

Испытания винтовых свай для опор ВЛ и фундаментов ПС

Сакаев Радмир Рустемович

АО «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии»

X Международная научно-практическая конференция
«ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ ВЛ: ТЕХНОЛОГИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА»

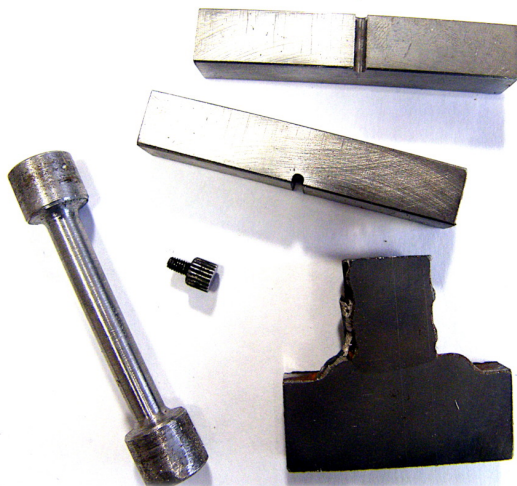
Санкт-Петербург 2023

Уборка образцов после проведённых испытаний



16 апреля — коммунистический субботник 60е годы

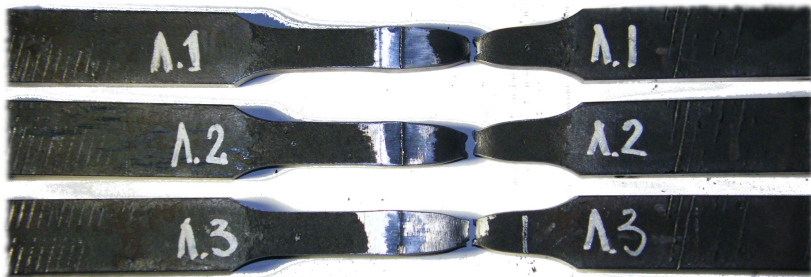
Образцы для испытаний и головка микрометра (по центру)



Образец сварного соединения на статический изгиб



Образец тип XIIIa по ГОСТ 6996-66



Образцы после испытаний на усталостную прочность



Типы образцов

Образцы после испытаний на растяжение и определение кажущейся межслойной прочности на сдвиг



Стенд для стеклокомпозитных водопропускных лотков



Испытательное оборудование

Стенд с установленной плитой БМП 4-170

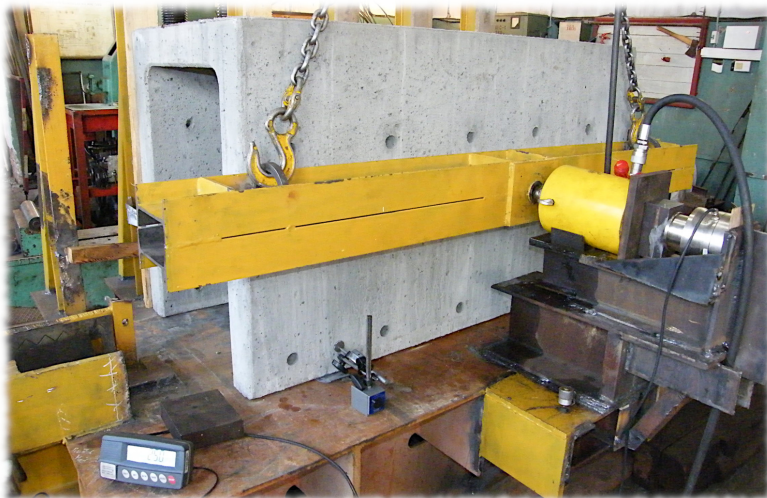


Испытательное оборудование

Проведение испытаний железобетонной балки размерами: 24000×400×1950 мм и толщиной стенки 120 мм на жёсткость и трещиностойкость



Стенд для испытания железобетонных водопропускных лотков



Стенд для испытания водопропускных труб



Испытательное оборудование

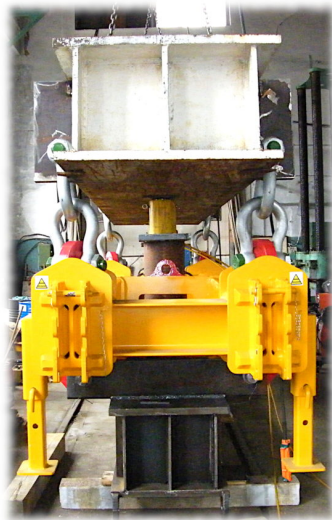
Стенд для алюмотермитной сварки образцов с дефектом типа «горячая трещина»



