

ЛЕКЦИЯ №7

- 1. ЯВЛЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ГРУНТЕ ПРИ ЗАБИВКЕ СВАЙ**
- 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИСЯЧИХ СВАЙ (СВАЙ ТРЕНИЯ) ПО ИСПЫТАНИЯМ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**
- 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ПРИ ИСПЫТАНИИ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**
- 4. УЧЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ (НЕГАТИВНЫХ) СИЛ ТРЕНИЯ ГРУНТА НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВАЙ**
- 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

План лекции

1. Явления, происходящие в грунте при забивке свай
 - 1.1 Отказ при забивке свай. Понятие об истинном и ложном отказе
2. Определение несущей способности висячих свай (свай трения) по испытаниям динамическим методом
3. Определение несущей способности свай при испытании статической нагрузки
4. Учет отрицательных (негативных) сил трения грунта на боковой поверхности свай
5. Определение несущей способности свай по результатам полевых испытаний

1. ЯВЛЕНИЯ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ГРУНТЕ ПРИ ЗАБИВКЕ СВАЙ

Погружение свай в грунт забивкой (вдавливанием) приводит к уплотнению слоёв грунта, окружающих ствол сваи. Формируются зоны уплотнения в грунте, которые наглядно представлены на следующей схеме.

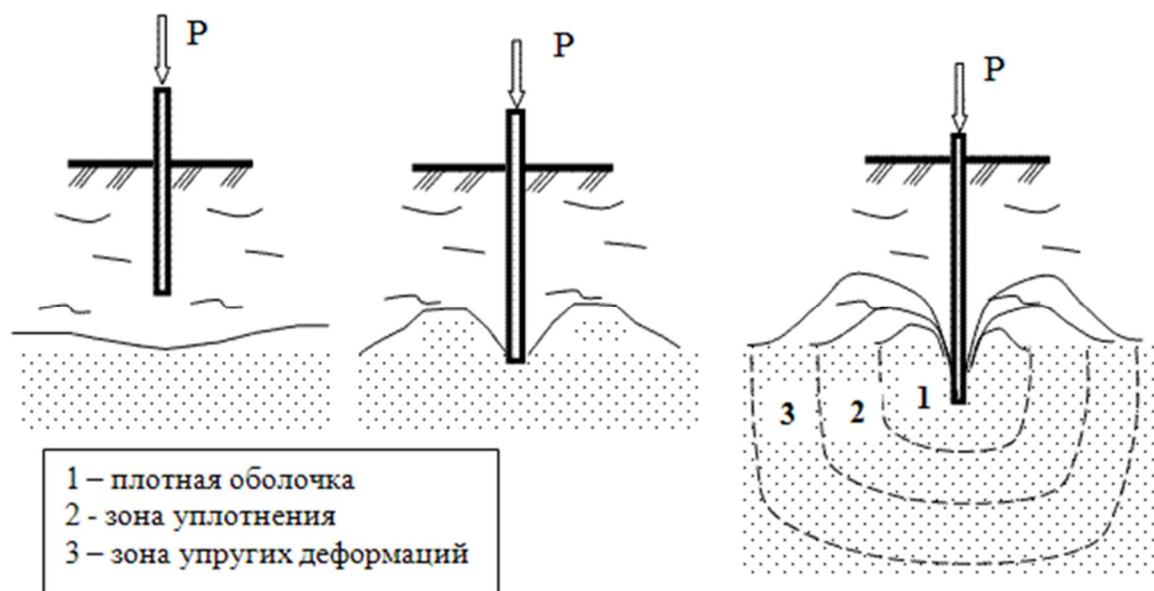


Рис. 1 Схема погружения сваи с формированием зон уплотнения грунта

Погружение сваи забивкой вызывает динамические воздействия в окружающем грунте с развитием сопутствующих явлений, таких как миграция воды, давление в поровой воде, ложный и истинный отказ.

1.1 ОТКАЗ ПРИ ЗАБИВКЕ СВАЙ. ПОНЯТИЕ ОБ ИСТИННОМ И ЛОЖНОМ ОТКАЗЕ

Величина погружения сваи при ударе (забивке) носит название отказа.

При погружении свай через песчаные грунты величина отказа с глубиной резко уменьшается и в некоторых случаях может достигнуть нуля.

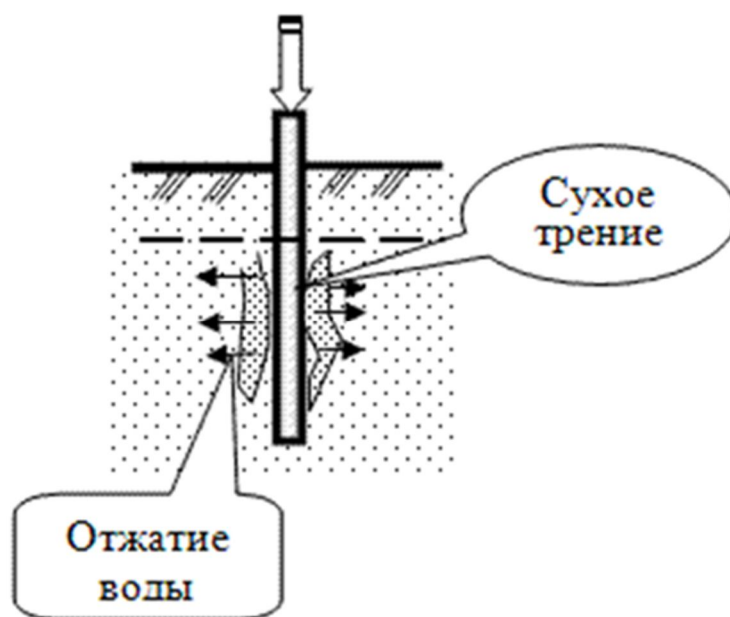


Рис. 2. Схема взаимодействия ствола сваи и песчаного грунта в момент забивки

В данном случае под острием сваи образуется переуплотненное ядро, а вдоль ствола сваи за счет отжатия (миграции) воды возникает «сухое» трение (см. схему).

