

# Буронабивные сваи РИТ

*Технология изготовления*

*Испытания и принципы расчёта*

*Области применения*

**Дмитрий Николаевич Малахов**

Технический директор строительной компании «СЕЛАР»



Строительная компания  
**"СЕЛАР"**

## Буронабивные сваи с использованием разрядно-импульсной технологии для зданий повышенной этажности (сваи РИТ)

Разрядно-импульсная технология предназначена для повышения несущей способности буронабивных свай по грунту. Электрические разряды в бетонной смеси формируют локальные уширения под пятой и по длине ствола, одновременно уплотняя окружающий грунт.

Сваи РИТ применяются в новом строительстве и реконструкции, в том числе при устройстве свайно-плитных фундаментов, усилении оснований и работе в стеснённых условиях.

# Изготовление свай

Скважину бурят до проектной глубины и заполняют бетонной смесью. Затем в смесь погружают электродную систему. Пробой разрядного промежутка происходит в жидкой среде; этой средой служит бетонная смесь.

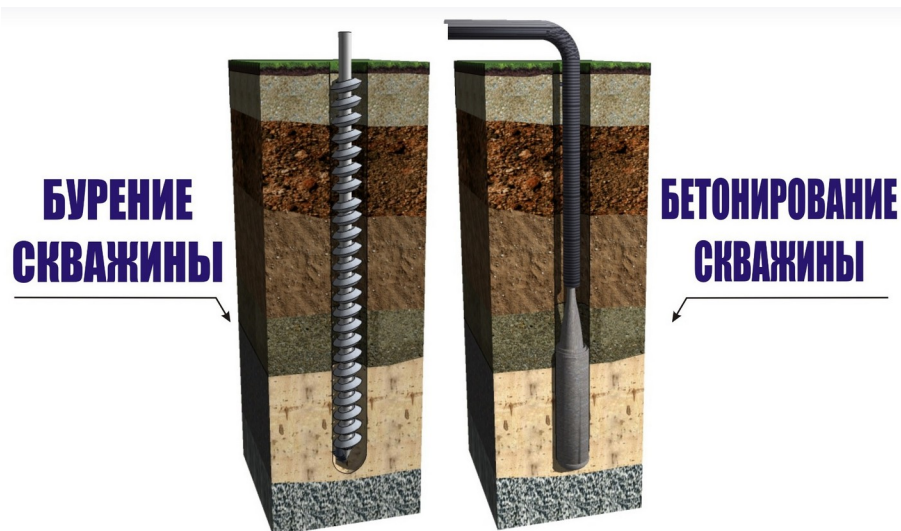


Рисунок 1. Бурение и заполнение скважины бетонной смесью.

При импульсном электрическом разряде возникает давление, которое воздействует на стенки скважины. Серия разрядов уплотняет грунт и формирует разрядно-импульсное, или камуфлетное, уширение.



Рисунок 2. Разрядно-импульсная обработка пяты и ствола свай.

## Формирование ствола и работа грунта

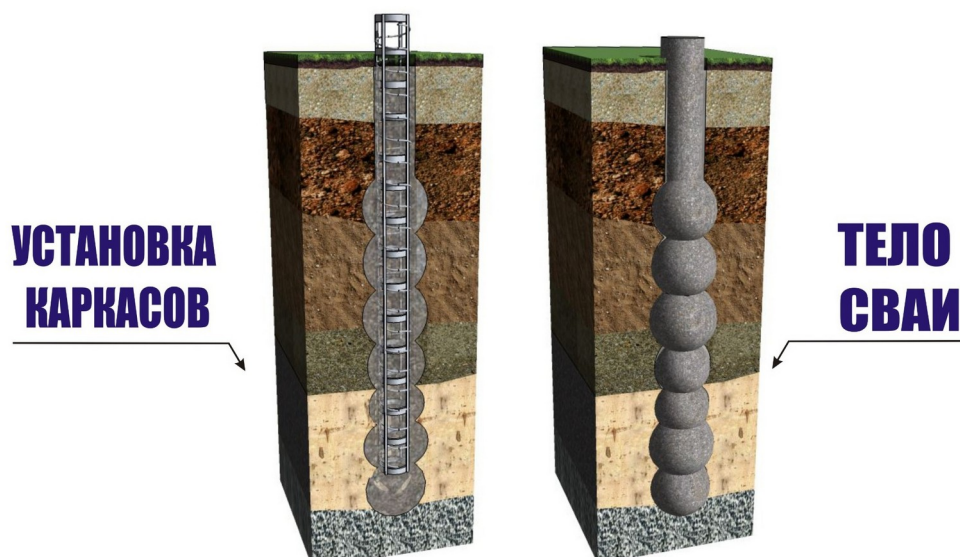


Рисунок 3. Установка арматурного каркаса и сформированное тело сваи.

При формировании сваи РИТ обрабатывают не только её основание, но и ствол. О степени уплотнения грунта судят по осадке бетонной смеси в устье скважины. Вблизи скважины при обработке ощущаются небольшие толчки.

Грунт вокруг сваи деформируется и включается в работу уже в процессе её изготовления. Для традиционной сваи полное сопротивление по боковой поверхности достигается после некоторого перемещения сваи. Камуфлетные уширения изменяют характер взаимодействия ствола с окружающим грунтом и повышают сопротивляемость знакопеременным нагрузкам.

Зона уплотнения вблизи разрядов может достигать двух-трёх радиусов условной камуфлетной полости. Формируется геотехнический массив, включающий сваю и прилегающий модифицированный грунт, характеристики которого выше исходных показателей, установленных инженерно-геологическими изысканиями.

### Факторы повышения несущей способности

- Расширение ствола сваи в обрабатываемых сечениях.
- Уплотнение грунта вокруг ствола и под пятой.
- Частичная цементация грунта вокруг ствола.

Увеличение сопротивления грунта под пятой составляет 1,3–2,0 раза, а по боковой поверхности — 1,2–1,5 раза.

