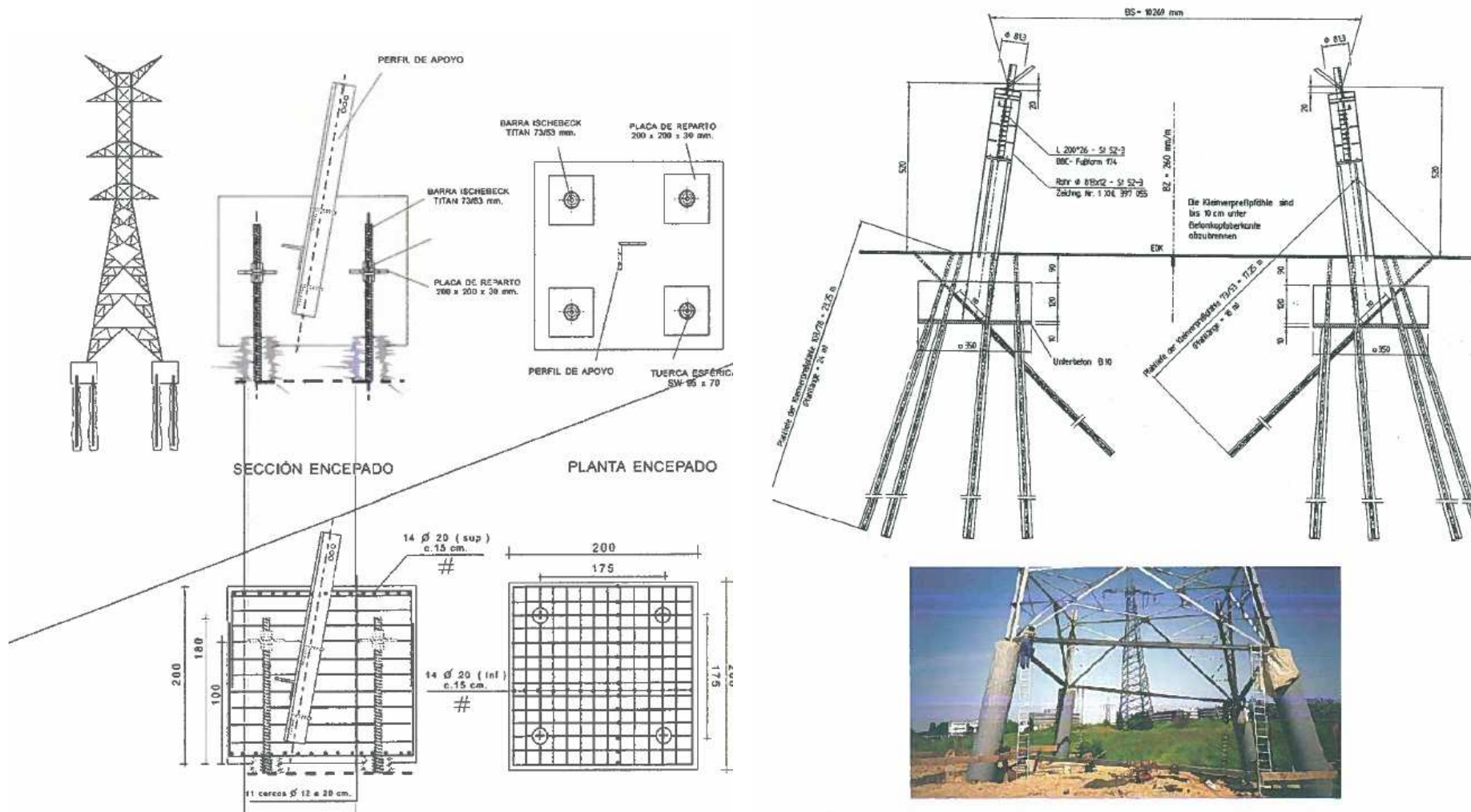
Самоходные буровые установки



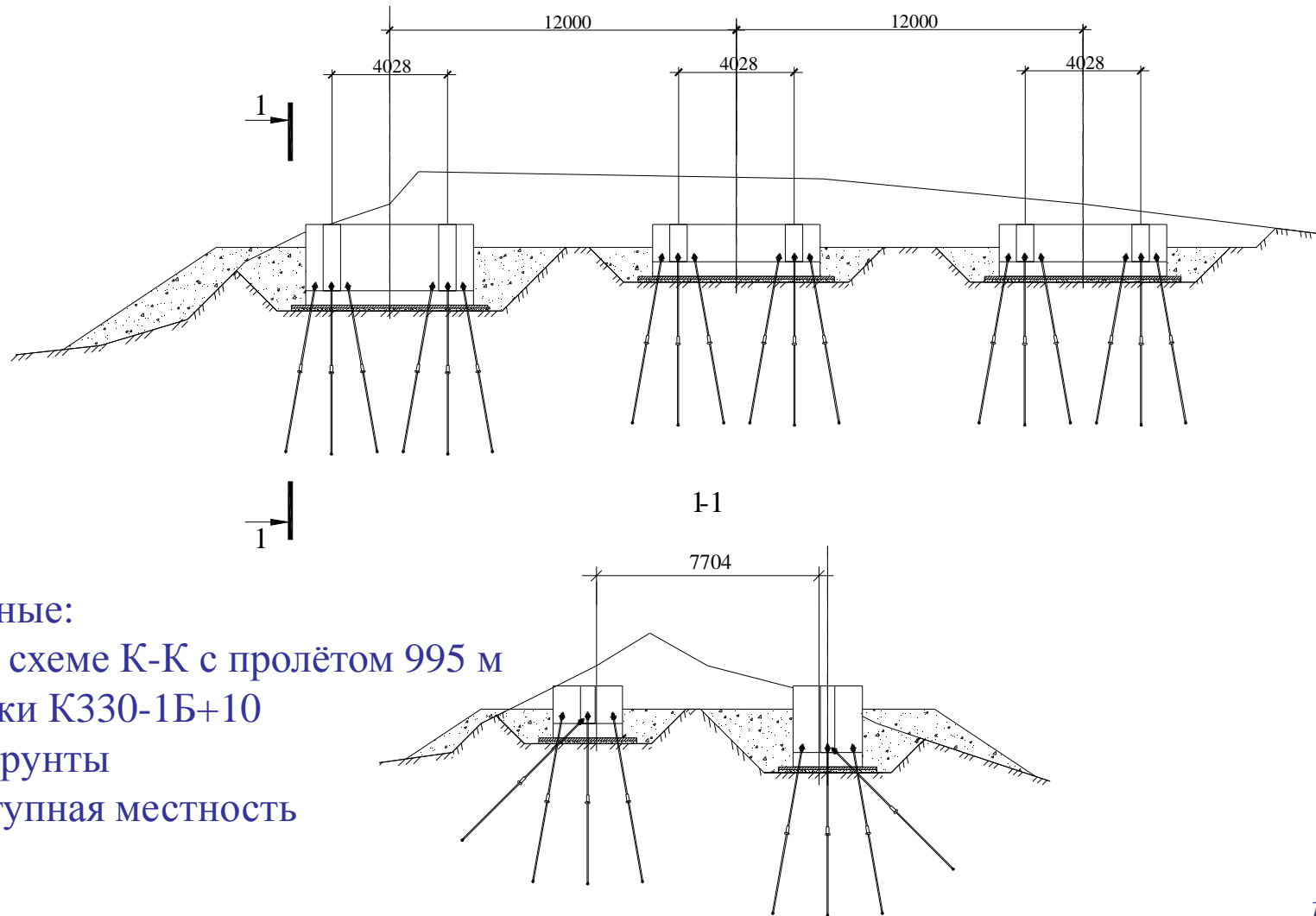
Примеры применения в труднодоступных местах



Применение буринъекционных свай для закрепления опор ВЛ: мировой опыт



Применение буроинъекционных свай для закрепления опор ВЛ: ВЛ 220 кВ Селихино – Ванино. Большой переход через р. Дюанка



Исходные данные:

- Переход по схеме К-К с пролётом 995 м
- Опоры марки К330-1Б+10
- Скальные грунты
- Труднодоступная местность