Отток воды от источника колебаний в песчаных грунтах связан с хорошей фильтрующей способностью песков. В результате свая перестает погружаться, отказ сваи становится равным нулю.

Для увеличения отказа сваи необходимо предоставить отдых, т.е. остановить забивку на 3...5 дней. За это время в околосвайном пространстве восстанавливается поровое давление, грунтовая вода снова подходит к стволу сваи, трение снижается. В результате сваю можно снова добивать до проектной отметки погружения, т.к. отказ увеличивается относительно первоначальной величины, полученной до отдыха.

Такой же эффект может быть получен при добавлении воды в околосвайное пространство во время забивки.

При погружении свай через водонасыщенные глинистые грунты величина отказа с увеличением глубины забивки может увеличиваться, и свая «проваливается» в водонасыщенное основание. Это явление обусловлено тем, что колебательный контур ствола сваи создаёт избыточное поровое давление, и в глинистом грунте вдоль ствола сваи формируются плёнки воды, существенно снижающие трение.

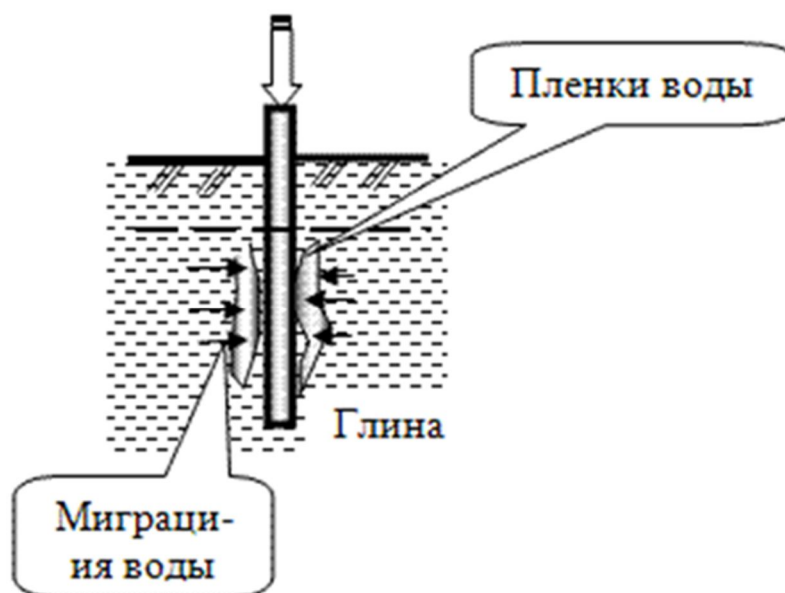


Рис. 3. Схема взаимодействия ствола сваи и глинистого грунта в момент забивки.

В результате при забивке в глинистых грунтах величина отказа (e) с глубиной или становится постоянной, или увеличивается.

После отдыха в течение 3...6 недель (снятие динамических воздействий), поровое давление постепенно снижается и трение вдоль ствола сваи восстанавливается, величина отказа уменьшается. Это явление получило название «засасывание сваи».

Отказ (e) сваи во время забивки получил название «ложный».

Отказ (e) сваи после отдыха – «истинный».

Получение истинного отказа сваи в глинистых грунтах приводит к увеличению её несущей способности. Исследования в этом направлении были проведены Новожиловым (ПГУПС), который показал (см. график), что увеличение несущей способности сваи в глинистых грунтах за время отдыха (T) происходит в общем виде по экспоненциальной зависимости.

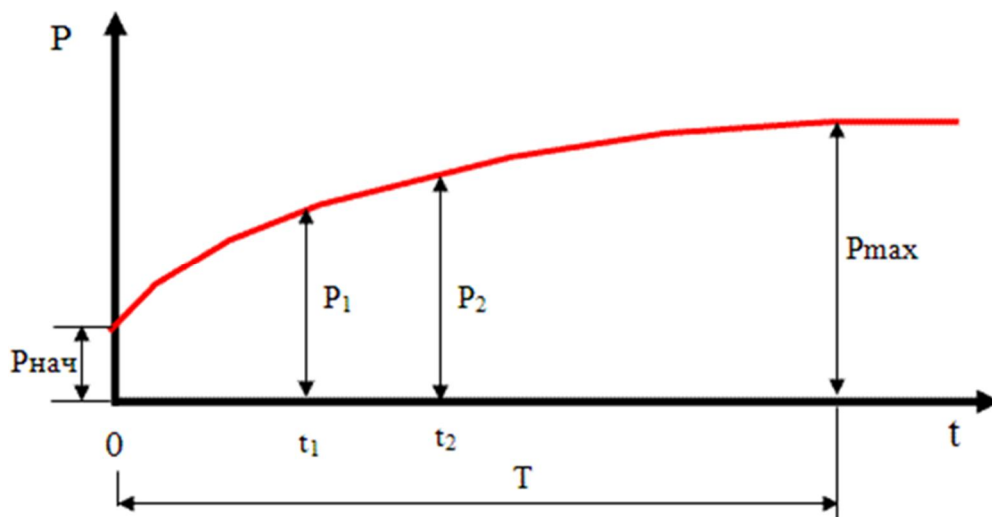


Рис. 4. Графическая (экспериментальная) зависимость увеличения несущей способности сваи со временем в глинистых грунтах.