## Локальные уширения свай

Увеличение несущей способности висячих свай по грунту позволяет полнее использовать прочность материала ствола. Особенность РИТ — возможность формировать уширения не только в основании, но и по длине сваи.



Рисунок 4. Вскрытые участки свай с локальными уширениями, два ракурса.



Рисунок 5. Форма уширений и прилегающая зона грунта.

На фотографиях показана фактическая форма участков свай после вскрытия грунта. Уширения образуются при последовательной обработке выбранных горизонтов.

## Свая и свайное поле



Рисунок 6. Извлечённая свая с уширениями по длине ствола.



Рисунок 7. Свайное поле перед устройством надземных конструкций.

Высокая удельная несущая способность, технологичность изготовления и возможность работы в стеснённых условиях определяют интерес к применению свай РИТ в свайно-плитных фундаментах зданий повышенной этажности.

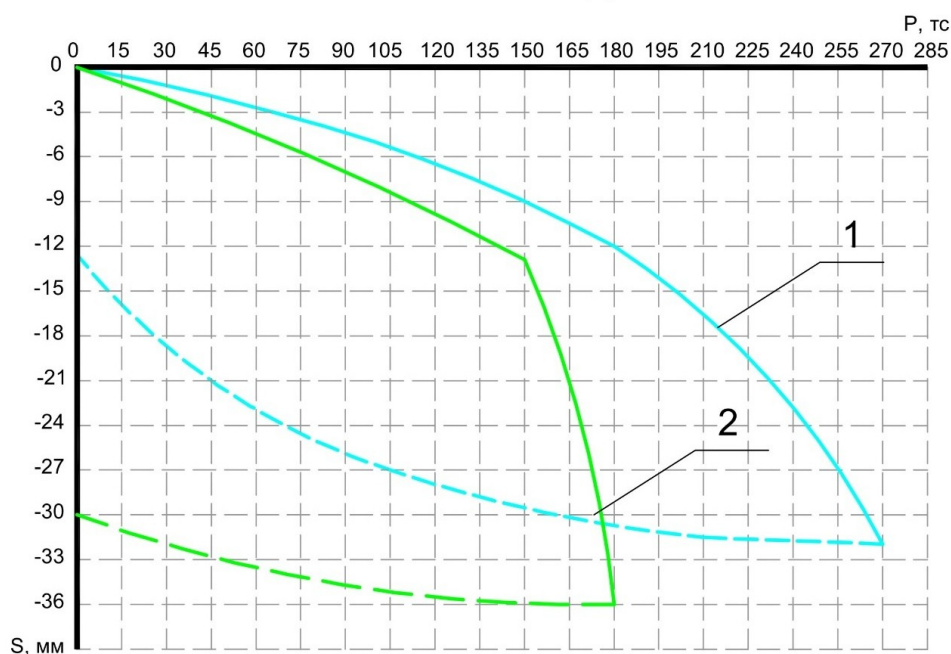
Сваи РИТ конкурируют с составными забивными сваями и могут заменять буронабивные сваи большего диаметра — 600–1200 мм, а также бурозавинчиваемые и задавливаемые сваи.

# Несущая способность и испытания

Несущая способность свай по грунту зависит от бурового диаметра и инженерно-геологических условий площадки.

| Буровой диаметр | Несущая способность по грунту |
|-----------------|-------------------------------|
| 180 мм          | Более 60 т                    |
| 250 мм          | 100 т                         |
| 300 мм          | До 150–200 т                  |

График испытания свай  
статической нагрузкой



1 - График испытания буронабивной сваи РИТ

2 - График испытания забивной сваи

Рисунок 8. Зависимость осадки от нагрузки: 1 — свая РИТ; 2 — забивная свая.

При испытаниях по ГОСТ 5686-94 осадки под расчётными нагрузками не превышали допустимых значений. На графике кривая сваи РИТ изменяется плавнее, без резкого перелома, характерного для потери сопротивления по боковой поверхности.

При ступенчатом нагружении наблюдается стабилизация деформаций. Небольшие остаточные осадки после разгрузки свидетельствуют о работе системы «свая — грунт» в области упругих деформаций.

# Результаты статических испытаний

Таблица объединяет данные по выполненным объектам: параметры свай, грунтовые условия, расчётные и испытательные нагрузки, осадки при нагружении и после разгрузки.

