НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ

МОСКВА — 1964

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
ГОССТРОЯ СССР

ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва—1964

УДК 624.154.001.12

Пособие составлено в развитие главы СНиП II-Б.5-62 «Свайные фундаменты из забивных свай Нормы проектирования» (2-е изд.).

Цель пособия иллюстрировать применение норм соответствующими примерами и разъяснить основные положения, принятые при составлении норм.

Пособие разработано в помощь инженерам-проектировщикам и студентам, изучающим курс «Основания и фундаменты» в учебных заведениях строительных специальностей.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1 Общие положения 5
2 Основные указания по расчету 12
3. Выбор типа свай и свайных фундаментов 15
4. Проектирование свай и их оснований 21
5. Проектирование свайных фундаментов и их оснований . . 52
Приложение. Сортамент забивных железобетонных сплошных свай квадратного сечения 77

ВВЕДЕНИЕ

Среди различных способов устройства фундаментов свайные фундаменты занимают одно из первых мест, что объясняется простотой их устройства и возможностью приспособления к различным грунтовым условиям. Кроме того, по сравнению с другими способами устройства и видами глубоких фундаментов, например опускными колодцами, кессонами и т. п., свайные фундаменты обходятся значительно дешевле.

Свайные фундаменты применяются преимущественно в тех случаях, когда грунт под подошвой фундамента сооружения в его естественном состоянии не обладает достаточной несущей способностью, в связи с чем возникает необходимость передачи нагрузки на более глубокие пласты грунта с большей несущей способностью.

Исключением из этого общего правила являются фундаменты из так называемых «коротких» свай длиной от 3 до 6 *м*, применяемых в жилищном и отчасти промышленном строительстве. Применение свай в этом случае рассматривается не как вынужденное и обусловленное плохими грунтовыми условиями, а как замена обычных ленточных фундаментов из бетонных блоков на вполне удовлетворительном естественном грунте свайными фундаментами, в целях: 1) уменьшения земляных работ; 2) устранения (в отдельных случаях) водоотлива; 3) уменьшения расхода бетона, а следовательно, уменьшения общей стоимости устройства фундаментов.

Применение свайных фундаментов в гидротехнических сооружениях, в опорах мостов и башенно-стоечных сооружениях часто вызывается необходимостью передачи нагрузки не только на нижележащие пласты грунта в основании, но и необходимостью создать со-

противление горизонтальным нагрузкам, воздействующим на сооружение (давление волны, удар судна, давление льда и ветра).

В некоторых гидротехнических сооружениях (пирсы, набережные, эстакады, оторочки и т. п.) сваи служат не только элементами, передающими нагрузку от сооружения грунту, но и частью надводного строения.

В числе различных типов свай, применяемых в строительстве, забивные, погружаемые ударами молота, обладают существенным преимуществом, так как в процессе забивки происходит уплотнение грунта не только под ее нижним концом, но и грунта, окружающего ствол сваи, что увеличивает ее несущую способность.

Не менее существенным преимуществом забивных свай является также возможность определения сопротивления любой сваи в фундаменте по отказу, измеряемому в процессе их забивки.

Эти преимущества наряду с другими обусловили широкое применение забивных свай (до 95% по отношению к общему числу применяемых свай в строительстве, различающихся способами их изготовления или погружения).

Строительство заводов железобетонных изделий, осуществляемое в настоящее время в ряде районов СССР, позволяет уже в ближайшем будущем рассматривать железобетонные сваи как массовую товарную продукцию, что, несомненно, еще более расширит область применения забивных свай в строительстве.

Высказанные выше соображения в равной мере относятся как к сваям сплошного сечения, так и к сваям-оболочкам, погружаемым в грунт забивкой молотами.

Пункты в пособии соответствуют главе СНиП II-Б.5-62; текст СНиП отмечен в пособии вертикальной чертой слева.

Нумерация формул, таблиц и рисунков в пособии двойная: в скобках даны номера, соответствующие главе СНиП.

Пособие составлено старшим научным сотрудником, канд. техн. наук П. Р. Тикуновым.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие нормы разработаны на основе и в развитие главы II-А.10-62 СНиП «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования» и распространяются на проектирование свайных фундаментов из забивных железобетонных и деревянных свай.

Примечание. Нормы не распространяются на проектирование свайных фундаментов:

а) возводимых на вечномерзлых и просадочных грунтах, за исключением случаев, когда сваи прорезают просадочные слои грунта и опираются своими концами на непросадочные грунты;

б) из круглых полых железобетонных свай наружным диаметром более 800 *мм*, погружаемых в грунт с открытым нижним концом;

в) из свай с утолщением в нижнем конце.

К п. 1.1. Несмотря на то, что свайные фундаменты из забивных свай имеют широкое распространение в строительстве, существуют условия, ограничивающие в большей или в меньшей степени область применения норм, регламентирующих их проектирование.

К числу этих ограничений относятся:

1) в части грунтовых условий — вечномерзлые и просадочные грунты;

2) в части типов свай: а) полые диаметром более 800 *мм*, забиваемые в грунт с открытым нижним концом; б) сваи с утолщением в нижнем конце.

Забивка свай в мерзлые грунты возможна лишь при условии предварительного оттаивания грунта, например с помощью паровой иглы. Происходящее при этом нарушение структуры мерзлого грунта, а равно и вновь образующаяся в дальнейшем структура грунта, обусловленная частичным его уплотнением при забивке и последующим смерзанием, не позволяет распространять на эти сваи методы расчета, применяемые в обычных талых грунтах.

В настоящее время при устройстве свайных фундаментов в вечномерзлых грунтах чаще всего применяют столбчатые сваи, устанавливаемые в предварительно пробуренных скважинах. Условия работы этих свай, естественно, отличаются от забивных свай. По этой причине расчет и проектирование свайных фундаментов зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах должны производиться по соответствующим нормативным документам.

Применение забивных свай в просадочных грунтах зависит прежде всего от толщины слоя этих грунтов.

Если толщина слоя просадочного грунта меньше намечаемой глубины забивки свай и просадочные грунты подстилаются пластом непросадочного грунта, обеспечивающим передачу на него нагрузки от сооружения через посредство свай, то забивные сваи, очевидно, могут быть применены. В этом случае сваи могут работать как сваи-стойки, если несущая способность этого пласта достаточна, а также и как висячие сваи, если толщина этого подстилающего непросадочного грунта достаточно велика, чтобы обеспечить сопротивление грунта по боковой поверхности забитой в него сваи. При расчете несущей способности свай сопротивление грунта по боковой поверхности сваи в пределах толщины слоя просадочного грунта не учитывается; более того, в отдельных случаях, когда толща просадочного грунта значительна и возможна его осадка вследствие замачивания, необходимо учитывать возможную дополнительную нагрузку свай этим грунтом (негативное трение).

Очевидно, что применение забивных свай в просадочных грунтах, толщина слоя которых превышает намеченную глубину забивки свай, не должно допускаться, так как сопряжено с возможными значительными осадками свайного фундамента.

При полном устранении просадочности грунтов путем предварительного замачивания забивные сваи могут быть применены на общих основаниях с непросадочными грунтами.

Забивка полых свай с открытым нижним концом в грунт на практике (через короткий промежуток времени после начала забивки) сопровождается образованием в нижнем конце полости грунтового ядра; чем больше поперечное сечение внутренней полости сваи и чем

слабее грунт, тем на бо́льшую высоту грунт входит внутрь сваи при ее забивке.

Так как уплотнение окружающего сваю грунта при забивке такой полой сваи меньше, чем при забивке сваи сплошного сечения, то, очевидно, значения нормативного сопротивления грунта по боковой поверхности забивных свай ($f_i^н$) могут быть использованы в расчетах полых свай лишь в случае, если их внутренний диаметр поперечного сечения меньше некоторого установленного размера и с учетом некоторого коэффициента, меньшего единицы

Наибольший внутренний диаметр полых свай, забивка которых в грунт средней плотности на первых 1—2,5 *м* глубины погружения сопровождается образованием грунтового ядра, по опыту может быть принят равным 500—600 *мм*, что соответствует наружному диаметру, равному 800 *мм* круглых железобетонных полых свай.

К числу забивных свай, в расчете которых не могут быть использованы табличные значения $f_i^н$, относятся также сваи с утолщениями в нижнем конце и местными утолщениями ствола сваи.

Сваи с утолщениями в нижнем конце обычно применяются в условиях, когда залегающий с поверхности пласт слабого грунта на некоторой глубине подстилается пластом прочного грунта, способного выдержать расчетную нагрузку. При забивке таких свай, благодаря уширению в нижнем конце, в грунте вокруг сваи образуется полость, заполняемая впоследствии грунтом, находящимся в менее уплотненном состоянии, чем при забивке призматических свай.

1.2. При проектировании свайных фундаментов и их оснований, кроме настоящих норм, надлежит руководствоваться действующими нормативными документами по проектированию соответствующих конструкций (железобетонных, деревянных) и естественных оснований зданий и сооружений, а свайных фундаментов под машины с динамическими нагрузками — также дополнительными требованиями, содержащимися в «Технических условиях проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками» (СН 18—58).

Проект свайного фундамента должен разрабатываться на основе результатов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий и исследований грунтов

строительной площадки с учетом местного опыта строительства и результатов испытания свай динамической и статической нагрузкой.

К п. 1.2. Проект свайных фундаментов является составной частью общего проекта здания или сооружения и, следовательно, разрабатывается, как правило, в комплексе с общим проектом сооружения для каждой принятой стадии проектирования.

Для составления проекта свайных фундаментов независимо от стадии проектирования требуются следующие основные материалы.

1. Данные, характеризующие геологические и гидрогеологические условия строительной площадки.

2. Данные лабораторных исследований грунтов, проходимых сваей при ее забивке и грунтов, залегающих под нижним концом на разведанную бурением глубину, но не менее $^1/_2$ глубины забивки сваи и во всех случаях (кроме скальных и крупноблочных грунтов) не менее 5 *м*; в скальных и крупнообломочных грунтах при отсутствии специальных указаний, обусловленных величиной нагрузок, эта глубина ограничивается 0,5 *м*.

Данные лабораторных исследований должны содержать следующие характеристики: общие для песчаных и глинистых грунтов — объемный вес, удельный вес, природная весовая влажность, угол внутреннего трения; кроме того, для песков — гранулометрический состав (желательно также пористость в естественном состоянии и коэффициент пористости), для глин — пределы пластичности и удельное сцепление.