$P_{нач}$ – начальная несущая способность сваи в момент забивки;

P_{max} – максимальная несущая способность сваи;

$T = (3 \dots 6)$ недель – период относительно быстрого возрастания несущей способности сваи;

t_1, t_2 – время испытания сваи;

P_1, P_2 – несущая способность сваи, соответственно в момент времени t_1 и t_2 .

Определив по испытаниям (смотри далее) значения P_1, P_2 , представляется возможность вычислить максимальную несущую способность сваи P_{max} , используя следующую эмпирическую зависимость:

$$P_{max} = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{1 - e^{-m(t_2 - t_1)}}$$

где m – коэффициент, учитывающий скорость засасывания сваи в различных связных грунтах.

В качестве примера приведём данные по увеличению несущей способности забивной сваи в глинистых грунтах после шестинедельного недельного отдыха:

В супесях – в 1,1...1,2 раза.

В суглинках – в 1,3...1,5 раз.

В глинах – в 1,7...6 раз.

Таким образом, для глин увеличение несущей способности от эффекта «засасывания» достаточно существенно и потому должно учитываться в проектном решении.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИСЯЧИХ СВАЙ (СВАЙ ТРЕНИЯ) ПО ИСПЫТАНИЯМ ДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ещё в 1911 г. профессор Н.М. Герсеванов предложил уравнение для определения несущей способности свай динамическим способом, т.е. в момент забивки:

$$QH = A + B + C,$$

где QH – работа свайного молота;

$A = Pe$ – работа, затраченная на погружение свай;

$B = Qh$ – работа упругих деформаций (подскок свайного молота);

$C = \alpha QH$ – потерянная работа (трение, смятие, нагрев и т.д.).

Данное Герсевановым Н.М. уравнение работ, с принятыми обозначениями, в наиболее наглядной форме, может быть представлено на следующей схеме.

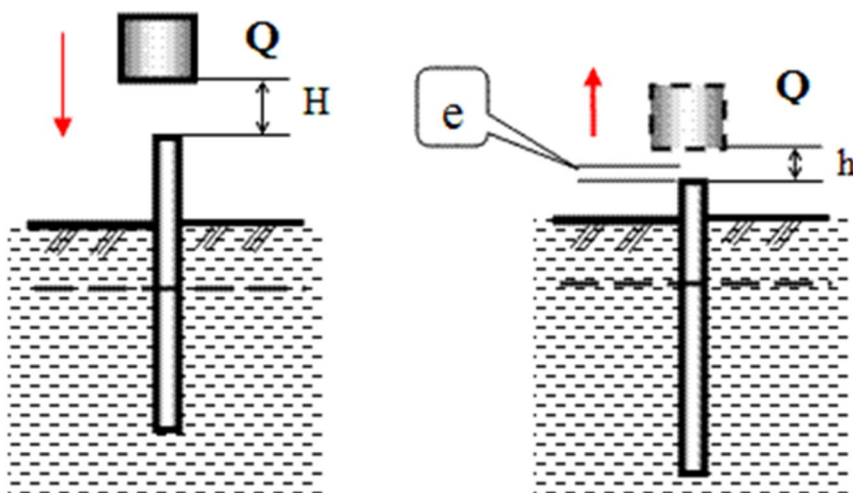


Рис. 5. Схема импульсного ударного воздействия молота на голову свай в момент забивки и упругого подскока.

Выполнив подстановку в исходное уравнение принятых обозначений, получим:

$$Q_H = P_e + Q_h + \alpha Q_H,$$

где P – сопротивление сваи погружению (несущая способность сваи);
 α – коэффициент, учитывающий потерю работы.

В результате получаем квадратное уравнение, решение которого можно представить в виде:

$$P = \frac{\gamma_c}{\gamma_q} \left[\frac{nA}{2} + \sqrt{\frac{n^2 A^2}{4} + \frac{nA}{e} Q_H \frac{Q + 0,2q}{Q + q}} \right],$$

где A – площадь поперечного сечения сваи;

e – действительный отказ сваи;

Q – вес ударной части молота;

q – вес сваи; n – коэффициент, учитывающий упругие деформации (150 т/м² – для ж/б сваи).

На практике при проектировании эту формулу используют для определения величины отказа (e), определив заранее расчётом величину (P).

$$e = \frac{\frac{\gamma_c}{\gamma_q} A Q_H}{P \left(\frac{P}{\gamma_q} + nA \right)} \cdot \frac{Q + 0,2q}{Q + q}.$$

Производитель работ на строительной площадке по вычисленной величине отказа (e) и по результатам нивелирования, судит о несущей способности забиваемой сваи. С этой целью на строительной площадке ведётся журнал сваебойных работ, в который записываются отказы для всех свай. Если измеренный на площадке отказ (после отдыха) превышает вычисленную величину отказа (см. формулу), то несущая способность сваи не обеспечена. В этом случае необходимо использовать дублирующую сваю.