| № п/п | Объект                                                                              | Характеристика свай   | Дата испытаний | Грунтовые условия                                                      | Расчетная несущая способность, т | Нагрузка на сваи-РИТ при испытании, т | Осадка сваи-РИТ под нагрузкой, мм | Осадка сваи-РИТ после разгрузки, мм |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1     | Арбат, д.1, вестибюль второго выхода станции м. "Арбатская"                         | d=250мм, L=8м         | 26,02,02       | Суглинки плотные оторфованные, глина                                   | 75                               | 90                                    | 8,39                              | 3,21                                |
|       |                                                                                     |                       | 02,03,02       |                                                                        | 75                               | 90                                    | 7,79                              | 2,5                                 |
| 2     | Митино, мкр. 8Б, к.2, сек.2, фундамент жилого дома                                  | d=300мм, L=10м, L=11м | 01,07,02       | Пески мелкие, средней крупности, плотные, в забое водонасыщенные       | 80                               | 100                                   | 4,14                              | 0,9                                 |
|       |                                                                                     |                       | 02,07,02       |                                                                        | 80                               | 100                                   | 4,39                              | 0,88                                |
| 3     | Митино, мкр. 8Б, к.2, сек.1, опытная площадка для испытаний свай-РИТ                | d=300мм, L=19м        | 07,06,02       | До глубины 12м насыпь, торф, далее пески ср. крупности, водонасыщенные | 70                               | 240                                   | 17,3                              | 6,42                                |
|       |                                                                                     |                       | 09,06,02       |                                                                        | 80                               | 270                                   | 32,04                             | 12,64                               |
| 4     | 147 АБ ГШ ВС РФ Е 00, жилой дом серии III М, свайное основание                      | d=250мм, L=5м         | 20,02,02       | Пески мелкие                                                           | 47                               | 60                                    | 5,15                              | 2,94                                |
| 5     | Б. Знаменский пер., д.23, свайный фундамент 10-ти этажного корпуса, 1-го дома МО РФ | d=250мм, L=15,2м      | 25,05,01       | Пески мелкие, средней плотности с прослоями суглинков                  | 92                               | 120                                   | 6,4                               | 1                                   |
|       |                                                                                     |                       | 20,05,01       |                                                                        | 92                               | 120                                   | 8,3                               | 1,8                                 |
|       |                                                                                     |                       | 22,05,01       |                                                                        | 92                               | 120                                   | 8,4                               | 1,7                                 |
| 6     | ул. Гришина, д.23, стр.7, свайное основание над сооружением ГО                      | d=250мм, L=15м        | 20,11,00       | Суглинки тугопластичные, пески пылеватые водонасыщенные                | 85                               | 102                                   | 5,2                               | 2,8                                 |
|       |                                                                                     |                       | 23,11,00       |                                                                        | 85                               | 130,5                                 | 8,3                               | 1,6                                 |
|       |                                                                                     |                       | 26,11,00       |                                                                        | 85                               | 102                                   | 7,3                               | 1,3                                 |
| 7     | Врачебный проезд, вл.8, свайное основание 25-этажного жилого дома                   | d=250мм, L=11,2м      | 05,08,02       | Суглинки тугопластичные, пески ср. кр. водонасыщенные                  | 60                               | 72                                    | 3,32                              | 0,52                                |
|       |                                                                                     |                       | 07,08,02       |                                                                        | 60                               | 115                                   | 10,9                              | 2,8                                 |
| 8     | Соймоновский пер., вл.7, стр.2, свайное основание гаража                            | d=250мм, L=7м         | 20,02,02       | Песок рыхлый, ср. кр., песок ср. кр. ср. плотности                     | 50                               | 60                                    | 3,05                              | 1,48                                |
|       |                                                                                     |                       | 05,03,02       |                                                                        | 50                               | 60                                    | 4,98                              | 2,99                                |
| 9     | Пр-т Вернадского, д.37, свайное основание 19-этажного корпуса                       | d=300мм, L=18м        | 12,03,03       | Техногенные грунты, суглинки, песок ср. кр., водонасыщенный            | 150                              | 180*                                  | 15,11                             | 5,73                                |
|       |                                                                                     |                       | 01,04,03       |                                                                        | 150                              | 180                                   | 8,93                              | 1,88                                |
|       |                                                                                     |                       | 17,05,03       |                                                                        | 150                              | 234**                                 | 18,46                             | 5,47                                |

\* испытания вдавливающей нагрузкой 180 т проводились через 15 дней после бетонирования свай, твердение бетона в грунте, температура + 8 °С;

\*\* при контрольной нагрузке 180 т свая-РИТ дала осадку 10,71 мм.

Таблица 1. Результаты статических испытаний свай РИТ на объектах в Москве.

Результаты относятся к указанным в таблице длинам свай, грунтовым условиям и режимам нагружения. В отдельных испытаниях нагрузка значительно превышала расчётную, что демонстрирует резерв несущей способности исследованных свай.

# Развитие технологии и оборудования

## Первые исследования

Первые опыты по применению разрядно-импульсной технологии в строительстве относятся к 1963 году: в МИСИ исследовали уплотнение водонасыщенных песчаных грунтов. В 1977 году в ЛИСИ изучался способ изготовления бурунабивных свай.

В 1960–1970-е годы создавались установки на напряжение 30–60 кВ, а в отдельных случаях — до 300 кВ. Высокие напряжения, небольшая долговечность электрических узлов и значительная масса оборудования сдерживали развитие технологии. Масса установок достигала 8–9 тонн, для перемещения использовался гусеничный трактор. В ранних конденсаторах применялись токсичные полихлорбифенилы.

## Переход к строительной практике

В конце 1980-х годов преподаватели военно-строительного училища в окрестностях Ленинграда изготовили сваи для ряда объектов. В дальнейшем технология была освоена в Москве. Одновременно совершенствовались электрическая часть установки и методика производства работ.

Совершенствование установки позволило снизить рабочее напряжение до 10 кВ, а массу — до двух тонн. Увеличилась наработка на отказ, оборудование стало компактнее. Из конструкции соответствующих электрических узлов исключены токсичные вещества.

## Сравнение способов формирования уширений

Втрамбовывание пяты требует значительного времени и сопровождается динамическими воздействиями. Применение взрывчатых веществ связано с опасностью и технологической сложностью, особенно в плотной городской застройке.

В РИТ используют большое число динамических воздействий малой единичной энергии, возникающих при электрическом пробое бетонной смеси импульсным током высокого напряжения. Такой режим позволяет последовательно обрабатывать требуемые участки свай.

## Трудоёмкость и эффект обработки

Дополнительная разрядно-импульсная обработка обычной буруинъекционной сваи увеличивает трудоёмкость и стоимость её изготовления на 10–15%, обеспечивая прирост несущей способности в 1,7–1,9 раза.

# Принцип расчёта несущей способности

Висячая свая передаёт вдавливающую нагрузку грунтовому основанию через нижний конец и боковую поверхность. Расчёт учитывает обе составляющие сопротивления:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} R A + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i)$$

Здесь  $F_d$  — несущая способность сваи;  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы сваи;  $\gamma_{cR}$  и  $\gamma_{cf}$  — коэффициенты условий работы грунта под нижним концом и по боковой поверхности;  $R$  — сопротивление грунта под пятой;  $A$  — площадь основания;  $u$  — периметр ствола;  $f_i$  и  $h_i$  — сопротивление и толщина соответствующего слоя грунта.