3. Данные, характеризующие степень агрессивности грунтовых вод по отношению к бетону и металлу.

4. Расчетные нагрузки на фундаменты проектируемого здания или сооружения.

5. План участка с обозначением на нем подземных коммуникаций и отметок заложения расположенных на нем фундаментов зданий и сооружений, смежных с проектируемым.

6. План и разрезы здания или сооружения с указанием проектных отметок подошвы ростверка каждого фундамента.

Для стадии разработки рабочих чертежей свайных фундаментов желательно иметь также материалы по испытанию пробных свай на стройплощадке (см. далее пояснения к п. 4.4), выполненных в соответствии с ГОСТ 5686—51 «Сваи пробные. Методы испытания».

Предварительные испытания динамической, а в отдельных случаях и статической нагрузками позволяют более правильно назначать длины и сечения свай, а также расстояние между сваями.

Объем и методика изысканий и исследований грунтов на стройплощадке устанавливаются программой, составляемой в соответствии с указаниями и требованиями действующих «Технических условий на исследование грунтов оснований зданий и сооружений».

Количество буровых скважин в основании здания или сооружения зависит от их размеров и степени однородности геологического строения основания. Во всех случаях число скважин под каждым сооружением должно быть не менее трех.

При этом следует избегать ошибок, часто допускаемых при составлении этих программ и заключающихся в назначении недостаточной глубины скважин. Так как проектирование фундаментов обычно начинается с попытки применить естественное основание, то глубина скважин часто назначается меньшей, чем это необходимо для решения вопроса о длине свай, типе свайного фундамента и т. п.

Недостаточная глубина скважин приводит к тому, что за отсутствием времени для производства дополнительной разведки грунтов длина свай назначается завышенной или заниженной. В первом случае это приводит к необходимости срубки части ствола сваи, а следовательно, к перерасходу бетона свай, и повышению трудоемкости сооружения, во втором влечет за собой увеличение количества свай, т. е. в обоих случаях к удорожанию стоимости строительства. Недостаточная длина сваи часто приводит к увеличению осадок здания или сооружения.

Для решения вопросов проектирования свайных фундаментов, в частности для выбора длины сваи, необходимо знать характеристики грунтов, окружающих ствол сваи и грунта, подстилающего нижние концы свай, а также (при малой толщине слоя последнего) нижележащих пластов грунта.

Если в процессе бурения под нижним концом сваи будет обнаружен пласт прочного грунта толщиной не менее 3 *м*, то при постройке малоэтажных зданий дальнейшее бурение можно прекратить.

При обычной в практике длине сваи 8—12 *м* глуби-

на разведочных скважин должна быть все же по меньшей мере на 5—6 *м* ниже предполагаемой отметки нижних концов свай.

Проектирование свайных фундаментов под машины с динамическими нагрузками в части расчета свай, ростверка и использования величин нормативного сопротивления грунтов под нижним концом свай ($R_i^н$) и на боковой поверхности ($f^н$) производится по СНиП II-Б.5-62, а также по действующим нормам проектирования деревянных или железобетонных конструкций. Так как в этих расчетах применяется ряд параметров и величин, присущих только сооружениям с динамическими нагрузками, то при расчете рекомендуется учитывать требования, изложенные в «Технических условиях проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками» (СН 18—58).

1.3. Забивные сваи, рассматриваемые в настоящих нормах, разделяются:

а) по способу передачи вертикальной сжимающей нагрузки от здания или сооружения — на сваи-стойки, передающие нагрузку только нижними концами, и висячие сваи, передающие часть нагрузки грунту своей боковой поверхностью и часть нагрузки нижними концами;

б) по материалу, применяемому для их изготовления — на железобетонные и деревянные.

К п. 1.3. В общем случае свая рассматривается как стержень, передающий нагрузку от сооружения грунту ее нижним концом и боковой поверхностью.

При воздействии на сваю вертикальной сжимающей нагрузки передача последней грунту осуществляется в виде давления, оказываемого нижним концом сваи на грунт, и в виде трения и сцепления окружающего сваю грунта с ее боковой поверхностью.

Опыт по выдергиванию свай из грунта показывает, что свая почти всегда имеет на поверхности тонкий слой грунта («рубашку»), что позволяет рассматривать сопротивление сваи по боковой ее поверхности как сопротивление сдвигу в массе окружающего ее грунта.

При выдергивании сваи из грунта нагрузка передается грунту только боковой поверхностью, так как это указано выше. При горизонтальной нагрузке — давлением боковой поверхности сваи на грунт.

В зависимости от того, преобладает ли в общем сопротивлении сваи сопротивление ее нижнего конца или сопротивление боковой поверхности при вертикальной сжимающей нагрузке, различают сваи-стойки и висячие сваи (называемые также ошибочно сваями трения).

Когда сопротивление грунта, на который опирается свая своим нижним концом, близко (порядка 80%) к сопротивлению материала сваи, сваи называются сваями-стойками.

При этом принимается, что осадка сваи-стойки настолько мала, что перемещение не выходит из пределов упругих деформаций грунта на боковой поверхности сваи, а из этого следует, что сопротивление грунта на боковой поверхности еще не мобилизуется полностью и свая-стойка передает всю приходящуюся на нее от сооружения нагрузку только нижним концом сваи.

Висячими сваями называются сваи, передающие вертикальную нагрузку на грунт частично сопротивлением грунта на боковой поверхности и частично сопротивлением грунта под их нижними концами.

В настоящем пособии рассматриваются вопросы проектирования свайных фундаментов из железобетонных и деревянных свай.

1.4. Железобетонные забивные сваи разделяются:

а) по форме поперечного сечения — на сваи квадратные или прямоугольные (сплошные или полые) и сваи круглые (полые — трубчатые);

б) по способу армирования — на сваи с обычной арматурой (без предварительного напряжения) и сваи с предварительно напряженной арматурой;

в) по длине — на цельные и составные из отдельных секций.

К п. 1.4. В настоящее время наиболее широко распространены железобетонные забивные сваи, допускающие изготовление их заводским способом, что обеспечивает надлежащее их качество.

Железобетонные сваи, применяемые в СССР, изготовляются в соответствии с установленным сортаментом их по поперечным сечениям и длинам, приведенным в приложении 1.

Армирование железобетонных свай, обусловлено в основном растягивающими напряжениями от изгиба сваи при ее подъеме и подаче в стрелы копра.

Предварительное напряжение арматуры свай позволяет при обеспечении прочности уменьшить расход

арматуры за счет применения высокопрочной стали, а также уменьшить поперечное сечение сваи (из условия повышенной прочности сваи на изгиб при подъеме) и, следовательно, расход бетона.

Полые железобетонные забивные сваи, требующие меньше стали и бетона, экономичнее свай со сплошным поперечным сечением. Полые сваи, как правило, изготовляются круглого сечения.

Меньший вес полых свай имеет существенное значение для забивки свай в грунт, так как в этом случае требуется менее тяжелое сваебойное оборудование, а в сочетании с повышенной прочностью на изгиб облегчает подъемно-транспортные операции со сваями.

Полые сваи при больших длинах изготовляются звеньями длиной от 4 до 12 *м*, соединяемыми между собой стальными стыками на сварке или болтах.

Вследствие малой толщины стенок (7—10 *см*) при диаметре от 30 до 80 *см* полые сваи требуют при забивке специальных наголовников и тщательного наблюдения.

1.5. Деревянные забивные сваи разделяются на:

а) цельные, изготовляемые из одного бревна;

б) сращенные по длине, изготовляемые из двух бревен;

в) пакетные, сплоченные из нескольких бревен по длине и в поперечном сечении, а также клееные сваи из пиломатериалов.

К п. 1.5. В связи с широким внедрением в строительство железобетона, применение деревянных свай в СССР в последние годы значительно сократилось; тем не менее в северных районах страны, где лес является местным строительным материалом, деревянные сваи могут оказаться более экономичными по сравнению с железобетонными.

Недостаток свайного леса (длиномера) во многих случаях устраняется изготовлением непосредственно на стройплощадке сращенных и пакетных свай, а также клееных свай, используя для этой цели стандартные лесоматериалы.

2. ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ

2.1. Свайные фундаменты и их основания рассчитываются по трем предельным состояниям:

а) по первому предельному состоянию (по несущей способности), по прочности — сваи и ростверки и по устойчивости — основания свайных фундаментов и отдельных свай;

б) по второму предельному состоянию (по деформациям) — основания свайных фундаментов;

в) по третьему предельному состоянию (по трещиностойкости) — сваи и ростверки.

К п. 2.1. Как известно, предельное состояние какой-либо конструкции или основания характеризуется тем, что оно перестает удовлетворять предъявленным к нему эксплуатационным требованиям.

Применительно к свайному фундаменту или одиночной свае можно считать, что предельное состояние наступает тогда, когда напряжения в материале сваи или свайного ростверка достигли временного сопротивления материала или когда нагрузка на грунт, в который сваи погружены, вызывает значительные осадки грунта, а следовательно, перемещения свай, при которых нормальная эксплуатация зданий или сооружений нарушается.

Эти перемещения (или осадки) могут быть как остаточными, так и упругими (обратимыми); упругие осадки также могут привести к нарушению эксплуатации (например, осадки подкрановых путей, свайных фундаментов под колоннами).

В пункте четко указаны элементы свайных фундаментов, подлежащих расчету по отдельным видам предельного состояния.

Сложность этих расчетов обусловлена тем, что свайный фундамент в грунте является конструкцией, зависящей не только от материала свай и ростверка и грунта, на которые сваи опираются нижними концами, но также и грунта окружающего сваи фундамента.

2.2. Расчету по первому предельному состоянию (по несущей способности) на усилия от расчетных нагрузок с учетом расчетных характеристик грунтов и расчетных сопротивлений материалов свай и ростверка подлежат:

по прочности — все виды свай и ростверков;

по устойчивости — основания свайных фундаментов зданий и сооружений и отдельных свай, подвергающихся регулярно действующим горизонтальным нагрузкам (подпорные стенки и т. п.), а также зданий и сооруже-

ний, когда их основания расположены на откосах и основания свайных фундаментов из свай-стоек.

2.3. Расчету по второму предельному состоянию (по деформациям) подлежат основания свайных фундаментов из висячих свай на усилия от нормативных нагрузок с учетом нормативных характеристик грунта.