Достоинства динамического метода испытаний	Недостатки динамического метода испытаний
1. Простота	Неточные результаты для глинистых грунтов
2. Малая стоимость	

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ПРИ ИСПЫТАНИИ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Испытание свай статической нагрузкой даёт более достоверные результаты, так как отражает истинную работу сваи в сооружении. Принципиальная методика данных испытаний представлена на схеме.

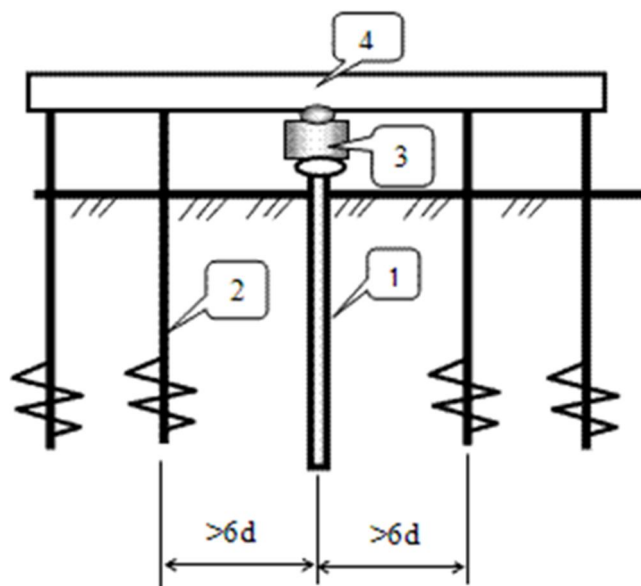


Рис. 6. Схема установки оборудования при проведении испытаний свай статической нагрузкой.

Для проведения испытаний необходимо следующее оборудование:

- Испытуемая свая.
- Анкерные сваи.
- Домкрат.
- Балка.

Между испытываемой сваей и анкерными сваями (работающими на выдёргивание) должно быть минимальное расстояние в 6 диаметров сваи. Данное условие необходимо для снятия взаимного влияния анкерных и испытываемой свай.

Испытание сваи проводится таким образом, что нагрузка от домкрата прикладывается ступенями по 5 т.

Каждая ступень выдерживается до полной стабилизации осадки, определяемой с точностью до 0,1 мм.

По данным статических испытаний свай строятся 2 графика (см. рисунок):

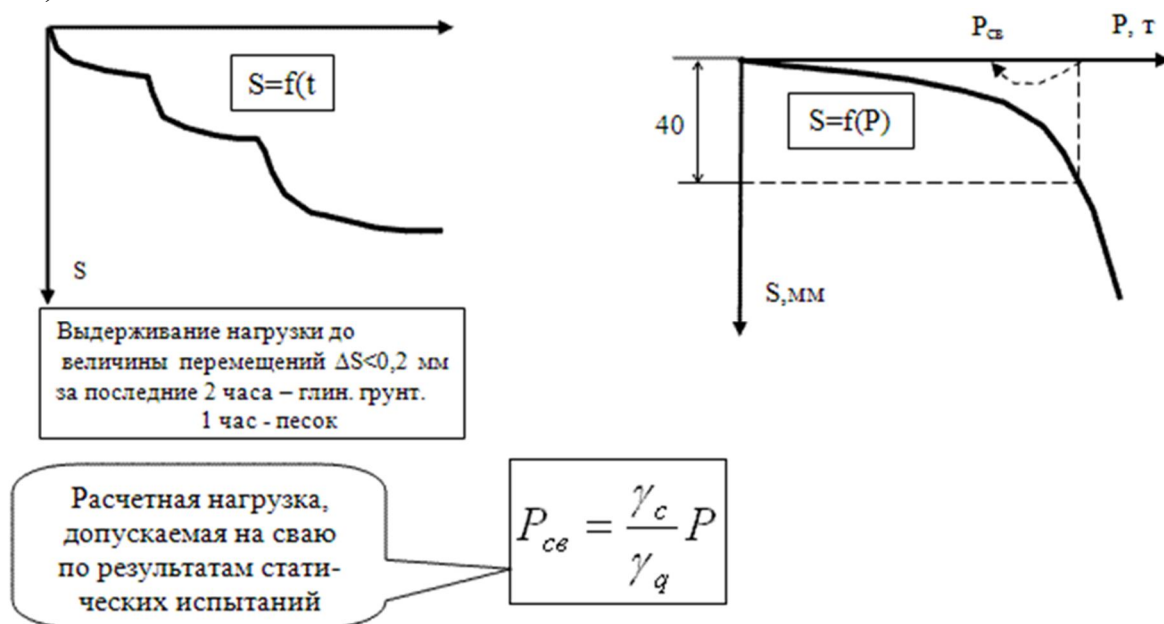


Рис. 7. Графики интерпретации результатов испытаний свай статической нагрузкой.

Зависимость осадки сваи от времени приложения нагрузки $S = f(t)$ при каждой ступени нагружения (левый график на рисунке). Каждая последующая ступень нагружения прикладывается только после затухания осадки от предыдущей ступени.