Первое слагаемое зависит от площади уширения и сопротивления грунта под пятой. При расчёте камуфлетного уширения коэффициент  $\gamma_{cR}$  принимается равным 1,3. Площадь  $A$  определяют по поперечному сечению уширения, размеры которого оценивают по объёму бетонной смеси, пошедшей на его заполнение.

## Определение условного диаметра уширения

Расход смеси определяют по разности её верхнего и нижнего уровней в устье скважины за время обработки нижнего конца сваи. Условный диаметр камуфлетной полости выражается через диаметр скважины и величину осадки смеси:

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{3}{2} d_{скв}^2 \Delta h}$$

$d_{скв}$  — диаметр пробуренной скважины, м;  $\Delta h$  — осадка бетонной смеси при разрядно-импульсной обработке нижнего конца сваи, м. Расчётное сопротивление под пятой принимают как для забивной сваи с соответствующим условным диаметром.

Методика учитывает конкретные инженерно-геологические условия площадки. Пять лет практического применения показали высокую сходимость расчётной несущей способности с результатами контрольных испытаний вдавливающей нагрузкой.

# Технические рекомендации

ТР 50-180-06 содержат технические рекомендации по проектированию и устройству свай РИТ для зданий повышенной этажности и сооружений первого уровня ответственности, включая армирование и расчёт несущей способности.

ТР 50-180-06

14.9.3. При конструировании стыков сжатой арматуры внахлестку (без сварки) из арматуры диаметром не более 32 мм следует соблюдать требования СП 52-101-2003 (п. 8.3.27).

Стыки секций арматурного каркаса свай-РИТ в основании высотных зданий всегда находятся в сжатом состоянии и должны иметь длину нахлеста не менее длины  $l_n$

$$l_n = \alpha \frac{R_s A_s}{\eta_1 \eta_2 R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 0,36 \frac{R_s A_s}{R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} = 0,36 \frac{R_s}{R_{bt} u_s} \cdot \frac{A_{s,cal}}{n} \quad (14.23)$$

где  $\alpha = 0,9$  — коэффициент, учитывающий влияние напряженного состояния сжатой арматуры, конструктивного решения элемента в зоне соединения стержней, количество стыкуемой арматуры в одном сечении по отношению к общему количеству арматуры в этом сечении, расстояние между парами стыкуемых стержней должно быть не более  $2d_s$  и не более 30 мм.

$R_{bt}$  — расчетное сопротивление бетона свай осевому растяжению;

$n$  — количество стыкуемых стержней;

— остальные обозначения по формуле (14.22).

14.9.4. При соединении арматуры внахлестку следует соблюдать:

— расстояние между стыкуемыми стержнями не должно превышать  $2d_s$  ( $d_s$  — диаметр продольной стыкуемой арматуры);

— расстояние между соседними парами стыкуемых стержней должно быть не менее условного диаметра  $d_{red}$ .

При стыковом соединении секций арматурных каркасов, состоящих из шести рабочих стержней из арматуры класса А500С,  $R_s = 435$  МПа в бетоне класса В30 и  $R_{bt} = 1,2$  МПа, формула (14.23) примет вид

$$l_n = 0,06 \frac{R_s A_{s,cal}}{R_{bt} u_s} = 21,75 \frac{d_{s,cal}^2}{d_{s,ef}^2} \quad (14.24)$$

где  $d_{s,cal}$ ,  $d_{s,ef}$  — соответственно диаметр арматурных стержней по расчету и устанавливаемых фактически.

## 14.10. Расчёт несущей способности свай-РИТ по грунту

14.10.1. При расчёте несущей способности свай-РИТ по грунту на участке длиной 2 м, начиная от подошвы ростверка, где не производится РИО, допускается не учитывать сопротивление грунта на боковой поверхности свай-РИТ.

14.10.2 С учетом положений СНиП 2.02.03-85, СП 50-102-2003 несущую способность свай

свай-РИТ по грунту  $F_d$  кН (тс) следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_{kk} \gamma_{crit} (\gamma_{cr} R_{rit} A_{rit} + \gamma_{cf} \sum u_{iri} f_i h_i) \quad (14.25)$$

где  $\gamma_{kk}$  — коэффициент надежности свайного основания по ответственности здания и сооружения: для высотных зданий и зданий первой категории ответственности  $\gamma_{kk} = 0,7$ ; для зданий II категории ответственности  $\gamma_{kk} = 0,85$ ; для остальных зданий —  $\gamma_{kk} = 1,0$ ;

$\gamma_{crit}$  — коэффициент условий работы свай-РИТ,  $\gamma_{crit} = 1,0$  для всех случаев;

$\gamma_{cr}$  — коэффициент условий работы грунта под нижним концом свай-РИТ, принимаемый  $\gamma_{cr} = 1,3$  для всех грунтов, как для свай с камуфлетными уширениями в основании свай;

$\gamma_{cf}$  — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности свай-РИТ:

для всех грунтов  $\gamma_{cf} = 1,3$ , как для свай с камуфлетными уширениями по всему стволу, за исключением верхнего участка ствола свай. Если принято решение учитывать несущую способность грунта на участке, не подвергаемом РИО, то до глубины, на которую устанавливается труба кондуктор, следует принимать  $\gamma_{cf} = 0,4$ , ниже заглубления трубы-кондуктора на участке ствола свай до глубины, на которой не производится РИО,  $\gamma_{cf} = 0,5$ ;

$R_{rit}$  — расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай-РИТ, принимаемое в соответствии с указаниями, изложенными ниже, в зависимости от размеров зоны уплотнения, создаваемой в основании свай-РИТ, кПа(тс/м²);

$A_{rit}$  — площадь основания принимается по площади поперечного сечения свай-РИТ в зоне камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру в соответствии с указаниями, приведенным ниже, м²;

$u_{iri}$  — периметр поперечного сечения свай на  $i$ -том горизонте, м. Рекомендуется принимать величину  $u_{iri}$  равной периметру поперечного сечения скважины  $u_{iri} = \pi d_c$ . Допускается учитывать увеличение периметра поперечного сечения ствола свай при РИО данного горизонта в скважине, в соответствии с указаниями, приведенными ниже;

$f_i$  — расчетное сопротивление — кПа (т/м²)  $i$ -го слоя грунта на боковой поверхности свай следует принимать по табл. 6.3 и 6.4 (приложение 6), составленным в соответствии с табл. 7.2 (СП 50-102-2003) и табл. 2 (СНиП 2.02.03-85);

$h_i$  — толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, м.