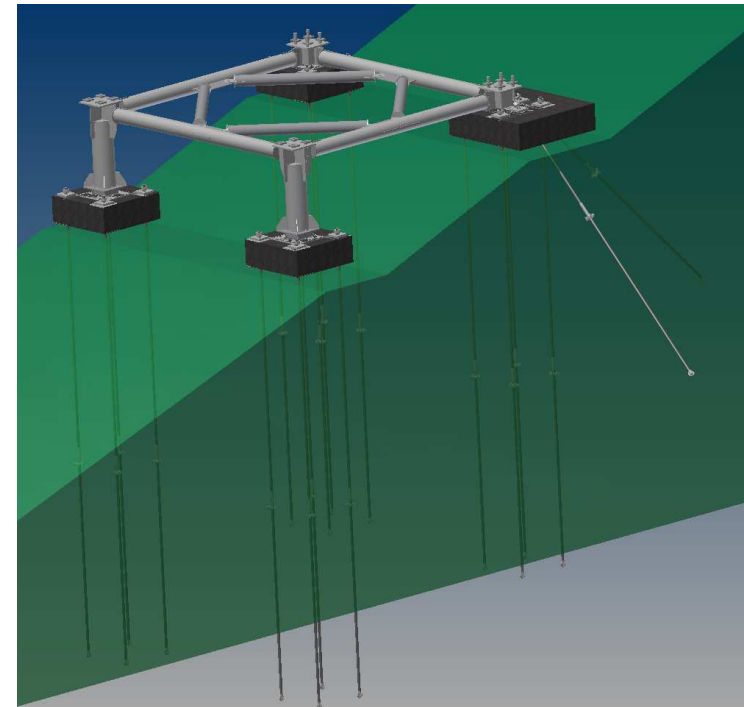
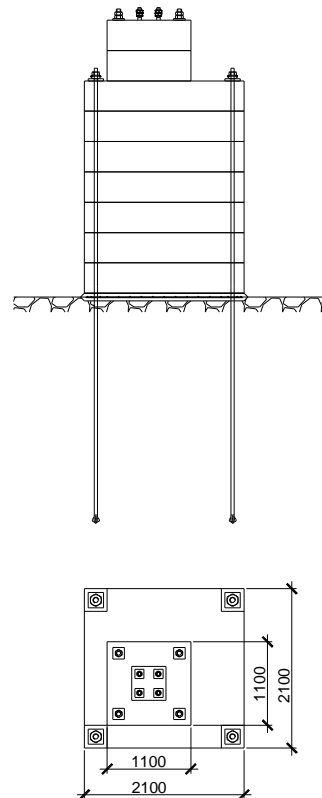
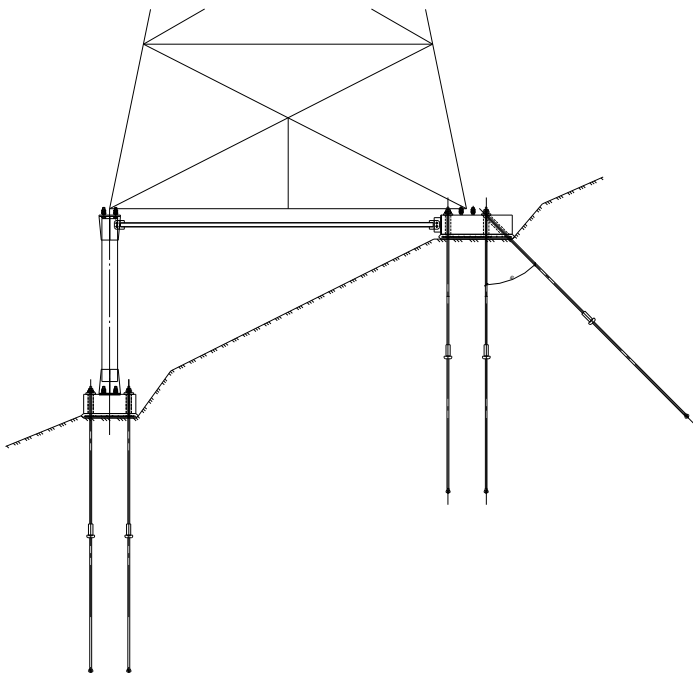
Применение буринъекционных свай для закрепления опор ВЛ: ВЛ 110 кВ в габаритах ВЛ 220 кВ ПС Дзубга – ПС Лермонтово.