Зависимость суммарной осадки сваи от приложенной статической нагрузки $S = f(P)$ (правый график на рисунке).

Обычно испытания свай статической нагрузкой проводят до тех пор, пока график $S = f(P)$ не перейдёт в стадию нелинейных деформаций или величина осадки превысит 40 мм. Несущую способность сваи (P), по полученному в результате испытаний графику, допускается определять исходя из предельной осадки 40 мм (см. пунктирную линию).

Для вычислений используется величина расчётной нагрузки, допускаемой на сваю ($P_{св}$), которая отражает несущую способность, найденную по испытаниям, но с понижающими коэффициентами: $\gamma_c = 0,9$ - условий работы основания и $\gamma_q = 1,1$ - коэффициента надёжности.

Статические испытания свай, которые проводятся на строительной площадке (см. фотографии испытательных стендов свай), требуют дополнительных затрат на проведение данных работ, однако они необходимы, так как позволяют с наибольшей точностью отразить истинную несущую способность свай, что позволяет в конечном итоге откорректировать (оптимизировать) проектное решение.



Рис. 8. Фотографии испытательных установок на строительной площадке по определению несущей способности свай статической нагрузкой

4 УЧЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ (НЕГАТИВНЫХ) СИЛ ТРЕНИЯ ГРУНТА НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВАЙ

Отрицательные (негативные) силы трения, возникающие на боковой поверхности свай при осадке околосвайного грунта и направленные вертикально вниз, следует учитывать в случаях:

- планировки территории подсыпкой толщиной более 1,0 м;
- загрузки пола складов полезной нагрузкой более 20 кН/м² (2 тс/м²);
- загрузки пола около фундаментов полезной нагрузкой от оборудования более 100 кН/м² (10 тс/м²),
- увеличения эффективных напряжений в грунте за счет снятия взвешивающего действия воды при понижении уровня подземных вод;
- незавершенной консолидации грунтов современных и техногенных отложений;
- уплотнения несвязных грунтов при динамических воздействиях;
- просадки грунтов при замачивании.

Отрицательные силы трения учитываются до глубины, на которой значение осадки околосвайного грунта после возведения и загрузки свайного фундамента превышает половину предельного значения осадки фундамента. Расчетные сопротивления грунта f_i принимаются со знаком «минус», а для торфа, ила, сапропеля — минус 5 кПа (0,5 тс/м²).

Если в пределах длины погруженной части сваи залегают напластования торфа толщиной более 30 см и возможна планировка территории подсыпкой или иная ее загрузка, эквивалентная подсыпке, то расчетное сопротивление грунта f_i , расположенного выше подошвы наинизшего (в пределах длины погруженной части сваи) слоя торфа, следует принимать:

а) при подсыпках высотой менее 2 м — для грунтовой подсыпки и слоев торфа — равным нулю, для минеральных ненасыпных грунтов природного сложения — положительным значениям;

б) при подсыпках высотой от 2 до 5 м — для грунтов, включая подсыпку, — равным 0,4 значений, указанных в нормативных документах, но со знаком «минус», а для торфа — минус 5 кПа (0,5 тс/м²) (отрицательных силы трения);

в) при подсыпках высотой более 5 м — для грунтов, включая подсыпку, — равным значениям, указанным в табл. 2, но со знаком «минус», а для торфа — минус 5 кПа (0,5 тс/м²).

В пределах нижней части свай, где осадка околосвайного грунта после возведения и загрузки свайного фундамента менее половины предельного значения осадки свайного фундамента, расчетные сопротивления грунта f_i следует принимать положительными по таблицам нормативных документов, а для торфа, ила, сапропеля — равными 5 кПа (0,5 тс/м²).

В случае, когда консолидация грунта от подсыпки или пригрузки территории к моменту начала возведения надземной части зданий или сооружений (включая свайный ростверк) завершилась или возможное значение осадки грунта, окружающего сваи, после указанного момента в результате остаточной консолидации не будет превышать половины предельного значения осадки для проектируемого здания или сооружения, сопротивление грунта на боковой поверхности сваи допускается принимать положительным вне зависимости от наличия или отсутствия прослоек торфа. Для прослоек торфа значение f_i следует принимать равным 5 кПа (0,5 тс/м²).

Если известны значения коэффициентов консолидации и модуля деформации торфов, залегающих в пределах длины погруженной части сваи, и возможно определение значения осадки основания от воздействия пригрузки территории для каждого слоя грунта, то при определении несущей

способности сваи допускается учитывать силы сопротивления грунта с отрицательным. знаком (отрицательные силы трения) не от уровня подошвы нижнего слоя торфа, а начиная от верхнего уровня слоя грунта, значение дополнительной осадки которого от пригрузки территории (определенной начиная с момента передачи на сваю расчетной нагрузки) составляет половину предельного значения осадки для проектируемого здания или сооружения.