14.10.3. Размер зоны уплотнения грунта в основании свай-РИТ оценивают по диаметру услов-

Рисунок 9. ТР 50-180-06. Армирование и расчёт несущей способности свай РИТ.

# Коэффициенты расчётной методики

Раздел 14.10 технических рекомендаций связывает несущую способность свай с сопротивлением под нижним концом и по боковой поверхности, площадью уширения, периметром ствола и коэффициентами условий работы.

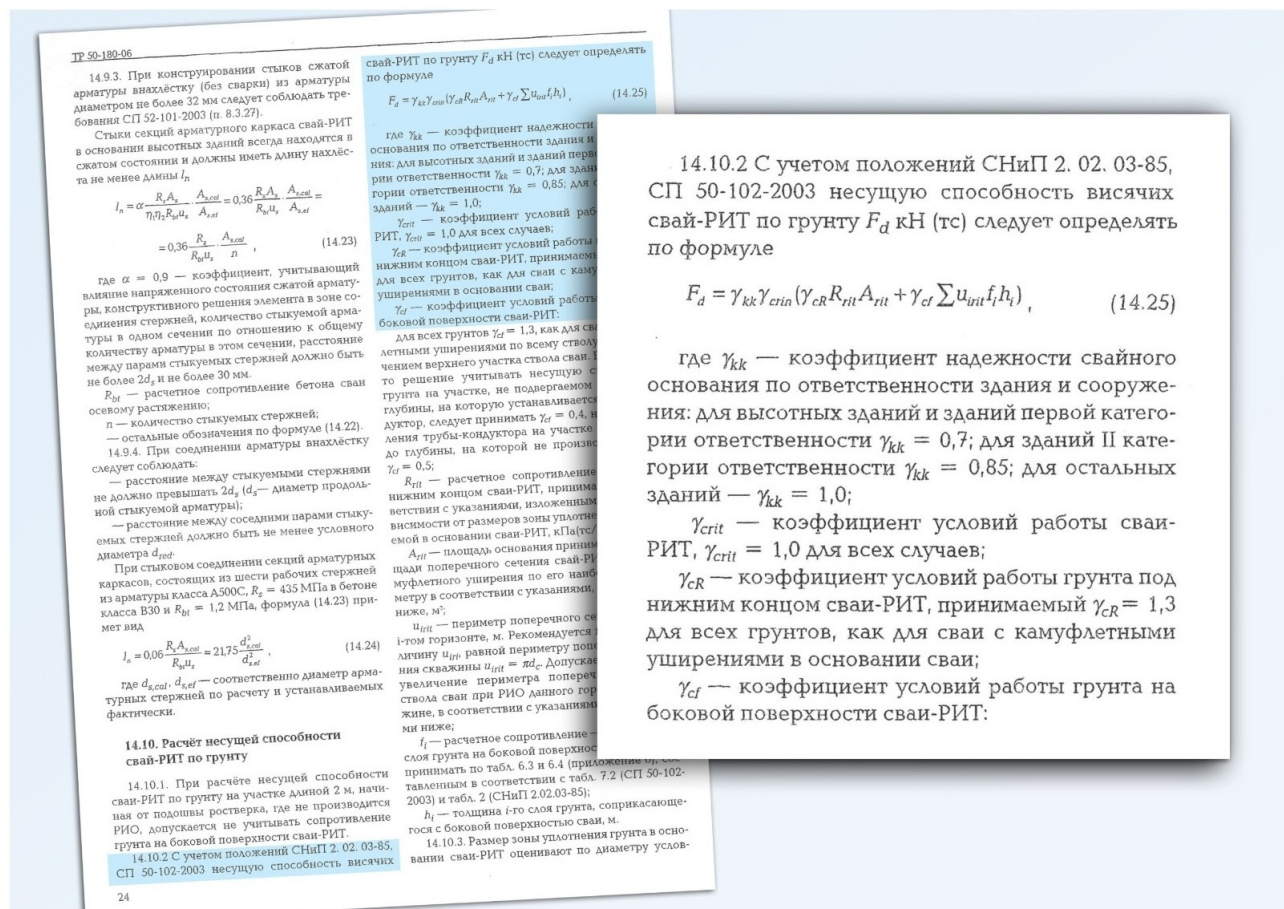


Рисунок 10. Расчётная формула и пояснения к коэффициентам в ТР 50-180-06.

Разработке рекомендаций предшествовали исследования и практическое применение технологии, включая дополнительные работы в Германии и Южной Корее. При расчёте учитывают инженерно-геологические условия конкретной строительной площадки.

Здания на сваях РИТ имели осадки ниже расчётных. Повышенная жёсткость основания позволяет полнее использовать несущую способность материала свай и окружающего грунта.

# Параметры камуфлетного уширения

Отношение диаметра уширения к диаметру буровой скважины зависит от вида, плотности и водонасыщения песков. Для пылевато-глинистых грунтов учитывается показатель текучести.

