

# Выбор конструкции свайного фундамента.

Тип и вид свай выбираются в зависимости от инженерно-геологических условий строительной площадки и имеющегося оборудования для устройства свайных фундамента.

**Длина свай** выбирается в зависимости от грунтовых условий строительной площадки и высоты расположения подошвы ростверка.

Нижние концы свай, как правило, заглубляют в плотные грунты с высокими расчетными характеристиками, прорезая напластования слабых грунтов. Заглубление забивных свай в грунт, принятый за основание под их нижние концы, должно быть не менее 1 м.

Исключение составляют крупнообломочные, гравелистые, крупные песчаные и глинистые грунты с показателем текучести  $I_L \leq 0,1$ , в которых допускается иметь заглубление 0,5 м.

Опираение нижних концов свай на рыхлые пески и глинистые грунты текучей консистенции не допускается.

Тип **свайного ростверка** выбирается в зависимости от назначения и конструкции сооружения.

Чаще устраиваются фундаменты с низким ростверком, высокие ростверки применяют в основном в опорах мостов и др. подобных сооружениях.

Там, где это возможно и целесообразно, прибегают к безростверковому решению свайных фундаментов, совмещая сваю и колонну или используя одиночные сваи с насадками-манжетами для соединения с колоннами и т.п.

В случае низкого ростверка для бесподвальных помещений ростверки могут закладываться практически на поверхности грунта.

В **пучинистых грунтах** ростверк закладывается ниже расчетной глубины промерзания (так же как для фундаментов мелкого заложения).

В противном случае предусматриваются меры, предотвращающие или уменьшающие влияние на него сил морозного пучения грунта. К таким мерам относится, например, создание воздушного зазора между подошвой ростверка и поверхностью грунта, а для ростверков под наружные стены — подсыпка под подошвой ростверка слоя шлака толщиной не менее 0,3 м или песка толщиной не менее 0,5 м.

**Размеры ростверка** в плане должны приниматься кратными 30см, по высоте - 15см.

В конструкциях со стаканами под колонны высоту ростверка назначают на 40 см больше глубины стакана.

Размеры и конструкция ростверка так же должна удовлетворять условиям прочности на изгиб (плитная часть, стаканная часть) и на продавливание по нормам проектирования железобетонных конструкций.

**Высота ростверка** зависит от способа соединения сваи с ростверком.

Соединение выполняют:

- Жестким
- Свободным (шарнирным)

**Жесткое сопряжение** свайного ростверка со сваями следует предусматривать в случаях, когда:

- а) стволы свай располагаются в слабых грунтах (рыхлых песках, глинистых грунтах текучей консистенции, илах, торфах и т. п);
- б) в месте сопряжения сжимающая нагрузка, передаваемая на сваю, приложена к ней с эксцентриситетом, выходящим за пределы ее ядра сечения;
- в) на сваю действуют значительные горизонтальные нагрузки, величины перемещений от которых при свободном опирании оказываются более предельно допускаемых для проектируемого здания или сооружения;
- г) в фундаменте имеются наклонные или составные вертикальные сваи;
- д) сваи работают на выдергивающие нагрузки.

**Шарнирное соединение** реализуется при заделке головы сваи в ростверк на глубину 5-10 см.

**Жесткое сопряжение** железобетонных свай с монолитным железобетонным ростверком следует предусматривать с заделкой головы сваи в ростверк на глубину, соответствующую длине анкерования арматуры, или с заделкой в ростверк выпусков арматуры на длину их анкерования. В сборных конструкциях жесткое сопряжение допускается выполнять через приварку закладных стальных элементов, если прочность этого соединения подтверждена расчетом.

Расстояние **от крайних осей свай до кромки** ростверка принимается равным диаметру сваи.

При объединении свай в куст **расстояние между осями** должно быть :

- не менее  $3d$  забивных висячих свай без уширений в плоскости их нижних концов (где  $d$  — диаметр круглого или сторона квадратного или большая сторона прямоугольного поперечного сечения ствола сваи),
- свай-стоек — не менее  $1,5d$ .

Расстояние в свету между стволами буронабивных свай, скважинами свай-столбов и сваями-оболочками должно быть не менее 1,0 м;

между уширенными пятнами свай, свай-столбов и свай-оболочек при устройстве их в твердых и полутвердых глинистых грунтах — 0,5 м, в остальных разновидностях не скальных грунтов — 1,0 м.

Перед конструированием кустов свай необходимо выполнить **расчет числа свай с кусте.**

**Предварительный расчет числа свай с кусте** осуществляется с учетом только вертикальной нагрузки на фундамент  $N$  по формуле :

$$n \geq \frac{N \cdot \gamma_n \cdot \gamma_k}{\gamma_0 \cdot F_d}$$

где  $N$  — расчетная нагрузка на фундамент, кН;

$F_d$  — несущая способность одной сваи кН;

$\gamma_0 = 1,15$  — учитывает кустовой эффект;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности;

$\gamma_k$  — коэффициент надежности по грунту, принимаемый от 1,2 до 1,75 в зависимости от способа определения несущей способности свай (см. далее).

Для ленточных свайных фундаментов по этой формуле можно определить число свай на 1 м длины фундамента (погонное число свай), если в качестве  $N$  принимать погонную вертикальную нагрузку.