2.4. Расчету по третьему предельному состоянию (по трещиностойкости) на усилия от нормативных нагрузок в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к элементам железобетонных конструкций, подлежат:

по образованию трещин — сваи и ростверки, находящиеся под воздействием попеременного замораживания и оттаивания на омываемой поверхности их, а также при воздействии агрессивной среды; в указанных случаях появление трещин в сваях и ростверках не допускается;

по раскрытию трещин — только сваи, за исключением случаев, когда появление трещин в них не допускается и расчет свай производится по образованию трещин; ширина раскрытия трещин не должна превышать 0,2 *мм*.

К пп. 2.2, 2.3 и 2.4. Содержание пунктов не требует особых пояснений, тем более что методы расчета излагаются ниже.

Проверка оснований свайных фундаментов из свай-стоек на устойчивость производится в тех случаях, когда верхние пласты грунта, залегающие выше опорного пласта, весьма слабые (торф, ил в текучем состоянии и др.), в которых может произойти сдвиг фундамента по опорному пласту под действием горизонтальных нагрузок. Расчет по деформациям (второе предельное состояние) гребуется лишь для оснований фундаментов из висячих свай, работающих на сжатие, и для свай, работающих на выдергивание, а также на горизонтальные нагрузки.

Основание свайного фундамента считается обеспеченным от наступления второго предельного состояния, если вычисленная величина деформации меньше допустимой или заданной ее величины в проекте здания или сооружения.

Расчет по третьему предельному состоянию (по трещиностойкости) относится только к железобетонным сваям и производится в соответствии с СНиП II-В.1-62.

2.5. Нормативные и расчетные характеристики грунтов принимаются в соответствии с указаниями пп. 4.2, 4.3 и 5.4 настоящих норм, а нормативные и расчетные сопротивления материалов, применяемых при устройстве свай и ростверков — по действующим нормам проектирования соответствующих конструкций (железобетонных, деревянных).

К п. 2.5. Содержание пункта не требует особых пояснений. Пояснения к пп. 4.2, 4.3 и 5.4 приведены ниже.

3. ВЫБОР ТИПА СВАЙ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

3.1. Выбор типа фундаментов здания или сооружения (свайный или обычный на естественном основании), а также назначение материала и типа свай и свайного фундамента должны производиться по результатам проведенных технико-экономических расчетов и сопоставления вариантов конструкций фундаментов; при этом должны учитываться требования «Технических правил по экономичному расходованию металла, леса и цемента в строительстве» (ТП 101—61), необходимость максимальной индустриализации производства работ по устройству оснований и фундаментов, а также местный опыт строительства.

Для устройства свайных фундаментов рекомендуется применять железобетонные предварительно напряженные сваи с ростверками из сборных элементов. Деревянные сваи допускаются лишь в районах, где лес является местным строительным материалом, в грунтовых условиях, благоприятных для их применения (см. п. 3.6).

К п. 3.1. При проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений и, в частности, при рассмотрении материалов геологических исследований на намеченной стройплощадке, не всегда представляется возможным с первого взгляда решить вопрос: какой вид фундамента следует применять в рассматриваемом случае.

Поэтому выбор типа фундамента — свайного (на сваях-стойках или висячих сваях и т. п.) или на естественном основании, а также назначение материала и типа свай производится, как правило, на основе сопо-

ставления вариантов по результатам технико-экономических расчетов. Если вопрос о применении свайных фундаментов решен, то, пользуясь снова данными геологических исследований, уточняют выбранный тип (свай-стойки или висячие сваи) и размеры свай.

3.2. Свайные фундаменты из свай-стоек применяются в случаях, когда в основании здания или сооружения залегают грунты, способные выдержать нагрузку от здания или сооружения, передаваемую только нижними концами свай.

К п. 3.2. К числу грунтов, допускающих использование их в качестве опорного пласта для свай-стоек, относятся скальные и крупнообломочные грунты в плотном сложении, а также глинистые (непросадочные) твердой консистенции.

Несущая способность свайного фундамента из свай-стоек определяется преимущественно сопротивлением материала свай.

Во всех случаях применения свай-стоек принимается, что при нагрузке свай грунт опорного пласта не может быть выдавлен в верхние пласты более слабого грунта.

Поперечное сечение свай-стоек назначается исходя из расчетной нагрузки на сваю, нормативного сопротивления грунта опорного пласта (в плоскости нижних концов свай) и возможности их забивки до опорного пласта через верхние слои грунта, а также с учетом размеров поперечных сечений стандартных или типовых свай, соответствующих их длине, способу армирования и пр. (см. также пояснения к п. 4.2).

3.3. Свайные фундаменты из висячих свай применяются в случаях, когда пласт грунта, способный воспринять нагрузку от здания или сооружения нижними концами свай, находится на глубине, при которой применение свай-стоек нецелесообразно. Вместе с тем сопротивление грунта на боковой поверхности висячих свай в совокупности с сопротивлением грунта под их нижним концом достаточно, чтобы выдержать передаваемую на них нагрузку.

К п. 3.3. Из опыта известно, что при одной и той же нагрузке на фундамент из висячих свай осадка фундамента будет тем больше, чем меньше глубина забивки свай в грунт по сравнению с линейными размерами

(шириной) фундамента в плане и чем меньше расстояние между сваями.

Общеизвестно также, что в однородных грунтах несущая способность пластов с глубиной их залегания возрастает вследствие обжатия нижних пластов верхними слоями грунта.

Из этого следует, что при проектировании свайных фундаментов целесообразно применять более длинные сваи и с возможно большими расстояниями между ними. При этом, однако, необходимо учитывать условия производства работ.

Наиболее существенными ограничениями, лимитирующими применение длинных свай, являются возможность их изготовления на стройплощадке или на ближайшем заводе железобетонных изделий и возможность погружения имеющимся на строительстве сваебойным оборудованием.

Увеличение расстояния между сваями связано с увеличением размеров фундамента и усилением армирования ростверка.

Зависимость сопротивления сваи в фундаменте от глубины ее забивки в однородный грунт и взаимного расстояния между сваями, установленная на основе теории упругости, даже при введении в расчет ряда упрощающих допущений, выражается весьма громоздкими формулами, не применимыми на практике.

Основываясь на экспериментальных исследованиях принято, что сопротивление сваи в фундаменте может быть приравнено сопротивлению одиночной сваи при всех прочих равных условиях (грунт, размеры и глубина забивки свай и т. п.), если расстояние между сваями в фундаменте равно или больше 6-кратной величины наибольшего размера поперечного сечения сваи.

С уменьшением расстояния между сваями сопротивление сваи в фундаменте, взятой в отдельности, больше сопротивления одиночной сваи, что объясняется большим уплотнением грунта вокруг сваи в фундаменте; поэтому, казалось бы, что на такую сваю может быть допущена нагрузка, превышающая нагрузку на одиночную сваю. В действительности, из условия осадки свайного фундамента, нагрузка на сваю в фундаменте принимается меньше нагрузки, допускаемой на одиночную сваю.

Поэтому в нормы введено требование (пп. 5.4б и 5.5) о проверке основания свайного фундамента по деформациям.

Приведенные соображения не относятся к так называемым «коротким сваям» длиной от 3 до 7 *м* (которые было бы правильнее назвать «столбчатыми фундаментами»), применяемым вместо обычных ленточных фундаментов на естественном основании, с целью уменьшения объема земляных работ и индустриализации вообще работ по нулевому циклу.

Уменьшение земляных работ (выемка грунта на глубину возможного промерзания и обратная его засыпка с уплотнением за пазухи фундаментов), а также некоторая экономия бетона и в отдельных случаях — при высоком горизонте грунтовых вод — устранение работ по водоотливу, являются важнейшими причинами применения коротких свай в строительстве, даже в хороших грунтах, допускающих возведение здания или сооружения на естественном основании с применением обычных сборных или монолитных ленточных фундаментов.

3.4. Наклонные сваи применяются, как правило, при значительных горизонтальных нагрузках, при которых изгибающие усилия, возникающие в сваях, превышают расчетное сопротивление их на изгиб, исчисленное с учетом пригрузки от вертикальных сжимающих нагрузок.

К п. 3.4. Горизонтальные нагрузки, действующие на здание или сооружение, могут быть восприняты в зависимости от их величины вертикальными, наклонными или козловыми сваями.

Наклонные сваи применяются в случаях, когда передаваемая головой сваи горизонтальная нагрузка на грунт превышает расчетное сопротивление сваи как по условиям прочности материала сваи, так и по условиям ее перемещения в грунте.

Свайные фундаменты с внецентренно приложенной вертикальной нагрузкой, в которых горизонтальная составляющая равнодействующей не превышает 10% от вертикальной, обычно не требуют применения наклонных свай. Расчет таких фундаментов производится аналогично расчету свайного фундамента, на который кроме вертикальной нагрузки действует момент.

Наклонные сваи располагаются в основании в направлении действующих горизонтальных сил или их равнодействующей.

Козловые сваи, как правило, применяются при воздействии на основание горизонтальных сил, действующих в двух взаимно противоположных направлениях.

Следует отметить, что наклонные сваи эффективны лишь в том случае, если требуется оказать сопротивление горизонтальным силам, действующим в плоскости или выше подошвы ростверка. Применение наклонных свай с целью преодоления сил распора, действующих в грунте — нецелесообразно.

3.5. Железобетонные сваи и ростверки, предназначенные для работы в грунтах с агрессивными грунтовыми водами, должны выполняться с учетом соответствующих мероприятий, повышающих стойкость свай и ростверка против воздействия данной среды.

Примечания: 1. Агрессивность грунтовых вод по отношению к материалу свай и ростверка определяется на основании результатов химического анализа воды, руководствуясь нормативными документами по определению агрессивности воды — среды для бетона.

2. Мероприятия по повышению стойкости против воздействия агрессивной среды для железобетонных свай и ростверков назначаются в соответствии с ГОСТ 4797—56 «Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления».

К п. 3.5. При определении агрессивности грунтовых вод следует руководствоваться «Инструкцией по проектированию. Признаки и нормы воды — среды для железобетонных и бетонных конструкций» (СН 249—63).

При выборе способа защиты конструкций от агрессивных вод следует руководствоваться соответствующей главой СНиП.

В качестве основного мероприятия для защиты поверхности железобетонных свай от агрессивного воздействия грунтовых вод в большинстве случаев применяются сульфатостойкие портландцементы и пуццолановые цементы.