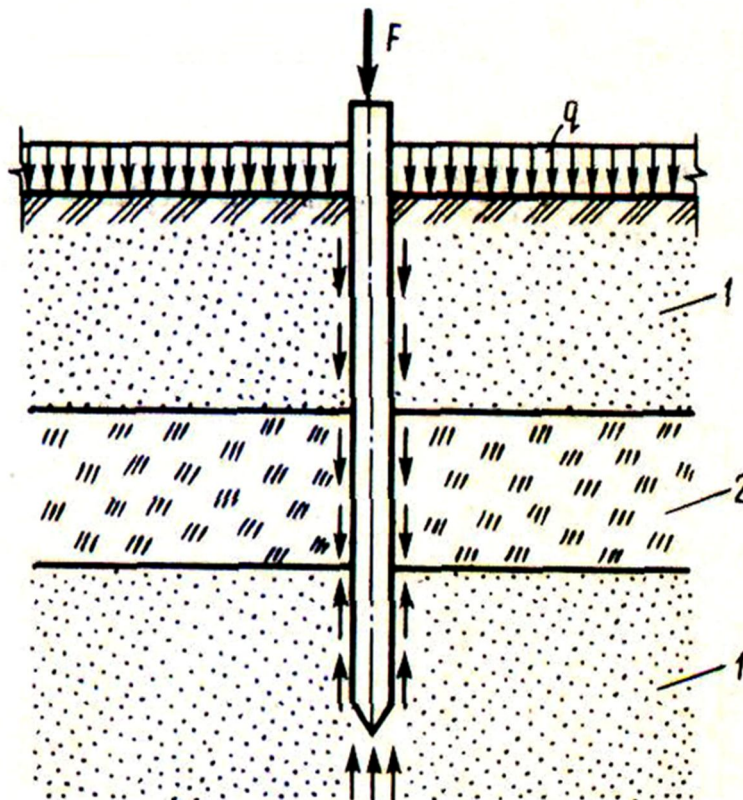


Рис. 9 Развитие сил отрицательного трения по боковой поверхности свай: 1 - песчаный грунт; 2- слой торфа

Если свая по своей длине пересекает прослой торфа, то при наличии распределенной нагрузки на поверхности, слой торфа вокруг сваи начнут деформироваться (уплотняться), вызывая тем самым деформацию и верхних слоёв грунта.

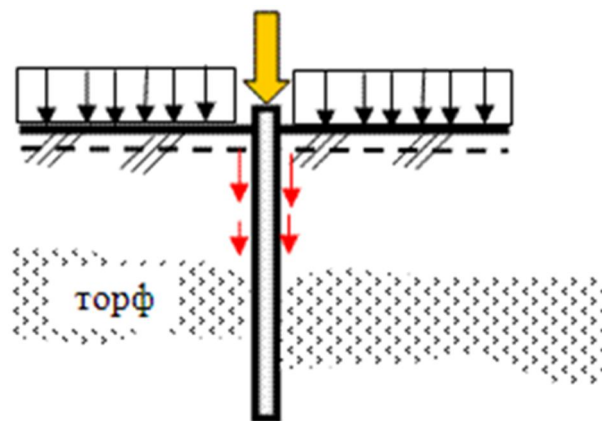


Рис. 10. Схема возможности развития явления отрицательного трения, действующего на боковую поверхность сваи.

Перемещение грунта вниз относительно ствола сваи вызовет дополнительное загрузение её ствола трением - отрицательное трение. Сваи начинают держать окружающий грунт, а не наоборот.

Учёт отрицательного трения, при выше описанном геологическом напластовании, обычно производится во время проектирования, при вычислении несущей способности сваи. Несущая способность сваи за счёт трения по боковой поверхности в этом случае уменьшается на величину предполагаемого отрицательного трения.

Значительные исследования в этом направлении выполнены Ю.В. Россиhiным.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Испытания свай статической и динамической нагрузками следует производить, соблюдая требования ГОСТ 5686-2012, а испытания грунтов статическим зондированием и эталонной сваей - ГОСТ 20069-81 и ГОСТ 24942-81.

Примечание. Для забивных висячих свай длиной более 12 м вместо испытаний грунтов эталонной сваей допускается производить испытания статической нагрузкой с помощью металлической сваи-зонда диаметром 127 мм, конструкция которой обеспечивает отдельные измерения сопротивления грунта под нижним концом и на участке боковой поверхности (муфте трения) площадью 0,25 м². Испытания грунтов сваей-зондом следует производить в

соответствии с требованиями ГОСТ 24942-81 применительно к эталонной свае типа II.

Для определения несущей способности свай по результатам полевых исследований для каждого здания или сооружения должно быть проведено не менее:

статических испытаний свай и свай-штампов	2
динамических испытаний свай	6
испытаний грунтов эталонной сваей.....	6
испытаний свай-зондов	6
испытаний статическим зондированием.....	6

Несущую способность F_d кН, свай по результатам их испытаний вдавливающей, выдергивающей и горизонтальной статическими нагрузками и по результатам их динамических испытаний следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c \frac{F_{u,p}}{\gamma_g}, \quad (1)$$

где γ_c — коэффициент условий работы;

$F_{u,p}$ — нормативное значение предельного сопротивления свай, кН

γ_g — коэффициент надежности по грунту.

Примечание. Результаты статических испытаний свай на горизонтальные нагрузки могут быть использованы для непосредственного определения расчетной нагрузки, допускаемой на сваю, если условия испытаний соответствуют действительным условиям работы свай в фундаменте здания или сооружения.

В случае, если число свай, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, нормативное значение предельного сопротивления свай в формуле (1) следует принимать равным наименьшему предельному сопротивлению, полученному из результатов испытаний, т.е. $F_{u,p} = F_{u,\min}$, а коэффициент надежности по грунту $\gamma_g = 1$.