# Основные способы определения несущей способности свай

```
graph TD; A[Основные способы определения несущей способности свай] --> B[1. Расчетные методы (приближенные)]; A --> C[Полевые испытания (более точные методы)]; B --> B1["- в соответствии с п.7.2 СП 24.13330.2011"]; C --> C1["- в соответствии с п.7.3 СП 24.13330.2011"]; C --> D[1. статические испытания (вдавливание)]; C --> E[2. динамические испытания (забивка)]; C --> F[3. испытания грунтов эталонной сваей (специальной сваи эталонных размеров)]; C --> G[4. статическое зондирование (погружение специального небольшого зонда – не требует машины для погружения свай)];
```

**1. Расчетные методы (приближенные)**  
- в соответствии с п.7.2  
СП 24.13330.2011

**2. Расчетные методы на основе нелинейной механики грунтов (с применением метода конечных элементов) – более точные, то требуют экспериментальной проверки (верификации).**

**Полевые испытания (более точные методы)**  
- в соответствии с п.7.3  
СП 24.13330.2011

1. статические испытания (вдавливание)
2. динамические испытания (забивка)
3. испытания грунтов эталонной сваей (специальной сваи эталонных размеров)
4. статическое зондирование (погружение специального небольшого зонда – не требует машины для погружения свай)

## Расчетный метод определения несущей способности сваи по СП

Рассмотрим основной режим работы сваи - на вертикальную сжимающую нагрузку.

Расчетная формула зависит от вида сваи способа устройства.

### 1. Для свай-стоек (всех типов свай, опирающихся на скальный грунт + забивных, опирающихся на малосжимаемый грунт):

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A$$

где  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

$R$  — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-стойки, кПа;

$A$  — площадь опирания на грунт сваи,  $\text{м}^2$ , принимаемая для свай сплошного сечения и полых свай с закрытым нижним концом равной площади поперечного сечения брутто, для свай полых круглого сечения с открытым нижним концом и свай-оболочек — равной площади поперечного сечения нетто при отсутствии заполнения их полости бетоном и равной площади поперечного сечения брутто при заполнении этой полости бетоном на высоту не менее трех ее диаметров.

Расчетное сопротивление скального грунта  $R$  определяется согласно п. 7.2.1 СП 24.13330.2011.



## 2. Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения):

$$F_d = \gamma_c(\gamma_{cR}RA + u\Sigma\gamma_{cf}f_ih_i),$$

где  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

$R$  — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.2;

$A$  — площадь опирания на грунт сваи, м<sup>2</sup>, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади сваи-оболочки нетто;

$u$  — наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i$  — расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3;

$h_i$  — толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cR}, \gamma_{cf}$  — коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта и принимаемые по таблице 7.4.

Значения  $R, f$  и  $\gamma_{cR}, \gamma_{cf}$  берутся из таблиц 7.2, 7.3 и 7.4 в п.7.2 СП 24.13330.2011. в зависимости от глубины расположения слоя грунта (или конца сваи – для  $R$ ), типа грунта, способа погружения сваи.

Последнее слагаемое в формуле представляет собой сумму, вычисляемую для всех слоев грунта, которые прорезает свая (за исключением срезаемых или разрабатываемых в верхней части грунтового массива).

### 3. Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения):

рассчитываются по практически той же формуле как и в п.2, с некоторыми отличиями при выборе подставляемых значений:

$$F_d = \gamma_c(\gamma_{cR}RA + \gamma_{cf}\mu\Sigma f_i h_i),$$

где  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы свай; в случае опирания ее на глинистые грунты со степенью влажности  $S_r < 0,85$  и на лессовые грунты —  $\gamma_c = 0,8$ , в остальных случаях —  $\gamma_c = 1$ ;

$\gamma_{cR}$  — коэффициент условий работы грунта под нижним концом свай;  $\gamma_{cR} = 1$  во всех случаях, за исключением свай с камуфлетными уширениями и буро-инъекционных свай по 6.5 е, для которых этот коэффициент следует принимать равным 1,3, и свай с уширением, бетонируемым подводным способом, для которых  $\gamma_{cR} = 0,9$ , а также опор воздушных линий электропередачи, для которых коэффициент принимают в соответствии с разделом 14;

$R$  — расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай, кПа, принимаемое по 7.2.7; а для набивной свай, изготавливаемой по технологии, указанной в 6.4 а, б — по таблице 7.2;

$A$  — площадь опирания свай, м<sup>2</sup>, принимаемая равной:

для набивных и буровых свай без уширения — площади поперечного сечения свай;

для набивных и буровых свай с уширением — площади поперечного сечения уширения в месте наибольшего его диаметра;

для свай-оболочек, заполняемых бетоном, — площади поперечного сечения оболочки брутто;

$\gamma_{cf}$  — коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, зависящий от способа образования скважины и условий бетонирования и принимаемый по таблице 7.6;

$f_i$  — расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3;

$h_i$  — то же, что и в формуле (7.8).

Особенности вычисления некоторых параметров этой формулы описаны в п.7.2.7 СП24.13330.2011



### 3. Висячие пирамидальные, трапецеидальные и ромбовидные сваи, прорезающих песчаные и глинистые грунты,:

$$F_d = \gamma_c \left[ RA + \sum h_i (u_i f_i + u_{0,i} i_p E_i k_i \zeta_r) \right],$$

где  $\gamma_c$  — коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

$R$  — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.2;

$A$  — площадь опирания на грунт сваи, м<sup>2</sup>, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади сваи-оболочки нетто;

$f_i$  — расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3;

$h_i$  — толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$u_i$  — наружный периметр  $i$ -го сечения сваи, м;

$u_{0,i}$  — сумма размеров сторон  $i$ -го поперечного сечения сваи, м, которые имеют наклон к оси сваи;

$i_p$  — наклон боковых граней сваи, доли единицы;

$E_i$  — модуль деформации слоя грунта, окружающего боковую поверхность сваи, кПа, определяемый по результатам компрессионных испытаний;

$k_i$  — коэффициент, зависящий от вида грунта и принимаемый по таблице 7.5;

$\zeta_r$  — реологический коэффициент, принимаемый равным 0,8.