Стенд для испытания деформационных швов



Стенд для испытания грузозахватных приспособлений



Стенд для испытания перильных ограждений лестничных сходов



Стенд для испытания антифрикционных материалов



Положение нормативной базы до 2018 года

ОДМ 218.3.103-2018 «Рекомендации по применению винтовых свай на автомобильных дорогах»

ОДМ 218.3.103-2018

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВИНТОВЫХ СВАЙ НА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2018

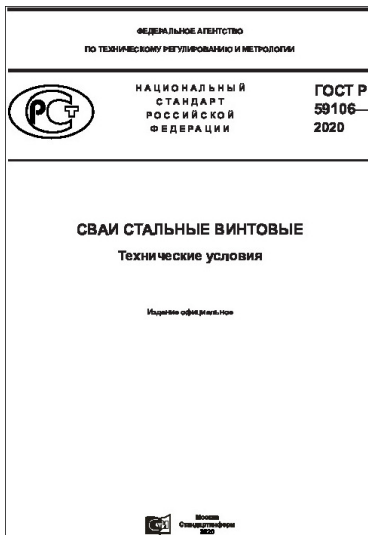
В состав данного документа вошли следующие рекомендации:

- Выполнение инженерных изысканий и подготовка исходных данных для проектирования.
- Расчёт винтовых свай.
- Контроль и приемка свай, проведение полевых испытаний, приёмочный контроль выполненных работ.
- Охрана труда и окружающей среды.

Действующий нормативный статус

ГОСТ Р 59106-2020

«Сваи стальные винтовые. Технические условия»



Действующий нормативный статус

В состав ГОСТ вошли:

- Технические требования, включая требования к материалам, к конструкции свай, сварным и болтовым соединениям, защитным покрытиям, к маркировке, упаковке и комплектности.
- Правила приемки и испытаний.
- Методы контроля.
- Правила транспортирования и хранения.

Предельные отклонения параметров винтовых свай

| Параметры винтовой сваи | Величина отклонения, не более |
|----------------------------|----------------------------------|
| Длина сваи, мм: | |
| – до 6 м | ±50 |
| – свыше 6 до 12 м | ±70 |
| – свыше 12 м | ±100 |
| Диаметр лопасти, мм | ±9 |
| Шаг винтовой лопасти, мм | ±10 |
| Диаметр ствола, % | ±1 |
| Толщина стенки ствола, % | +12,5 / -10 |

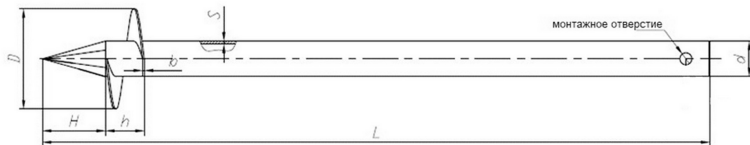
Структура условного обозначения винтовых свай

СВХ(Х) – XXX / XX – XXX / XX – XX – XX

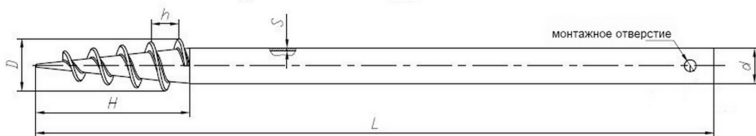


Действующий нормативный статус

Общий вид основных типов винтовых свай



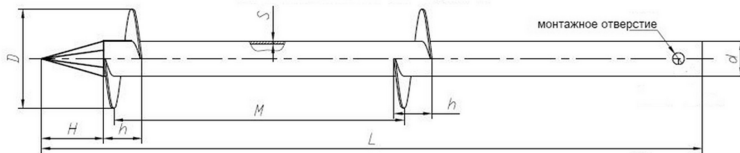
Свая винтовая лопастная (СВЛ)



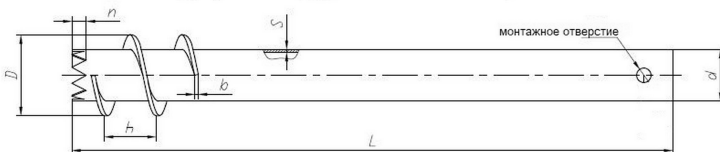
Свая винтовая спиральная (СВС)

Действующий нормативный статус

Общий вид основных типов винтовых свай



Свая винтовая двухлопастная (СВ2Л)

Свая винтовая спиральная с открытым концом
для мерзлых грунтов (СВС-М)