В случае, если число свай, испытанных в одинаковых условиях, составляет шесть и более, $F_{u,p}$ и γ_g следует определять на основании результатов статистической обработки частных значений предельных

сопротивлений свай F_u , полученных по данным испытаний, руководствуясь требованиями ГОСТ 20522-75 применительно к методике, приведенной в нем для определения временного сопротивления.

Если нагрузка при статическом испытании свай на вдавливание доведена до нагрузки, вызывающей непрерывное возрастание их осадки s без увеличения нагрузки (при $s \leq 20$ мм), то эта нагрузка принимается за частное значение предельного сопротивления F_u испытываемой сваи.

Во всех остальных случаях для фундаментов зданий и сооружений (кроме мостов и гидротехнических сооружений) за частное значение предельного сопротивления свай F_u вдавливающей нагрузке следует принимать нагрузку, под воздействием которой испытываемая свая получит осадку, равную s и определяемую по формуле

$$s = \zeta s_{u,mt} \quad (2)$$

где $s_{u,mt}$ — предельное значение средней осадки фундамента проектируемого здания или сооружения, устанавливаемое по указаниям СНиП 2.02.01-83;

ζ — коэффициент перехода от предельного значения средней осадки фундамента здания или сооружения $s_{u,mt}$ к осадке свай, полученной при статических испытаниях с условной стабилизацией (затуханием) осадки.

Значение коэффициента ζ следует принимать равным 0,2 в случаях, когда испытание свай производится при условной стабилизации, равной 0,1 мм за 1 ч, если под их нижними концами залегают песчаные или пылевато-глинистые грунты с консистенцией от твердой до тугопластичной, а также за 2 ч, если под их нижними концами залегают пылевато-глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции. Значение коэффициента ζ допускается уточнять по результатам наблюдений за осадками зданий, построенных на свайных фундаментах в аналогичных грунтовых условиях.

Если осадка, определенная по формуле (2), окажется более 40 мм, то за частное значение предельного сопротивления свай F_u следует принимать нагрузку, соответствующую $s = 40$ мм.

Для мостов и гидротехнических сооружений за предельное сопротивление свай F_u при вдавливающих нагрузках следует принимать нагрузку на одну ступень менее нагрузки, при которой вызываются:

а) приращение осадки за одну ступень загрузки (при общем значении осадки более 40 мм), превышающее в 5 раз и более приращение осадки, полученное за предшествующую ступень загрузки;

б) осадка, не затухающая в течение суток и более (при общем значении ее более 40 мм).

Если при максимальной достигнутой при испытаниях нагрузке, которая окажется равной или более $1,5 F_d$ [где F_d — несущая способность сваи,], осадка сваи s при испытаниях окажется менее значения, определенного по формуле (2), а для мостов и гидротехнических сооружений — менее 40 мм, то в этом случае за частное значение предельного сопротивления сваи F_u допускается принимать максимальную нагрузку, полученную при испытаниях.

Примечания: 1. В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается принимать максимальную нагрузку, достигнутую при испытаниях, равной F_d .

2. Ступени загрузки при испытаниях свай статической вдавливающей нагрузкой должны назначаться равными $1/10$ - $1/15$ предполагаемого предельного сопротивления сваи F_u .

При испытании свай статической выдергивающей или горизонтальной нагрузкой за частное значение предельного сопротивления F_u по графикам зависимости перемещений от нагрузок принимается нагрузка на одну ступень менее нагрузки, без увеличения которой перемещения сваи непрерывно возрастают.

При динамических испытаниях забивных свай частное значение предельного сопротивления F_u кН по данным их погружения при фактических (измеренных) остаточных отказах $s_a \geq 0,002$ м следует определять по формуле

$$F_u = \frac{\eta AM}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{4Ed}{\eta A s_a} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}} - 1 \right]. \quad (3)$$

Если фактический (измеренный) остаточный отказ $s_a < 0,002$ м, то в проекте свайного фундамента следует предусмотреть применение для погружения свай молота с большей энергией удара, при которой остаточный отказ будет $s_a \geq 0,002$ м, а в случае невозможности замены сваебойного

оборудования и при наличии отказомеров частное значение предельного сопротивления свай F_u кН, следует определять по формуле

$$\left[\sqrt{1 + \frac{8Ed(s_2 + s_{el})}{(2s_2 + s_{el})^2} \cdot \frac{m_4}{m_4 + m_2} \ominus} - 1 \right] \quad (4)$$

В формулах (3) и (4):

h — коэффициент, принимаемый по табл. 1 в зависимости от материала свай, кН/м² (тс/м²);

A — площадь, ограниченная наружным контуром сплошного или полого поперечного сечения ствола свай (независимо от наличия или отсутствия у свай острия), м²;

M — коэффициент, принимаемый при забивке свай молотами ударного действия равным единице, а при вибропогружении свай — по табл. 2 в зависимости от вида грунта под их нижними концами;

Ed — расчетная энергия удара молота, кДж (тс×м), принимаемая по табл. 12, или расчетная энергия вибропогружателей — по табл. 4;

s_a — фактический остаточный отказ, равный значению погружения свай от одного удара молота, а при применении вибропогружателей — от их работы в течение 1 мин, м

s_{el} — упругий отказ свай (упругие перемещения грунта и свай), определяемый с помощью отказомера, м;

m_1 — масса молота или вибропогружателя, т;

m_2 — масса свай и наголовника, т;

m_3 — масса подбабка (при вибропогружении свай $m_3 = 0$), т;

m_4 — масса ударной части молота, т;

e — коэффициент восстановления удара; при забивке железобетонных свай молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем $e_2 = 0,2$, а при вибропогружателе $e_2 = 0$;