Применение так называемых обмазок в виде смеси битума и бензина в различных пропорциях эффективно лишь в той мере, в какой бетон сваи будет пропитан этой обмазкой. Что же касается наружного слоя этой обмазки, то при забивке сваи, особенно в песчаные грунты, слой обмазки, как правило, оказывается содранным на большей части боковой поверхности сваи.

В особых исключительных случаях более целесооб-

разна горячая пропитка железобетонных свай битумом под давлением.

3.6. Деревянные сваи допускаются к применению при условии заложения голов свай ниже наинизшего уровня грунтовых вод, при этом должно учитываться сезонное колебание уровня грунтовых вод, а также возможность понижения уровня грунтовых вод в будущем, связанного с проведением различных технических мероприятий.

При грунтовых водах, насыщенных кислотами и щелочами, а также в целях защиты свай от морских древоточцев, сваи должны изготовляться из консервированной древесины, например, с пропиткой креозотом под давлением и т. п.

Сращенные и пакетные деревянные сваи применяются при отсутствии длинномера (свайного леса) и при необходимости увеличения поперечного сечения свай.

3.7. Для деревянных свай и элементов деревянного ростверка должны применяться лесоматериалы хвойных пород (преимущественно сосна и лиственница), удовлетворяющие требованиям ГОСТ 9463—60* «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Размеры и технические требования» и ГОСТ 8486—57 «Пиломатериалы хвойных пород».

Влажность древесины для изготовления свай не ограничивается.

Примечание. Применение дуба для изготовления свай разрешается в случаях, когда снабжение лесоматериалами производится из местных лесных насаждений, а доставка бревен хвойных пород связана с перевозками на большое расстояние.

К пп. 3.6 и 3.7. Деревянные сваи широко применялись в Советском Союзе, в основном до 30-годов текущего столетия, что объясняется большими запасами строительной древесины и дефицитностью в тот период цемента и стали.

В настоящее время применение деревянных свай допускается лишь в случаях, где лес является местным строительным материалом.

Деревянные сваи из обычной, не пропитанной противогнилостными веществами древесины применяются при условии заложения голов свай ниже наинизшего горизонта грунтовых вод не менее чем на 0,3—0,5 *м*.

При этом необходимо учитывать сезонные колебания уровня грунтовых вод, а также возможность понижения уровня грунтовых вод в будущем, если в районе стро-

ительства намечается проведение каких-либо других технических мероприятий.

Из пород дерева, применяемого для свай, наиболее стойкими считаются дуб, лиственница, кедр и сосна. Срок службы деревянных свай в условиях постоянного нахождения в воде, не загрязненной продуктами разложения болотистых и гумусовых грунтов, практически неограничен.

В условиях переменной влажности и при действии грунтовых вод, насыщенных кислотами и щелочами, т. е. в условиях, способствующих развитию гнилостных грибков, срок службы деревянных свай не превышает 10, редко 15 лет.

Сваи, изготовленные из ели и пихты, менее долговечны: к числу недостатков ели следует отнести сучковатость и колкость древесины, что повышает процент брака свай при забивке.

Сваи из лиственных пород дерева, как правило, не изготовляются вследствие их меньшей долговечности и большой отбраковки при отборе бревен требуемой длины и прямизны.

Деревянные сваи, изготовляемые из целого бревна, имеют длину от 4,5 до 12 *м*, редко до 18 *м* и диаметр в отрубе от 16 до 30—35 *см*.

Заготовка деревянных свай длиной свыше 16 *м* (длинномера) представляет значительные трудности как по отбору бревен такой длины, так и по вывозу их из пределов участка лесозаготовок. По этим причинам применяют или сращенные сваи из двух (и даже трех) бревен по длине, или так называемые пакетные сваи, состоящие из нескольких бревен как по длине, так и по поперечному сечению.

Пакетные сваи изготовляются длиной до 25 *м*, поперечным сечением (диаметром) до 60 *см* и более.

Основными недостатками сращенных и пакетных свай является возможность расстройства стыков при забивке, а также в последующем — ржавление стальных частей стыков, находящихся в грунте, особенно в условиях грунтовых вод, агрессивных по отношению к стали.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙ И ИХ ОСНОВАНИЙ

4.1. Расчет свай по первому и второму предельным состояниям производится с учетом совместной работы свай и грунта, окружающего и подстилающего сваю.

Совместная работа сваи и грунта обусловлена сопротивлением сдвигу слоев грунта, окружающего ствол сваи, и сжатием слоев грунта, залегающего под нижними концами свай.

К п. 4.1. Согласно этому пункту за основание сваи принимается вся масса подвергаемого деформации грунта, в который свая забита, т. е. не только грунт, находящийся под нижним концом сваи, но и грунт, окружающий ствол сваи.

Соответственно для сваи, работающей на горизонтальную нагрузку и на выдергивание, основанием является грунт, окружающий ствол сваи, а для сваи, работающей на осевую сжимающую нагрузку, — кроме того, и грунт, подстилающий нижний конец сваи.

4.2. Расчетное сопротивление сваи-стойки P (в $т$), работающей на вертикальную сжимающую нагрузку и опирающейся нижним концом на скальные и крупнообломочные грунты, а также на глинистые (непросадочные) грунты твердой консистенции, определяется по несущей способности сваи, исходя из расчетного сопротивления материалов сваи, как центрально сжатого элемента (без учета продольного изгиба) по соответствующим нормам проектирования (железобетонных или деревянных) конструкций, а также исходя из расчетного сопротивления грунтов основания по формуле 1 (1), принимая меньшее из двух полученных значений P:

$$P = km R^{н} F, \qquad 1(1)$$

где

k — коэффициент однородности грунта, принимаемый $k=0{,}7$;

m — коэффициент условий работы, принимаемый $m=1$;

$R^{н}$ — нормативное сопротивление грунта основания в плоскости острия сваи в $т/м^2$, принимаемое по табл. 1 (1);

F — площадь поперечного сечения сваи в $м^2$.

Примечания: 1. Сечение железобетонной сваи, определенное из условий прочности, как центрально сжатого элемента, должно также удовлетворять по прочности и трещиностойкости сваи, рассчитанной как изгибаемый элемент на усилия, возникающие при подъеме ее на копер и при транспортировании, согласно указаниям п. 4.12 настоящих норм.

2. В свайных фундаментах с высоким ростверком расчетное сопротивление сваи как центрально сжатого элемента определяется с учетом продольного изгиба в пределах свободной длины сваи.

Таблица 1(1)

Нормативные сопротивления грунта основания в плоскости нижних концов свай $R^н$ в $т/м^2$

Глубина забивки свай от поверхности грунта в $м$	Нормативные сопротивления в $т/м^2$						
	Песчаных грунтов средней плотности						
	гравелистых	крупных	—	средней крупности	мелких	пылеватых	—
	Глинистых грунтов консистенции B, равной						
	≤ 0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	700	400	300	200	120	100	60
4	820	510	380	250	160	120	70
5	880	550	400	280	190	130	75
7	950	620	430	320	210	140	80
10	1050	680	490	350	240	150	90
15	1170	750	560	400	280	160	100
20	1260	820	620	450	310	170	110
25	1340	880	680	500	340	180	120
30	1420	940	740	550	370	190	130
35	1500	1000	800	600	400	200	140

Примечания: 1. Для промежуточных глубин забивки свай, промежуточных значений консистенции B глинистых грунтов значения $R^н$ определяются интерполяцией.

2. Для плотных песчаных грунтов значения $R^н$ увеличиваются на 30%.

3. Для крупнообломочных грунтов нормативные сопротивления грунта основания в плоскости нижних концов свай принимаются $R^н = 2000$ $т/м^2$. При опирании забивных свай на скальные грунты значения $R^н$ принимаются $R^н = 1{,}4\ R$, где R — временное сопротивление (среднее) в $т/м^2$ образцов скального грунта на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, но не менее 2000 $т/м^2$.

4. Для круглых свай диаметром не более 800 *мм*, забиваемых в грунт с открытым нижним концом, при оставлении грунта в полости сваи (так называемой «грунтовой пробки») значения $R^н$ принимаются с коэффициентом 0,7.

К п. 4.2. Расчет свай-стоек включает:

1) определение несущей способности свай по сопротивлению материала свай с учетом продольного изгиба, если последний возможен для принятой конструкции сооружения, действующих на фундамент нагрузок или по грунтовым условиям;

2) определение несущей способности сваи по расчетному сопротивлению грунтов основания в плоскости нижних концов свай.

Расчет свай по сопротивлению материала, из которого свая изготовлена, производится в соответствии с действующими нормами проектирования конструкции из материала свай.

В современной практике проектирования, когда существует утвержденный сортамент размеров забивных свай (ГОСТ, типовые чертежи), как правило, железобетонные сваи по прочности материала не рассчитываются и размеры поперечного сечения сваи назначаются исходя из принятой длины в соответствии с сортаментом типовых свай (*приложение* 1).

Учет продольного изгиба сваи производится лишь в конструкциях свайных фундаментов с высоким ростверком (в пределах свободной длины сваи); в пределах части длины сваи, находящейся в грунте, продольный изгиб обычно не учитывается. Исключением являются грунты: неслежавшийся водонасыщенный торф и глинистые грунты в текучем состоянии.

При учете продольного изгиба расчетное сопротивление уменьшается умножением на соответствующее значение коэффициента φ — понижения несущей способности центрально сжатых элементов.

Учет продольного изгиба производится по методу, принятому для расчета центрально и внецентренно сжатых элементов, принимая заделку концов свай в зависимости от условий их работы в конструкции.

При расчете несущей способности свай-стоек по сопротивлению грунта основания последнее учитывается под нижним концом сваи, так как сопротивление грунта по боковой поверхности, обусловленное сопротивлением грунта срезу, может проявить себя лишь в процессе перемещения, т. е. осадки сваи.

Осадка сваи, при которой происходит срез грунта вдоль боковой поверхности сваи, зависит от многих факторов и прежде всего от вида грунта и его физико-механических свойств. По некоторым опытным данным осадка сваи, при которой наблюдаются остаточные деформации в глинистом грунте, находится в пределах 10—15 *мм* в зависимости от длины сваи.

Полые сваи-стойки, забиваемые в грунт с открытым нижним концом, в случае оставления грунта в их полости, рассчитываются по сопротивлению грунта основания, причем в качестве расчетной площади опирания сваи на грунт принимается площадь железобетонного

кольца оболочки. Если грунт из полости сваи удаляется и свая заполняется бетоном, то в расчет принимается вся площадь поперечного сечения сваи.