Отношение диаметра камуфлетного уширения  $D_{куф}$  к диаметру буровой скважины  $d_c$

Таблица 2

| Вид песка                                   |                                             | Плотность сложения песка                                                    |             |             |             |                   |             |             |             |           |             |             |             |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
|                                             |                                             | Рыхлые                                                                      |             |             |             | Средней плотности |             |             |             | Плотные   |             |             |             |
|                                             |                                             | Диаметр буровой скважины,<br>принимать по диаметру бурового инструмента, мм |             |             |             |                   |             |             |             |           |             |             |             |
|                                             |                                             | до<br>150                                                                   | 151-<br>250 | 251-<br>320 | 321-<br>450 | до<br>150         | 151-<br>250 | 251-<br>320 | 321-<br>450 | до<br>150 | 151-<br>250 | 251-<br>320 | 321-<br>450 |
| Гравелистые, крупные<br>и средней крупности |                                             | 3,3                                                                         | 2,4         | 2,1         | 1,8         | 2,8               | 2,1         | 1,8         | 1,6         | 2,5       | 1,8         | 1,6         | 1,4         |
| Мелкие                                      | Малой и<br>средней степени<br>водонасыщения | 2,8                                                                         | 2,1         | 1,8         | 1,6         | 2,5               | 1,8         | 1,6         | 1,3         | 2,0       | 1,6         | 1,3         | 1,1         |
|                                             | Насыщенные<br>водой                         | 2,9                                                                         | 2,2         | 1,9         | 1,6         | 2,6               | 1,9         | 1,7         | 1,4         | 2,2       | 1,7         | 1,4         | 1,2         |
| Пылеватые                                   | Малой степени<br>водонасыщения              | 2,3                                                                         | 1,7         | 1,6         | 1,4         | 2,0               | 1,6         | 1,4         | 1,3         | 1,8       | 1,4         | 1,3         | 1,2         |
|                                             | средней<br>степени<br>водонасыщения         | 2,4                                                                         | 1,8         | 1,7         | 1,5         | 2,1               | 1,7         | 1,5         | 1,3         | 1,9       | 1,5         | 1,3         | 1,1         |
|                                             | Насыщенные<br>водой                         | 2,5                                                                         | 1,9         | 1,8         | 1,5         | 2,2               | 1,8         | 1,6         | 1,4         | 2,0       | 1,6         | 1,4         | 1,2         |

Примечание: По коэффициенту водонасыщения  $S_r$  пески подразделяются согласно

ГОСТ 25100-95 (табл. Б.16)

| Степени водонасыщения песка   | коэффициент водонасыщения $S_r$ песка, д.е. |
|-------------------------------|---------------------------------------------|
| Малой степени водонасыщения   | 0 – 0,50                                    |
| средней степени водонасыщения | 0,50 – 0,80                                 |
| насыщенные водой              | 0,80 – 1,00                                 |

$$S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w},$$

где  $w$  – природная влажность песка, д.е.;  
 $e$  – коэффициент пористости;  
 $\rho_s$  – плотность частиц песка, г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho_w$  – плотность воды, принимаемая 1 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 3

| Наименование пылевато-глинистого грунта и показатель текучести |                        | Диаметр буровой скважины принимать по диаметру бурового инструмента, мм |           |           |           |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                                                |                        | до 150                                                                  | 151 – 250 | 251 – 320 | 321 – 450 |
| Супеси                                                         | $I_L < 0$              | 1,2                                                                     | 1,1       | 1,05      | 1,02      |
|                                                                | $0 \leq I_L \leq 1$    | 1,5                                                                     | 1,3       | 1,2       | 1,1       |
|                                                                | $I_L > 1$              | 1,8                                                                     | 1,6       | 1,5       | 1,4       |
| Суглинки и глины                                               | $I_L < 0$              | 1,15                                                                    | 1,1       | 1,05      | 1,03      |
|                                                                | $0 \leq I_L \leq 0,25$ | 1,25                                                                    | 1,15      | 1,1       | 1,05      |
|                                                                | $0,25 < I_L \leq 0,50$ | 1,3                                                                     | 1,2       | 1,15      | 1,1       |
|                                                                | $0,50 < I_L \leq 0,75$ | 1,4                                                                     | 1,3       | 1,2       | 1,5       |
|                                                                | $0,75 < I_L \leq 1,0$  | 1,5                                                                     | 1,4       | 1,3       | 1,2       |
|                                                                | $I_L > 1$              | 1,6                                                                     | 1,5       | 1,4       | 1,3       |

Рисунок 11. Табличные соотношения для песчаных и пылевато-глинистых грунтов.

# Пример проектного применения

Экспертное заключение по общественному зданию с подземной автостоянкой в Новосибирске иллюстрирует изменение конструкции свайного основания с применением РИТ.