θ — коэффициент, 1/кН (1/тс), определяемый по формуле

$$\ominus = \frac{1}{4} \left(\frac{n_p}{A} + \frac{n_f}{A_f} \right) \frac{m_4}{m_4 + m_2} \sqrt{2g(H - h)},$$

здесь A , m_4 , m_2 — то же, что в формулах (3) и (4)

n_p , n_f — коэффициенты перехода от динамического (включающего вязкое сопротивление грунта) к статическому сопротивлению грунта, принимаемые соответственно равными: для грунта под нижним концом сваи $n_p = 0,00025 \text{ с} \times \text{м/кН}$ и для грунта на боковой поверхности сваи $n_f = 0,025 \text{ с} \times \text{м/кН}$;

A_f — площадь боковой поверхности сваи, соприкасающейся с грунтом, м^2 ;

g — ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$;

H — фактическая высота падения ударной части молота, м ;

h — высота первого отскока ударной части дизель-молота, принимаемая согласно табл. 3, для других видов молотов $h = 0$.

Примечания: 1. При забивке свай в грунт, подлежащий удалению при разработке котлована, или в грунт дна водотока значение расчетного отказа следует определять исходя из несущей способности свай, вычисленной с учетом не удаленного или подверженного возможному размыву грунта, а в местах вероятного проявления отрицательных сил трения — с их учетом.

2. В случае расхождения более чем в 1,4 раза значений несущей способности свай, определенных по формулам (3, 4), с несущей способностью, определенной расчетом по результатам лабораторных определений физико-механических свойств грунтов, необходимо дополнительно проверить несущую способность свай по результатам статического зондирования или статических испытаний свай.

Таблица 1

Случай расчета	Коэффициент γ , кН/м (те/м ²)
Испытание свай забивкой и добивкой (а также в случае определения отказов) при видах свай:	
железобетонных с наголовником	1500(150)
деревянных без подбавки	1000(100)
деревянных с подбавком	800 (80)
Контроль несущей способности свай по результатам производственной забивки при значении E_d/s_d кН/тс:	
1000(100) и менее	2500(250)
2000(200)	1500(150)
4000(400)	950 (95)
8000(800) и более	700(70)

Таблица 2

Грунты под нижним концом сваи	Коэффициент M
1. Крупнообломочные с песчаным заполнителем	1,3
2. Пески средней крупности и крупные средней плотности и супеси твердые	1,2
3. Пески мелкие средней плотности	1,1
4. Пески пылеватые средней плотности	1,0
5. Супеси пластичные, суглинки и глины твердые	0,9
6. Суглинки и глины полутвердые	0,8
7. Суглинки и глины тугопластичные	0,7

Примечание. При плотных песках значения коэффициента M в поз. 2-4 табл. 11 следует повышать на 60 %, при наличии материалов статического зондирования — на 100%.

Таблица 3

Молот	Расчетная энергия удара молота E_d , кДж (тс·м)
1. Подвесной или одиночного действия	GH
2. Трубчатый дизель-молот	$0,9GH$
3. Штанговый дизель-молот	$0,4GH$
4. Дизельный при контрольной добивке одиночными ударами без подачи топлива	$G(H-h)$

Примечания: 1. G — вес ударной части молота, кН (тс).
 2. В поз. 4 h — высота первого отскока ударной части дизель-молота от воздушной подушки, определяемая по мерной рейке, м. Для предварительных расчетов допускается принимать: для штанговых молотов $h = 0,6$ м, для трубчатых молотов $h = 0,4$ м.

Таблица 4

Возмущающая сила вибропогружателя, кН (тс)	Эквивалентная расчетная энергия удара вибропогружателя, кДж (тс·м)
100(10)	45,0(4,5)
200(20)	90,0(9,0)
300(30)	130,0(13)
400(40)	175,0(17,5)
500(50)	220,0(22)
600(60)	265,0(26,5)
700(70)	310,0(31)
800(80)	350,0(35)

Вопросы для самоконтроля

1. Какие сопутствующие явления вызывает погружение свай?
2. Что такое околосовайное пространство?
3. При погружении свай через водонасыщенные глинистые грунты величина отказа с увеличением глубины забивки может увеличиваться, и свая «проваливается» в водонасыщенное основание. Чем обусловлено это явление?
4. Что такое ложный и истинный отказ?
5. В каких случаях следует учитывать отрицательные силы трения, возникающие на боковой поверхности свай?
6. Напишите и прокомментируйте уравнение для определения несущей способности свай динамическим способом
7. Какой метод испытания свай даёт более достоверные результаты, почему?
8. Какое количество исследований должно быть проведено для определения несущей способности свай по результатам полевых исследований?
9. Какова градация ступеней загрузки при испытаниях свай статической вдавливающей нагрузкой?
10. Как определяется значение расчетного отказа при забивке свай в грунт следующих ситуациях:
 - в грунт, подлежащий удалению при разработке котлована, или
 - в грунт дна водотока;
 - в местах вероятного проявления отрицательных сил трения.