4.3. Расчетное сопротивление основания висячей сваи, работающей на осевую сжимающую нагрузку P в *т*, определяется как сумма расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле 2 (2):

$$P = km\,(R^{н} F + U \Sigma f_i^{н} l_i), \qquad 2(2)$$

где

k, m, $R^{н}$ и F — те же значения, что и в формуле 1 (1);

U — периметр поперечного сечения сваи в *м*;

$f_i^{н}$ — нормативное сопротивление i-го слоя грунта основания по боковой поверхности сваи в *т/м²*, принимаемое по табл. 2 (2);

l_i — толщина i-го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, в *м*.

Таблица 2(2)

Нормативные сопротивления грунта основания на боковой поверхности сваи $f^{н}$ в *т/м²*

Средняя глубина расположения слоя грунта в *м*	Нормативные сопротивления $f^{н}$ в *т/м²*					
	Песчаных грунтов (для свай, забитых без подмыва)					
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	—	—	—
	Глинистых грунтов консистенции B, равной					
	⩽0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	>0,6
1	3,5	2,3	1,5	1,2	0,5	0,2
2	4,2	3,0	2	1,7	0,7	0,3
3	4,8	3,5	2,5	2	0,8	0,4
4	5,3	3,8	2,7	2,2	0,9	0,5
5	5,6	4	2,9	2,4	1	0,6
7	6	4,3	3,2	2,5	1,1	0,7
10	6,5	4,6	3,4	2,6	1,2	0,8
15	7,2	5,1	3,8	2,8	1,4	1
20	7,9	5,6	4,1	3	1,6	1,2
25	8,6	6,1	4,4	3,2	1,8	—
30	9,3	6,6	4,7	3,4	2	—
35	10	7	5	3,6	2,2	—

Примечания: 1. Для свай, забиваемых в песчаные грунты с подмывом, табличные значения $f^{н}$ принимаются с коэффициентом 0,9.

2. Для круглых полых свай наружным диаметром не более 800 *мм*, забиваемых в грунт с открытым нижним концом, при определении сопротивления грунта основания по внешней боковой поверхности, табличные значения $f^н$ принимаются с коэффициентом 0,7.

3. При расчете сопротивления свай, находящихся частично в просадочных грунтах, сопротивление грунта на боковой поверхности принимается только в пределах непросадочного грунта.

В целях уточнения расчетного сопротивления основания сваи, определяемого по формуле 2 (2), в начале производства свайных работ необходимо произвести испытание свай динамической нагрузкой. Необходимость и количество испытаний свай статической нагрузкой устанавливается проектной организацией.

В зависимости от результатов испытания свай корректируется проект свайного фундамента.

К п. 4.3. Расчет висячих свай по сопротивлению грунта основания производится с использованием экспериментальных данных, приведенных в табл. 1(1) и 2(2), составленных в основном по данным ЦНИС Гострансстроя СССР (автор канд. техн. наук А. А. Луга), рассматривая сопротивление висячей сваи как сумму сопротивлений грунта по боковой поверхности сваи и под ее нижним концом.

При определении сопротивления грунта основания в плоскости нижнего конца сваи глубина забивки [первая колонка в табл. 1(1)] принимается от поверхности естественного рельефа грунта.

Если поверхность естественного грунта прикрыта насыпными грунтами, то толщина слоя последних может быть учтена в расчете лишь в том случае, если давность отсыпки этих грунтов превышает 10 лет для песчаных грунтов и 20 лет для глинистых грунтов. Сопротивление насыпного грунта на боковой поверхности принимается по табл. 2(2) в зависимости от его состава и состояния.

Приведенные в табл. 1(1) (8-я колонка) нормативные сопротивления глинистых грунтов ограничены значением $B=0{,}6$. Для значений $B>0{,}6$ нормативные значения сопротивления грунта не приведены за отсутствием опытных данных, и их рекомендуется определять интерполяцией, принимая для $B=1{,}0$ и глубины забивки 3 *м* $R^н=10$ *т/м²* и для глубины забивки 30 *м* $R^н=20$ *т/м²*.

При песках разной крупности значения нормативного сопротивления определяются по табл. 1(1) интерполяцией в зависимости от процентного содержания песков той или иной крупности.

При определении сопротивления грунта основания на боковой поверхности сваи [табл. 2(2)] средняя глубина *расположения слоя грунта (первая колонка)* определяется как расстояние от поверхности естественного рельефа до середины толщины рассматриваемого слоя грунта.

При наличии на поверхности строительного участка слоя насыпного грунта толщина этого слоя учитывается так, как это указано выше, т. е. с учетом давности образования насыпи.

Нормативное сопротивление грунта основания на боковой поверхности глинистых грунтов консистенции $B<0{,}2$ принимается равным его значению при консистенции $B=0{,}2$.

Для консистенции глинистых грунтов $B>0{,}6$ дифференцированные значения нормативного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи в табл. 2(2) не приведены за отсутствием достаточных опытных данных. Значения f^1 для $B>0{,}6$, приведенные в этой колонке, соответствуют глинам и суглинкам, находящимся в текуче-пластичном и в текучем состоянии.

При определении сопротивления грунта под нижним концом висячей сваи в расчет принимается вся площадь поперечного сечения сваи, включая площадь железобетонного кольца и площадь грунтового ядра.

Поведение грунтового ядра, оставляемого в полой свае, забиваемой с открытым нижним концом, до настоящего времени, несмотря на имеющиеся в технической литературе работы, недостаточно исследовано. Высота, на которую грунт входит в полость сваи, плотность его и сопротивление грунтового ядра выдавливанию при нагрузке сваи зависят от свойств грунтов, проходимых сваей, последовательности их напластований, а также от способа погружения.

В связи с этим для полых висячих свай диаметром не более 800 *мм* введен дополнительный коэффициент 0,7, понижающий расчетное сопротивление полых свай.

Так как при забивке полых свай с открытым нижним концом часть грунта входит в полость сваи, уплотнение окружающего полую сваю грунта будет меньше, чем в случае забивки сваи с закрытым нижним концом или сваи сплошного сечения. По этой причине дополнительный коэффициент 0,7, понижающий расчетное сопротив-

ление сваи, в равной степени относится и к сопротивлению грунта на боковой поверхности сваи.

Следует отметить, что попытка некоторых проектировщиков учитывать сопротивление грунта одновременно на наружной и внутренней боковой поверхности сваи является грубой ошибкой.

Особые свойства просадочных грунтов — значительные просадки при их замачивании — исключают возможность распространения на них приведенных в главе СНиП II-Б.5-62 табличных данных сопротивления грунта $R^н$ и $f^н$.

В связи с этим сопротивление грунта по боковой поверхности учитывается лишь в пределах непросадочной толщи грунтов.

При значительной толщине слоя просадочных грунтов и при возможности их замачивания в процессе эксплуатации уже возведенного на свайном фундаменте сооружения следует учитывать появление дополнительной нагрузки свай весом оседающего грунта вследствие так называемого «негативного трения». В тех случаях, когда «негативное трение» может иметь место, что проверяется опытом, его величина принимается равной 2 $т/м^2$ боковой поверхности сваи.

Заглубление свай в подстилающий непросадочный грунт (при наличии сверху просадочных грунтов) должно быть не менее 0,5 *м* в песчаные и гравелистые грунты, а также в глинистые грунты твердой консистенции и не менее 1 *м* в прочие глинистые грунты.

При применении подмыва структура грунта вокруг сваи и под ее нижним концом разрушается; особенно значительное разрушение наблюдается при подмыве свай в глинистых грунтах, где образующаяся при этом вокруг сваи полость длительное время остается заполненной взвешенными глинистыми частицами. По этой причине применять подмыв в глинистых грунтах не рекомендуется.

Если же при проходке прослойки твердой или полутвердой глины возникает необходимость применения подмыва (из-за отсутствия тяжелых молотов и т. п.), то в этом случае при определении сопротивления грунта на боковой поверхности сваи на всей глубине подмыва, считая от отметки подошвы ростверка, следует принимать коэффициент 0,6.

В песчаных грунтах после ухода воды из полости

вокруг сваи песок уплотняется, но в меньшей степени, чем при забивке свай без подмыва. По этой причине при определении расчетного сопротивления свай, забиваемых с подмывом, принят дополнительный коэффициент 0,9.

В практике проектирования свайных фундаментов иногда встречаются в толще основания прослойки слабых грунтов в виде неслежавшегося торфа, ила в текучем состоянии и т. п., сопротивлением которых чаще всего пренебрегают, а если учитывают, то не свыше 0,5 $т/м^2$.

В подобных случаях при определении сопротивления грунта на боковой поверхности сваи следует учитывать, что при вертикальной сжимающей нагрузке на сваю сопротивление по боковой поверхности сваи в пределах слоев грунта, находящихся выше слоя слабого грунта, может оказаться меньше расчетного, принимаемого по нормам [табл. 2(2)], вследствие сжимаемости слабых грунтов.

Если же грунт, в пределах верхних слоев окружающий свайный фундамент, будет нагружен, то сопротивление на боковой поверхности сваи может даже оказать отрицательное влияние на несущую способность фундамента, создавая для него дополнительную нагрузку (явление «негативного трения»). При учете этой дополнительной нагрузки сопротивление грунта на боковой поверхности сваи («негативное трение») принимается по табл. 2(2).

Расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности наклонной сваи определяется исходя из расчетной длины каждого участка сваи в соответствии с величиной наклона.

Количество свай, испытываемых статической нагрузкой, зависит от грунтовых условий строительной площадки, сложности конструкции фундаментов и должно быть не менее двух при однородных грунтах и принятом типе свай.

Расчет сопротивления сваи в общем случае иллюстрируется следующим примером.

Пример 1. Железобетонная свая поперечным сечением $F=30\times30$ *см*, длиной $L=8$ *м* забита в грунт ниже дна котлована глубиной $l_1=2{,}5$ *м* на глубину $l_2=7{,}5$ *м*.

Грунтовые условия: с отметки дна котлована залегает слежавшийся (более 25 лет) насыпной грунт, со-

стоящий в основном из суглинков с включением битого кирпича и щебня. Толщина этого слоя 1,5 *м*. Ниже — суглинок ($B=0{,}5$) на глубину 4 *м*, подстилаемый слоем песка средней крупности и средней плотности, разведанной мощностью слоя около 5 *м* (рис. 1).