Исходные данные:

- Район по гололёду VII
- Район по ветру VII
- Горная местность
- Скальные и полускальные грунты

Блочно-модульные конструкции фундаментов

Конструкции фундаментов с металлическими подставками



Технико-экономическое сравнение вариантов закрепления промежуточной опоры ВЛ

Технико-экономическое сравнение фундаментов для опор на склонах при $\alpha=30^\circ$														
№ п/п	Описание	скальный грунт						Стоимость	дисперсный грунт					Стоимость
		материал			вид работ				материал			вид работ		
		ж/б	мет.	анкерная свая	разрыхление скальных грунтов шпуровыми зарядами	земляные работы	забуривание свай		ж/б	мет.	анкерная свая	срез грунта/земляные работы	забуривание свай	
		м ³	т	м	1 м ³	1 м ³	м		м ³	т	м	1 м ³	м	
1	Сборные железобетонные фундаменты на буронагрейционных сваях	2,54	0,47	12	-	-	12	173	-	-	-	-	-	-
2	Сборные железобетонные фундаменты на буронагрейционных сваях с применением металлической подставки	0,4	0,85	12	-	-	12	142	0,4	0,24	20	35	20	95
3	Фундамент из грибовидных подножников	4,68	-	-	130	130	-	590	4,68	-	-	150	-	126

Технико-экономическое сравнение фундаментов, устанавливаемых на ровной поверхности

№ п/п	Описание	скальный грунт						Стоимость	дисперсный грунт					Стоимость
		материал			вид работ				материал			вид работ		
		ж/б	мет.	анкерная свая	разрыхление скальных грунтов шпуровыми зарядами	земляные работы	забуривание свай		ж/б	мет.	анкерная свая	земляные работы	забуривание свай	
		м ³	т	м	1 м ³	1 м ³	м		м ³	т	м	1 м ³	м	
1	Сборные железобетонные фундаменты на буронагрейционных сваях	0,6	0,24	12	-	-	12	110	0,4	0,24	20	-	20	93
2	Фундамент из грибовидных подножников	4,68	-	-	78	78	-	400	4,68	-	-	78	-	120

Примечание:

- | | |
|--|--|
| 1. Анкерная тяга Атлант длиной 5 м (дисперсный грунт): 12000 руб.; | 7. Земляные работы в дисперсных грунтах: 145 руб./м ³ ; |
| 2. Анкерная тяга Атлант длиной 3 м (скальный грунт): 14200 руб.; | 8. Разрыхление скальных грунтов шпуровыми зарядами: 3500 руб./м ³ ; |
| 3. Подножник ФЗ: 26000 руб./шт.; | 9. Забуривание анкеров в скалу: 2000 руб./м; |
| 4. Железобетон: 25000 руб./м ³ ; | 10. Забуривание анкеров в дисперсный грунт: 1000 руб./м.; |
| 5. Металл: 60000 руб./т.; | 11. Срез грунта: 60 руб./м ³ . |
| 6. Земляные работы в скальных грунтах: 240 руб./м ³ ; | |

Экономическая эффективность при устройстве фундаментов из буронагрейционных свай по сравнению с грибовидными подножниками достигает 264%.

Преимущества технологии

1. Буринъекционные сваи можно использовать в любых грунтовых условиях, в т.ч. и в вечномёрзлых.
2. Применяемое легкое и технологичное оборудование для буринъекционных свай удобно в транспортировке и просто в эксплуатации.
3. Устройство буринъекционных свай возможно в труднодоступных местах под любыми углами и в различных сочетаниях.
4. Сфера использования буринъекционных свай весьма обширна.
5. Технология выполнения буринъекционных свай обеспечивает безопасность для соседних застроек, так как их устройство оказывает минимальное влияние на массив грунта.