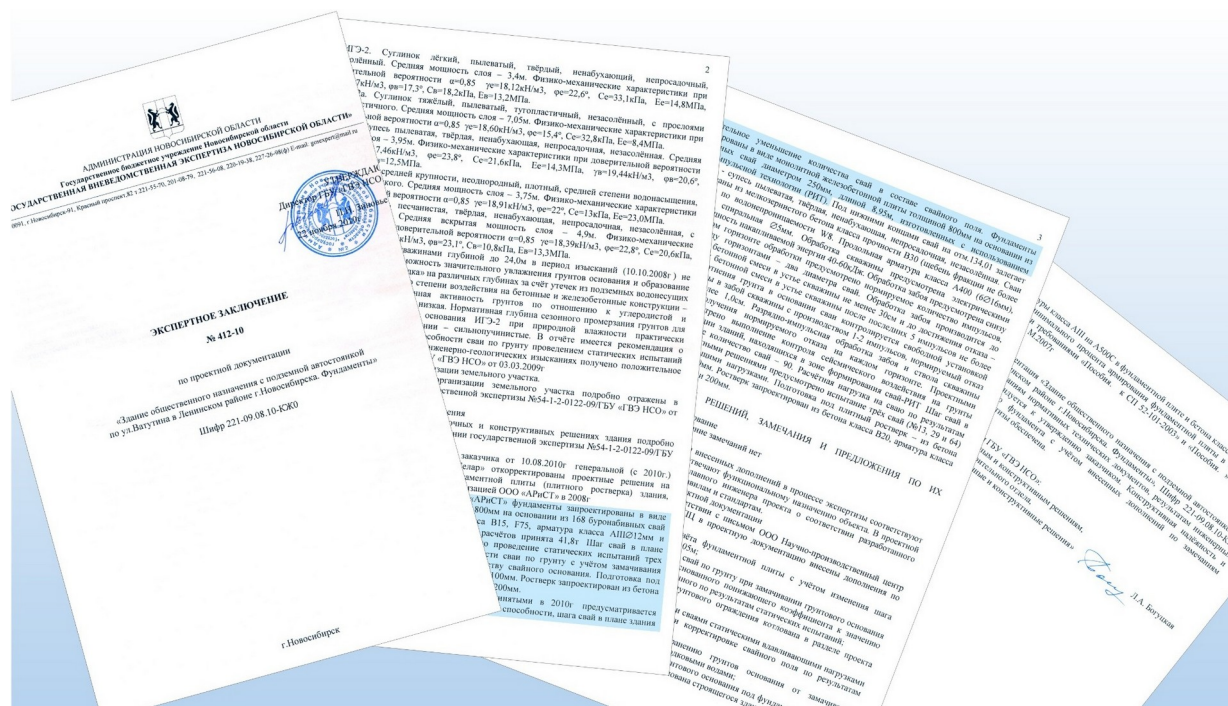


Рисунок 12. Экспертное заключение № 412-10 по проектным решениям свайного основания.

Согласно проектной документации ООО «АРИСТ» фундаменты запроектированы в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 800мм на основании из 168 бурунабивных свай диаметром 400мм, длиной 9,55м (бетон класса В15, F75, арматура класса АIIIØ12мм и Вр1Ø4мм). Нагрузка на сваю по результатам расчётов принята 41,8т Шаг свай в плане 1,5х1,5м. Проектными решениями предусмотрено проведение статических испытаний трех натурных свай и определение несущей способности сваи по грунту с учётом замачивания грунтового основания до начала работ по устройству свайного основания. Подготовка под плитный ростверк – из бетона класса В7,5 толщиной 100мм. Ростверк запроектирован из бетона класса В15, арматура класса АIIIØ16-28мм, шаг 100 и 200мм.

Проектными решениями ООО ННЦ «Селар» принятыми в 2010г предусматривается изменение конструкции бурунабивных свай, их несущей способности, шага свай в плане здания и значительное уменьшение количества свай в составе свайного поля. Фундаменты запроектированы в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 800мм на основании из бурунабивных свай диаметром 250мм, длиной 8,95м, изготовленных с использованием разрядно-импульсной технологии (РИТ).

Рисунок 13. Корректировка конструкции свайного основания с применением РИТ.

В проекте первоначальные сваи диаметром 400 мм и длиной 9,55 м заменены сваями РИТ диаметром 250 мм и длиной 8,95 м. Проектом предусмотрены статические испытания и уточнение несущей способности по грунту.

# Области применения

Разрядно-импульсная технология применяется для устройства бурунабивных свай, постоянных и временных грунтовых анкеров, нагельного крепления откосов, цементации стен и фундаментов, цементации грунтов и глубинного уплотнения песчаных оснований.

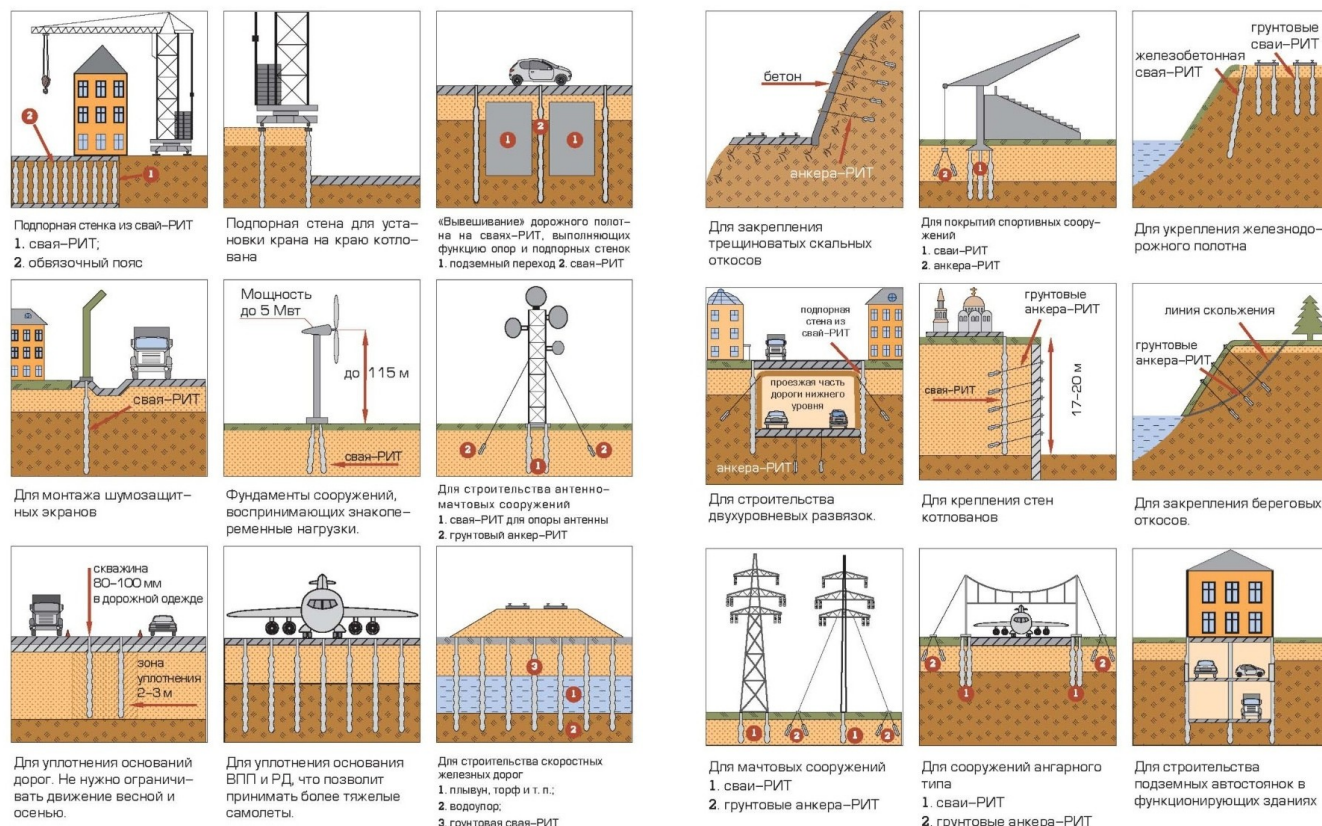


Рисунок 14. Применение свай и анкеров РИТ в строительстве и укреплении оснований.