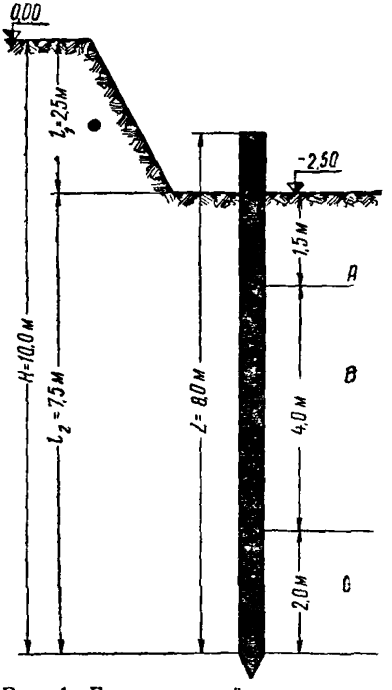

Рис. 1. Геологический разрез котлована

Требуется определить расчетное сопротивление сваи.

Площадь поперечного сечения сваи $F=0{,}3\times 0{,}3=1{,}2$ *м*.

Периметр поперечного сечения сваи $U=4\times 0{,}3=0{,}09$ *м*^{2}.

Расчетная глубина заложения нижнего конца сваи от поверхности грунта $l_1+l_2=2{,}5+7{,}5=10$ *м*.

По табл. 1(1) для этой глубины находим нормативное сопротивление грунта (песок средней крупности) в плоскости нижнего конца сваи $R^н=350$ *т/м*^{2}.

Далее определяем от дневной поверхности среднюю глубину расположения слоев грунта, окружающего ствол сваи и соответствующие значения нормативного сопротивления грунта на боковой поверхности сваи $f_i^н$ по табл. 2(2).

Ввиду того что в таблице 2(2) нет значений $f_i^н$, относящихся к насыпному грунту, состоящему преимущественно из суглинка, принимаем таковые по нижеследующему слою суглинка.

Для насыпного грунта (суглинок) расчетная глубина $l_1^1=2{,}5+\frac{1{,}5}{2}=3{,}25$ *м*; $f_1^н=2{,}05$ *т/м*^{2}.

Для суглинка пластичного ($B=0{,}5$) глубина $l_2^1=2{,}5+1{,}5+\frac{4}{2}=6$ *м*; $f_2^н=2{,}45$ *т/м*^{2}.

Для песка средней крупности и средней плотности глубина

$$l_3' = 2{,}5 + 1{,}5 + 4 + \frac{2}{2} = 9 \quad м; \quad f_3^н = 6{,}35 \quad т/м^2.$$

По формуле 2(2) находим расчетное сопротивление сваи:

$$P = 0{,}7 \cdot 1\,[(350 \cdot 0{,}09) + 1{,}2\,(1{,}5 \cdot 2{,}05 + 4 \cdot 2{,}45 + 2 \cdot 6{,}35)] =$$
$$= 0{,}7\,(31{,}5 + 30{,}7) = 43{,}54 \approx 44 \quad т.$$

4.4. Расчетное сопротивление основания висячей сваи в *т*, работающей на осевую сжимающую нагрузку, при использовании данных испытаний свай динамической или статической нагрузкой должно определяться по формуле

$$P = km\,P^н, \qquad 3(3)$$

где

k и m — те же значения, что и в формуле 1(1);

$P^н$ — нормативное сопротивление основания сваи в *т*, принимаемое равным:

а) для сваи, испытанной динамической нагрузкой, — предельному сопротивлению основания сваи $P_{пр}$, т. е. $P_{пр} = P'$, определяемому согласно указаниям п. 4.5 настоящих норм;

б) для сваи, испытанной статической нагрузкой, — предельному сопротивлению $P_{пр}$, определяемому по графику зависимости осадки сваи от нагрузки (см. рисунок) и характеризуемому резким возрастанием деформации при малом увеличении нагрузки.

К п. 4.4. Хотя приведенные в предыдущем пункте табл. 1(1) и 2(2) нормативных сопротивлений грунта основания R' и $f^н$ составлены по экспериментальным данным, тем не менее определяемая по формуле 1(1) величина расчетного сопротивления висячей сваи может в некоторых случаях отличаться от действительной, определяемой непосредственно из опыта в местных грунтовых условиях.

Проверка сопротивления сваи в условиях стройплощадки осуществляется двумя способами:

1) испытанием сваи динамической нагрузкой (см. пояснения к п. 4.5) и

2) испытанием сваи статической нагрузкой.

Второй способ является наиболее надежным, но более затруднительным для производства работ, так как требует применения дополнительного оборудования и приспособлений, а также специальной аппаратуры. Кроме того, испытание сваи статической нагрузкой требует по сравнению с динамическим испытанием более длительного срока (от 4 до 12 дней).

Получаемые в результате испытания сваи статической нагрузкой данные (осадка сваи в зависимости от нагрузки) представляются в виде графика [рис. 2(1)].

В целях унификации данных результатов испытаний графики рекомендуется выполнять в масштабе:

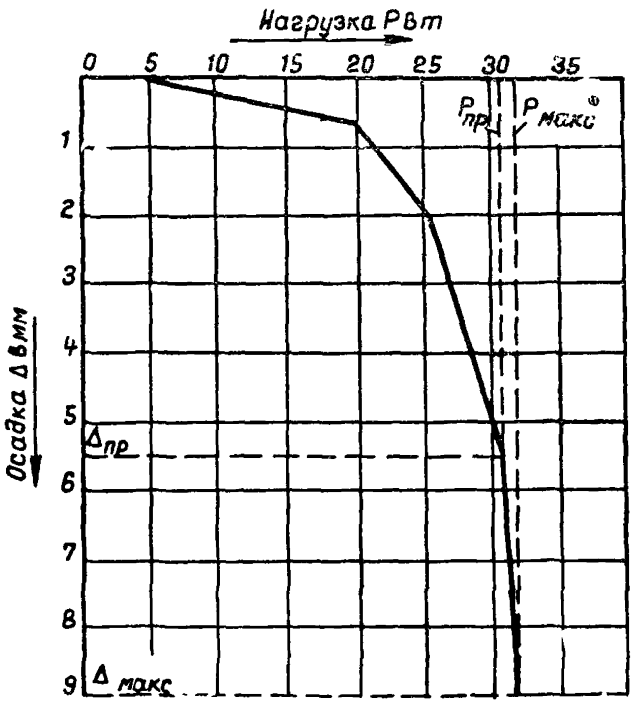

Рис. 2.(1). График зависимости осадки сваи от нагрузки P в $т$ ($P_{макс}$ и $\Delta_{макс}$ —соответственно нагрузка и осадка, достигнутые в конце опыта)

а) для нагрузок — 1 *см* = 5 *т* нагрузки;

б) для осадок — 1 *см* = 1 *мм* осадки.

Испытания свай, выполняемые согласно ГОСТ

5686—51 «Сваи пробные. Методы испытаний», как правило, доводятся до так называемой предельной (критической) нагрузки, момент наступления которой характеризуется возрастанием (в 4—5 раз и более) осадки при малом увеличении нагрузки по сравнению с величиной ступени нагрузки. Предельная (критическая) нагрузка на сваю, полученная на ряде опытов $P_{пр}$, приравнивается нормативному сопротивлению сваи ($P = P_{пр}$).

Следует отметить, что в некоторых случаях (которых по возможности следует избегать) вследствие допущенных ошибок в предварительной оценке сопротивления сваи или в классификации грунтов, или вследствие отсутствия груза для нагружения сваи, а также из-за недостаточной грузоподъемности гидродомкрата не представляется возможным довести испытание сваи статической нагрузкой до предельного сопротивления. В этом случае за предельное сопротивление принимается максимальная нагрузка в опыте, до которой свая была нагружена. Совершенно очевидно, что в этом последнем случае сопротивление сваи полностью не используется.

Количество свай, испытываемых на стройплощадке, зависит от грунтовых условий, сложности конструкции фундамента и т. п. и должно быть не менее двух при однородных грунтовых напластованиях.

4.5. Предельное сопротивление основания сваи при испытании ее динамической нагрузкой определяется по формуле

$$P_{пр} = \frac{nF}{2}\left[\sqrt{1 + \frac{4}{nF} \cdot \frac{QH}{e} \cdot \frac{Q + 0{,}2q}{Q + q}} - 1\right], \qquad 4(4)$$

где n — коэффициент, принимаемый по табл. 3(3);

F — площадь поперечного сечения сваи в $м^2$;

q — вес сваи, включая вес наголовника в $т$ (без коэффициента перегрузки);

Q — вес ударной части молота в $т$ (без коэффициента перегрузки);

H — расчетная высота падения ударной части в $см$, принимаемая по табл. 4(4);

e — отказ (погружение сваи от одного удара) в $см$.

Таблица 3(3)

Значение коэффициента n

Тип сваи и наголовника	n
Железобетонная (с наголовником)	150
Деревянная (без наголовника)	100

Таблица 4(4)

Расчетная высота H в *см*

Тип молота	Вертикальные сваи	Сваи с наклоном не положе 3 : 1
Подвесной или одиночного действия .	$H = H_1$	$H = 0{,}8H_1$
Дизельный или двойного действия . .	$H = \frac{0{,}1E}{Q}$	$H = \frac{0{,}08E}{Q}$

Примечание Здесь: H_1 — величина хода ударной части молота в *см*; E — энергия удара молота в *кгм*, принимаемая по паспорту.

Предельное сопротивление основания железобетонной сваи, забитой в глинистые грунты, при добивке ее в срок не менее чем через 6 суток после забивки и в тех случаях, когда отказ замеряется с учетом упругой его части, значение $P_{пр}$ рекомендуется определять по формуле

$$P_{пр} = 2dln_f \left[\sqrt{1 + \frac{1}{dln_f} \cdot \frac{QH}{e + \frac{c}{2}} \cdot \frac{Q + 0{,}2q}{Q + q}} - 1 \right], \quad 5(5)$$

где

d — диаметр круглого или сторона квадратного, либо большая сторона прямоугольного поперечного сечения сваи в *м*;

l — глубина забивки сваи в *м*;

n_f — коэффициент, принимаемый при забивке сваи с наголовником и прокладкой из деревянных планок толщиной 10 *см*, $n_f = 7$ *т/м*^{2};

c — упругая часть отказа (упругие деформации грунта и сваи) в *см*;

q, Q, H и e — те же значения, что и в формуле 4(4).