Визуально-измерительный контроль свай

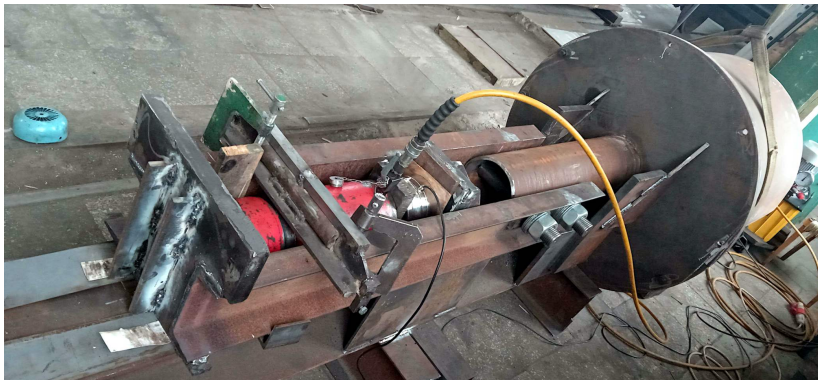
Таблица 1. Результаты визуально-измерительного контроля образца I-1 сваи металлической винтовой с наконечником широколопастной диаметром ствола 219 мм и диаметром лопасти 550 мм (тип I).

| Параметр | Номинал. размер | Допуск | Факт. величина | Примечания |
|---|-----------------|--------------|----------------------------|-----------------------|
| Длина ствола, мм | 6000 | ± 30 | 6030 | |
| Диаметр ствола, мм | 219 | ± 1 % | 219,1 | |
| Толщина стенки ствола, мм | 10 | +12,5%; -15% | 10,1 | |
| Диаметр лопасти, мм | 550 | ± 9 | 544,1 | |
| Диаметр монтажных отверстий, мм | 60 | + 1 | 60,1 | |
| Шаг витка лопасти, мм | - | ± 10 | 209/233 | мин. и макс. значения |
| Толщина лопасти, мм | 8 | Сертификат | 8,3 | |
| Перпендикулярность лопасти к оси ствола, град. | 90 | < 3 град | 101,8 | наибольшее отклонение |
| Качество сварного шва (наплывы, прожоги, сужения и непровар, резкий переход, трещины) | - | не доп. | отдельные короткие наплывы | |
| Качество поверхности (заусенцы, задиры, острые кромки) | - | не доп. | острые кромки | |
| Маркировка | наличие | - | есть | |
| Антикоррозионное покрытие | Наружное | наличие | - | нет |
| | Внутреннее | наличие | - | нет |

Испытание сваи винтовой лопастной (СВЛ) на сжатие



Испытание сваи винтовой лопастной (СВЛ) на растяжение



Испытание сваи винтовой лопастной (СВЛ) на кручение



Результаты испытаний образцов сварного соединения стыкового шва металла ствола сваи с наконечником на ударный изгиб

Таблица 2. Результаты испытания образцов сварного соединения основного металла сваи металлической винтовой

| № п.п. | Маркировка | Площадь сечения, см ² | Т, °С | Работа удара | | Ударная вязкость, КСU | |
|-------------------|------------|----------------------------------|-------|--------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | Дж | кгс·м | Дж/см ² | кгс·м/см ² |
| 1 | Ш1 | 0,64 | +20 | 180 | 18,4 | 281 | 28,7 |
| 2 | Ш2 | 0,64 | +20 | 232 | 23,7 | 360 | 36,7 |
| Среднее значение: | | | | | | 321 | 32,7 |
| 3 | Ш3 | 0,64 | -20 | 162 | 16,5 | 255 | 26,0 |
| 4 | Ш4 | 0,64 | -20 | 172 | 17,5 | 268 | 27,3 |
| 5 | Ш5 | 0,64 | -20 | 170 | 17,3 | 265 | 27,1 |
| Среднее значение: | | | | | | 263 | 26,8 |
| 6 | Ш6 | 0,64 | -40 | 142 | 14,5 | 221 | 22,6 |
| 7 | Ш7 | 0,64 | -40 | 120 | 12,2 | 187 | 19,1 |
| 8 | Ш8 | 0,61 | -40 | 106 | 10,8 | 174 | 17,8 |
| Среднее значение: | | | | | | 194 | 19,8 |

Испытание на растяжение обработанных образцов

Таблица 1. Результаты испытания металла из образца лопасти с маркировкой «ЛЗ».