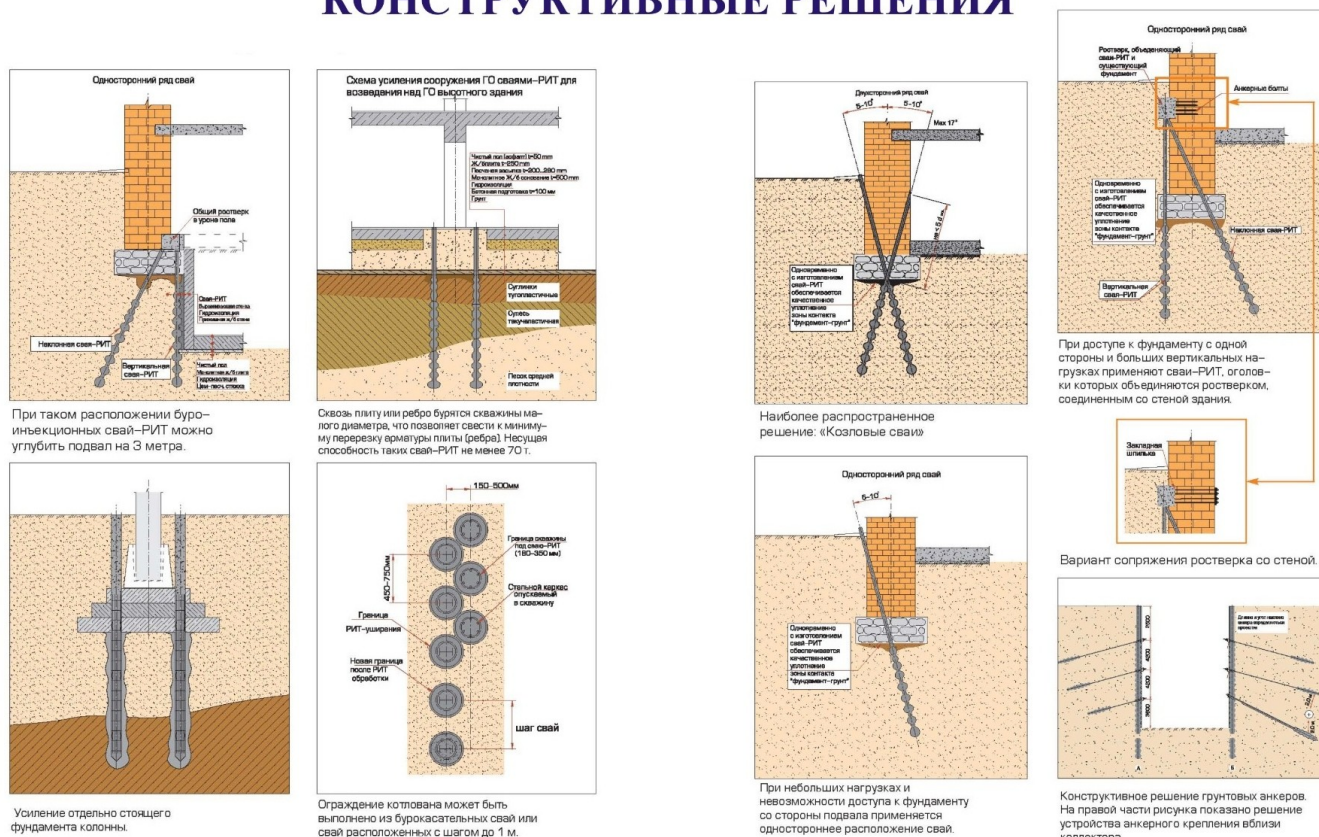
## Строительство и реконструкция

- Изменение архитектурно-планировочных и конструктивных решений: надстройка, увеличение пролётов и нагрузок, углубление подвала.
- Строительство подземных гаражей под существующими зданиями и работа в стеснённом пространстве.
- Подпорные стены, прямки, ограждения котлованов, подземные переходы, коллекторы, набережные и другие инженерные сооружения.

На схемах также показаны варианты применения для дорог, аэродромных покрытий, мачтовых сооружений, откосов и анкерного крепления.

## Конструктивные решения

## КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ



**Рисунок 15. Усиление фундаментов, устройство ограждений и грунтовых анкеров.**

Вертикальные и наклонные сваи позволяют передавать нагрузку от существующего фундамента на более глубокие слои грунта. На схемах представлены одностороннее усиление, пары наклонных свай, усиление отдельно стоящей колонны, ограждение котлована и анкеровка его стен.

## Материалы и организация работ

Для изготовления свай применяются традиционные материалы: бетон, цемент, песок, щебень, арматурная сталь и добавки. Использование малогабаритных станков позволяет вести работы при ограниченном доступе и в условиях существующей застройки.

Технология направлена на уменьшение объёмов земляных работ, водопонижения, вывозимого грунта и доставляемого бетона при строительстве нулевого цикла. Увеличение несущей способности достигается за счёт уширения ствола, уплотнения грунта под пятой и улучшения свойств прилегающего массива.

Магнитно-импульсная обработка твердеющей смеси повышает прочность и однородность мелкозернистого бетона, качество и надёжность сваи.