Примечание. Расчетное сопротивление основания висячей сваи, определенное по указаниям пп. 4.3 — 4.5 настоящих норм, не должно превышать воспринимаемого ею расчетного усилия, вычисленного из условия прочности сваи как центрально сжатого элемента (см. п. 4.2 и примечания к нему).

К п. 4.5. В отличие от испытания сваи статической нагрузкой испытание динамической нагрузкой:

1) осуществляется непосредственно в процессе забивки свай;

2) не требует какого-либо дополнительного оборудо-

вания и приспособлений (гидродомкраты, балки, груз и т. п.);

3) может быть выполнено на любой из свай в фундаменте;

4) требует не более 5—10 *мин.*

Эти существенные преимущества привели к тому, что динамический метод в настоящее время широко применяется для контроля сопротивления свай как в СССР, так и за рубежом, несмотря на недостаточную точность определяемого этим методом сопротивления свай.

Общеизвестная в СССР формула Герсеванова приведена в этом пункте в измененном виде 4(4), более удобном для вычисления.

Эту формулу рекомендуется применять для свай, нижние концы которых находятся в пласте грунта, более плотного по сравнению с грунтом, окружающим ствол сваи.

Если отказ сваи измерен с учетом упругой его части в процессе добивки сваи после срока отдыха сваи в грунте, то можно определять сопротивление сваи по формуле Герсеванова, заменив в этом случае значение коэффициента $n=150$ *т/м*^{2} на другое значение, равное $n'=780$ *т/м*^{2}.

Это значение коэффициента n' получено из опытов с железобетонными сваями длиной от 9 до 14 *м*, поперечным сечением 30×30 и 35×35 *см*, забитыми в глинистые грунты при соотношении $\frac{Q}{q}$ от 1 до 1,5.

С целью повышения точности определения сопротивления сваи в этом же пункте приведена уточненная формула 5(5) для висячих железобетонных свай, забиваемых в глинистые грунты, теоретически лучше отражающая сопротивление сваи в грунте.

Количество свай, испытываемых динамической нагрузкой, определяется грунтовыми условиями стройплощадки и принимается не менее 5 шт. для каждого типа свай.

Применение этой формулы на практике иллюстрируется следующим примером.

Пример 2. Железобетонная свая длиной $L=9$ *м*, поперечным сечением $F=30\times30$ *см* забита в глинистый грунт на глубину $l=8{,}5$ *м* молотом одиночного действия с ударной частью весом $Q=2{,}5$ *т*.

Динамическое испытание этой сваи производилось через 6 суток после забивки.

Образец отказограммы, записываемой при испытании, показан на рис. 3 (на рисунке остаточная часть отказа обозначена e, упругая часть отказа — c).

Результаты записи при высоте падения молота $H=100$ *см* приведены в табл 5.



Рис. 3. Диаграмма отказа железобетонной сваи

Таблица 5

Остаточная и упругая часть отказа сваи, измеренные в опыте

№ удара	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее
Остаточная часть отказа e в *см*	1,9	1,7	2	2	2	2,1	2,2	1,9	2,2	2,1	2,01
Упругая часть отказа c в *см* .	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1	1,22

Расчетные величины, входящие в формулу 5(5): средняя величина суммарного отказа

$$e + \frac{c}{2} = 2{,}01 + \frac{1{,}22}{2} = 2{,}01 + 0{,}61 = 2{,}62\ см;$$

$Q = 2{,}5\ т$; $q = 1{,}84 + 0{,}16\ т$ (вес наголовника) $= 2\ т$;
$H = 100\ см$; $d = 0{,}3\ м$; $n_f = 7\ т/м^2$;

предельное сопротивление сваи

$$P_{пр} = 2dln_f \left[\sqrt{1 + \frac{1}{dln_f} \cdot \frac{QH}{e + \frac{c}{2}} \cdot \frac{Q + 0{,}2q}{Q + q}} - 1 \right] =$$

$$= 2 \cdot 0{,}3 \cdot 8{,}5 \cdot 7 = \left[\sqrt{1 + \frac{1}{0{,}3 \cdot 8{,}5 \cdot 7} \cdot \frac{2{,}5 \cdot 100}{2{,}62} \cdot \frac{2{,}5 + 0{,}2 \cdot 2}{2{,}5 + 2}} - 1 \right] =$$

$$= 35{,}7 \left[\sqrt{1 + 3{,}45} - 1 \right] = 35{,}7 \cdot 1{,}11 = 39{,}6 \approx 40\ т.$$

Если ограничиться измерением только собственно отказа (остаточной части отказа) и определять сопротивление по формуле Герсеванова 4(4) при $n = 150\ т/м^2$, то получим

$$P_{пр} = \frac{150 \cdot 0{,}09}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{4}{150 \cdot 0{,}09} \cdot \frac{2{,}5 \cdot 100}{2{,}01} \cdot \frac{2{,}5 + 0{,}2 \cdot 2}{2{,}5 + 2}} - 1 \right] =$$

$$= 6{,}75 \left[\sqrt{1 + 23{,}8} - 1 \right] = 6{,}75 \cdot 3{,}93 = 26{,}8\ т.$$

В случае забивки свай дизель-молотом в формулах 4(4) и 5(5) энергия удара молота, как указано в этом пункте, принимается по паспортным данным. Эта энергия соответствует максимальной высоте падения ударной части молота (до 2,5 *м*), труднодостижимой на практике, так как высота подъема цилиндра (ударной части) зависит от состояния оборудования (степени его изношенности, отсутствия нагара и т. п.), качества и степени чистоты топлива. Поэтому на практике рекомендуется пользоваться приведенными в табл. 6 величинами энергии удара, соответствующими средним условиям работы молота при заводских испытаниях. Средняя высота падения ударной части молота при определении отказа в процессе забивки и добивки принимается обычно в пределах 120—160 *см*.

Таблица 6

Расчетные величины энергии удара дизель-молотов

Марка дизель-молота	Вес ударной части молота	Энергия одного удара, *кГ/м*
С-222А	1,25	1130
С-268А	1,3	1470
С-330	2,5	1950

4.6. Проверка одиночных свай по деформациям, проверка по второму предельному состоянию, производится по результатам испытания свай статической нагрузкой.

При этом деформация одиночной сваи при нормативной нагрузке, определяемая по графику зависимости деформации сваи от нагрузки (см. рисунок), не должна превышать допускаемой величины деформации, заданной в проекте.

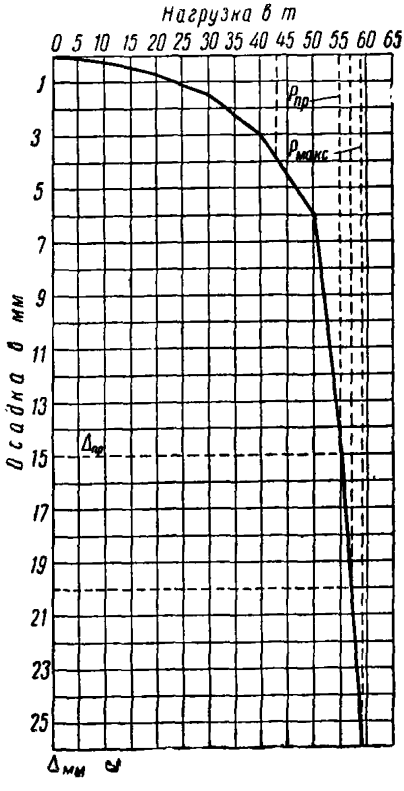

Рис. 4. График зависимости осадки сваи от нагрузки (к примеру 3)

К п. 4.6. Проверка одиночных свай по деформациям до последнего времени производилась в случаях воздействия на сваю горизонтальной или выдергивающей нагрузок (см. пояснения к пп. 4.7 и 4.8). Что касается проверки одиночных свай на осадку, то необходимость в этой проверке возникла лишь в связи с применением свай в фундаментах жилых зданий, где часто сваи забиваются под стенами в один ряд на достаточно больших расстояниях между собой.

Порядок проверки одиночных свай на осадку иллюстрируется следующим примером.

Пример 3. В проекте пятиэтажного здания на забивных железобетонных сваях предусмотрена максимальная допустимая осадка здания 20 *мм*.

Грунтовые условия: с поверхности на глубину 2 *м* — насыпной грунт (преимущественно суглинок), ниже, на глубину 6 *м* — суглинок в тугопластичном состоянии, подстилаемый твердой глиной.

Сваи длиной 6 *м*, поперечным сечением 30×30 *см* забиваются под стенами здания в один ряд на расстоянии 1,3 *м* друг от друга.

Нормативная нагрузка на сваю по проекту 43 *т*.

Результаты испытания свай статической нагрузкой показаны на рис. 4 в виде осредненного графика $\Delta = f(P)$.

Требуется произвести проверку свайного фундамента на осадку.

Так как сваи забиты в один ряд на достаточно больших расстояниях ($>4d$), мы вправе распространить результаты испытания одиночной сваи на работу всех свай фундамента.

По графику осадки сваи от нагрузки (рис. 4), составленному по результатам испытания, находим, что нагрузке на сваю в опыте 43 *т* соответствует осадка, равная 4 *мм*; так как осадка 4 *мм*<20 *мм* допустимой осадки по проекту, то, следовательно, проверку можно считать законченной.

Если есть уверенность, что результаты испытания пробной сваи можно распростанить без всяких ограничений на все сваи фундамента, причем было испытано несколько свай в разных пунктах фундамента здания, и результаты испытания оказались тождественными, то, основываясь на данных испытаний, можно повысить нагрузку на сваю.

Предельная нагрузка на сваю $P_{пр}$, как показано на графике (рис. 4), составляет 55 *т*, и соответственно этой нагрузке осадка $\Delta_{пр} = 15$ *мм* меньше заданной (20 *мм*).

Если размеры свай в проекте остаются прежними, то можно расположить сваи в фундаменте здания на больших расстояниях:

$$a = \frac{55 \cdot 1{,}3}{43} = 1{,}66 \text{ м}.$$

Если бы результаты испытания пробной сваи показали, что предельная нагрузка $P_{пр}$<43 *т* (например, 35 *т* при той же предельной осадке $\Delta_{пр} = 15$ *мм*), то

поступая аналогично предыдущему, нашли бы, что нормативная нагрузка на сваю должна быть уменьшена до 35 *т* и, следовательно, те же сваи должны быть забиты чаще на взаимных расстояниях

$$a = \frac{35}{43}\ 1{,}3 = 1{,}06\ м.$$

Используя приведенные выше данные, рассмотрим случай, когда заданная в проекте максимальная допустимая осадка мала (например, 2 *мм*). По графику испытания сваи (см. рис. 4) находим, что осадке, равной 2 *мм*, соответствует нагрузка в опыте $P' = 33$ *т*. Так как нагрузка по проекту превышает нагрузку в опыте, соответствующую заданной осадке ($43 > 33$ *т*), ее следует уменьшить и принять равной 33 *т* на сваю. Соответственно расчетная нагрузка на сваю в этом случае не должна превышать $P = 0{,}7 \cdot 1 \cdot 33 = 23$ *т*.