| № испытания | Маркировка образца | Макс. усилие R_{max} , Н | Временное сопротивление (предел прочности) $\sigma_{0.2}$, МПа | Усилие при условном пределе текучести $R_{0.2}$, Н | Условный предел текучести $\sigma_{0.2}$, МПа | Относит. равномерное удлинение, δ_r , % | Относит. удлинение после разрыва δ , % | Относит. сужение после разрыва ψ , % |
|----------------------|--------------------|----------------------------|---|---|--|--|---|---|
| 1 | 1 | 9937 | 357,4 | 9779 | 351,7 | 0,069 | 1,119 | 2,339 |
| 2 | 2 | 12860 | 453,3 | 11433 | 403,0 | 0,515 | 1,000 | 3,300 |
| 3 | 3 | 16080 | 566,8 | 16017 | 564,6 | 0,162 | 1,823 | 2,973 |
| Среднее значение | | 12959 | 459,2 | 12410 | 439,8 | 0,249 | 1,314 | 2,871 |
| Минимум | | 9937 | 357,4 | 9779 | 351,7 | 0,069 | 1,000 | 2,339 |
| Максимум | | 16080 | 566,8 | 16017 | 564,6 | 0,515 | 1,823 | 3,300 |
| СКО | | 2509 | 85,6 | 2639 | 90,72 | 0,192 | 0,363 | 0,3989 |
| Станд. отклон. | | 3073 | 104,8 | 3232 | 111,1 | 0,235 | 0,445 | 0,4886 |
| Коеф. вариации, % | | 23,7 | 22,8 | 26 | 25,3 | 94,7 | 33,8 | 17,0 |
| Станд. отклон. СЗ | | 1774 | 60,53 | 1866 | 64,15 | 0,136 | 0,257 | 0,2821 |
| Коеф. вариации СЗ, % | | 13,7 | 13,2 | 15 | 14,6 | 54,7 | 19,5 | 9,83 |

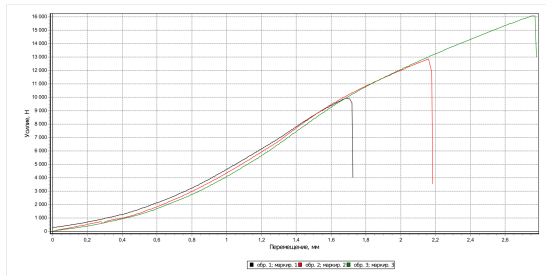


Рисунок 1 - Диаграмма условных напряжений ($\sigma - \epsilon$) металла с маркировкой «Т»

Результаты измерений твёрдости по Виккерсу образцов сварного соединения стыкового шва металла ствола сваи с наконечником

Таблица 2. Результаты измерения твёрдости образцов сварного соединения угловых швов приварки второй лопасти к телу наконечника сваи.

| Участки | ОМ | ОМ | ОМ | ОМ | ЗТВ | ЗТВ | ЗТВ | ЗТВ | ОМ | МШ | МШ |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| № точки | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Значение твёрдости, HV | 134 | 148 | 122 | 163 | 149 | 172 | 176 | 152 | 187 | 192 | 198 |
| Участки | ЗТВ | ОМ | ОМ | ЗТВ | ЗТВ | ЗТВ | ЗТВ | ОМ | МШ | МШ | ЗТВ |
| № точки | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Значение твёрдости, HV | 213 | 184 | 180 | 162 | 180 | 204 | 181 | 176 | 193 | 190 | 189 |

Сокращения: ОМ — основной металл; ЗТВ — зона термического влияния; МШ — металл шва

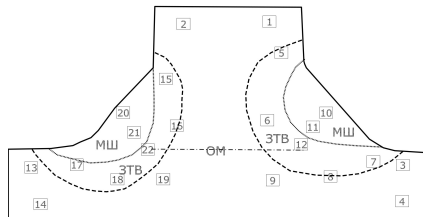


Рисунок 2 - Схема замера и значения твёрдости в точках на шлифе из металла угловых швов приварки второй лопасти к телу наконечника сваи (ОМ — основной металл; ЗТВ — зона термического влияния; МШ — металл шва)

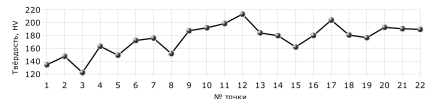


Рисунок 3 - Распределение твёрдости по точкам сварного соединения

Типичные дефекты и разрушения

Отрыв лопасти при испытании на осевое растяжение



Отрыв лопасти при испытании на осевое растяжение



Деформация сваи при испытании на кручение



Типичные дефекты и разрушения

Разрывы и пластическая деформация технологического отверстия в месте контакта с пальцем, передающим крутящий момент