4.7. Расчетное сопротивление основания сваи $P_г$ в *т*, работающей на горизонтальную нагрузку, голова которой заделана в бетонный ростверк, определяется по формуле

$$P_г = \beta \frac{\Delta_г EI}{1000 l_0^3}, \qquad 6(6)$$

где

β — коэффициент, принимаемый в зависимости от плотности грунта (в пределах глубины заделки); для железобетонных свай β равна от 0,65 (для глинистых грунтов текучей консистенции) до 1,2 (для песков средней плотности); для деревянных свай соответственно β равна от 2 до 3;

$\Delta_г$ — горизонтальное перемещение сваи у поверхности грунта в *см*, заданное в проекте;

EI — жесткость поперечного сечения сваи в *кг* · *см*^{2};

E — модуль упругости материала сваи в *кг*/*см*^{2}, а I — момент инерции поперечного сечения сваи в *см*^{4}; для железобетонных свай, в которых появление трещин не допускается (см. п. 2.4), жесткость принимается равной 0,85 EI, а для свай в которых появление трещин допускается, жесткость определяется по указаниям раздела 9 главы СНиП II-В.1-62;

l_0 — глубина заделки сваи в грунт в *см*, принимаемая от 4,5d до 8d согласно табл. 7(5).

Расчетное сопротивление основания сваи, определяемое по формуле 6(6), рекомендуется уточнять по результатам испытаний свай на горизонтальную нагрузку, выполняемых в начале производства свайных работ.

К. п. 4.7. Расчет сваи на горизонтальную нагрузку производится исходя:

а) из расчетного сопротивления материала, сваи на изгиб по действующим нормам проектирования железобетонных или деревянных конструкций, рассматривая сваю, как балку, заделанную одним концом в грунт;

б) из расчетного сопротивления грунта основания по формуле 6(6); расчетное сопротивление P, определяемое по этой формуле, соответствует свае, голова которой заделана в бетонный ростверк, а нижний конец заделан в грунт; для свай со свободной головой расчетное сопротивление, определенное по формуле 6(6), должно быть уменьшено в 2—3 раза.

В формуле 6(6), выражающей изгиб свободной балки, заделанной одним концом, влияние грунта на деформацию верхней части сваи учитывается коэффициентом β.

Приближенные и не отличающиеся большой точностью результаты, полученные по формулам, вынуждают определять зависимость сопротивления сваи от перемещения при действии горизонтальных сил соответствующими испытаниями свай на горизонтальную нагрузку.

Поэтому расчетное сопротивление сваи, работающей на горизонтальную нагрузку, рекомендуется уточнять по результатам испытания сваи статической нагрузкой, а именно по графику перемещения головы сваи в зависимости от нагрузки. Образец графика показан на рис. 5. Задаваясь определенной величиной перемещения или допускаемой его величиной, указанной в проекте, по графику определяют нагрузку, соответствующую искомой величине расчетного сопротивления.

Порядок расчета сваи на горизонтальную нагрузку иллюстрируется следующим примером.

Пример 4. Требуется определить расчетное сопротивление основания железобетонной сваи длиной $L=10$ *м*, поперечным сечением $F=30\times40$ *см*, забитой на глубину $l=9{,}5$ *м*.

Грунтовые условия: ниже дна котлована (с отметки подошвы ростверка) залегает мягкопластичная глина толщиной слоя 1,5 *м*; ниже — суглинок тугопла-

стичный на глубину 6 *м*, подстилаемый пластом мелкого песка средней плотности.

Заданная (допускаемая) максимальная величина перемещения сваи в фундаменте $\Delta_г = 1{,}5$ *см*.

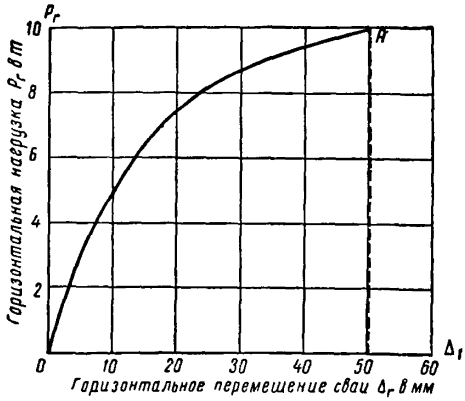

Рис. 5. График перемещения головы сваи $\Delta_г$ в зависимости от горизонтальной нагрузки $P_г$
A — излом сваи

При забивке большая сторона поперечного сечения свай была направлена в сторону действия горизонтальных сил. Момент инерции поперечного сечения сваи

$$I = \frac{ad^3}{12} = \frac{30 \cdot 40^3}{12} = 160\,000 \text{ см}^4.$$

Модуль упругости бетона сваи марки 800 принимаем $E = 315\,000$ *кг/см*^{2}.

По табл. 7(5), принимая во внимание грунт, мягкопластичную глину, залегающую непосредственно под подошвой ростверка, определяем $l_0 = 7d = 7 \times 40 = 280$ *см*.

Соответственно принимаем коэффициент $\beta = 0{,}8$, следовательно,

$$P_г = 0{,}8\,\frac{1{,}5 \cdot 315\,000 \cdot 160\,000 \cdot 0{,}85}{1000 \cdot 280^3} = 2{,}34 \text{ т}.$$

Если в пределах $l_0 = kd$ имеются два, три и более слоев различных грунтов, рекомендуется поступать следующим образом:

при толщине слоя грунта h' непосредственно под-

ростверком меньше $^1/_3$ соответствующего ему значения kd по табл. 7(5) $\left(h^1 < \frac{kd}{3}\right)$, то значение l_0 определяется по среднему значению для двух смежных слоев, т. е. непосредственно залегающего под ростверком и подстилающего его пласта; при $h^1 > \frac{kd}{3}$ значение l_0 принимается по слою грунта, залегающего непосредственно под ростверком. В тех редко встречающихся случаях, когда грунт, залегающий под ростверком, более плотный, нежели подстилающий его слой, причем $h^1 < \frac{kd}{2}$, то расчетная глубина заделки сваи в грунте l_0 определяется по более слабому слою грунта; при $h^1 > \frac{kd}{2}$ расчет величина l_0 производится по среднему значению kd обоих пластов.

4.8. Расчетное сопротивление основания сваи $P_в$ в *т*, работающей на выдергивание, определяется по формуле

$$P_в = km\,U\,\Sigma f_i^н\,l_i, \qquad 7(7)$$

где k, U, l_i — те же значения, что и в формуле 2(2);

m — коэффициент условий работы, принимаемый для свай, забиваемых в грунт на глубину до 4 *м* — $m=0{,}4$, а для свай, забиваемых в грунт на глубину 4 *м* и более — $m=0{,}6$;

$f_i^н$ — нормативное сопротивление i-го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи в *т*/*м*^{2}, принимаемое независимо от материала сваи по табл. 2(2).

Расчетное сопротивление основания сваи $P_в$ в *т* при использовании данных испытания свай статической нагрузкой на выдергивание определяется по формуле

$$P_в = km\,P_в^н, \qquad 8(8)$$

где k, m — те же значения, что и в формуле 2(2);

$P_в^н$ — нормативное сопротивление грунта основания сваи, работающей на выдергивание, принимаемое равным предельному сопротивлению при испытании на выдергивание.

Необходимость и количество испытаний свай на выдергивание устанавливаются проектной организацией.

К п. 4.8. Расчет свай на выдергивание производится исходя:

а) из расчетного сопротивления материала свай на растяжение по действующим нормам проектирования железобетонных и деревянных конструкций.

При этом следует иметь в виду, что железобетонные сваи, указанные в приложении, армированы из условия работы на осевую сжимающую нагрузку и, как показал опыт применения этих свай, в качестве анкерных при испытании свай, не во всех случаях удовлетворяют требованиям их работы на выдергивание (растяжение). Поэтому в случае их применения на выдергивание проверка свай на растяжение обязательна;

б) из расчетного сопротивления грунта основания $P_в$ по приведенной выше формуле 8(8), используя данные табл. 2(2).

При разработке рабочих чертежей свайного фундамента расчетное сопротивление сваи уточняется по опытным данным, используя графики выхода сваи из грунта от выдергивающего усилия, аналогичные графикам зависимости осадки сваи от нагрузки (см. пояснение к п. 4.4). В этом случае коэффициент условий работы принимается равным $m=1{,}0$.

Пример 5. Требуется определить расчетное сопротивление сваи на выдергивание.

Свая — железобетонная, длиной $L=19$ *м*, поперечным сечением $F=40\times40$ *см* забита на глубину 14,6 *м* в грунт, состоящий с поверхности на глубину 1,9 *м* — из насыпного грунта (преимущественно суглинка); ниже, на глубину 9 *м* — из суглинка тяжелого, ленточного, подстилаемого ниже тем же суглинком с включением гравия и щебня.

Результаты испытания этой сваи статической нагрузкой на выдергивание показаны на рис. 6 в виде графика выхода из грунта в зависимости от выдергивающей нагрузки.

Руководствуясь указаниями п. 4.4 «б» главы СНиП II-Б. 5-62, предельное сопротивление основания сваи выдергиванию следует принять согласно графику на рис. 6 равным: $P_{пр}=P^{I}_{в}=40$ *т*; $\Delta_{ь}=22{,}5$ *мм*. Следовательно, расчетное сопротивление этой сваи выдергиванию по формуле 8(8);

$$P_в = km P^{н}_{в} = 0{,}7\cdot1\cdot40 = 28\ т.$$

Определим для сравнения расчетное сопротивление выдергиванию той же сваи по формуле 7(7).

Ввиду отсутствия норматива $f_i^н$ для насыпного грунта принимаем таковой одинаковым с значением $f_1^н$ для нижележащего слоя суглинка, тяжелого ленточного ($B=0{,}4$).

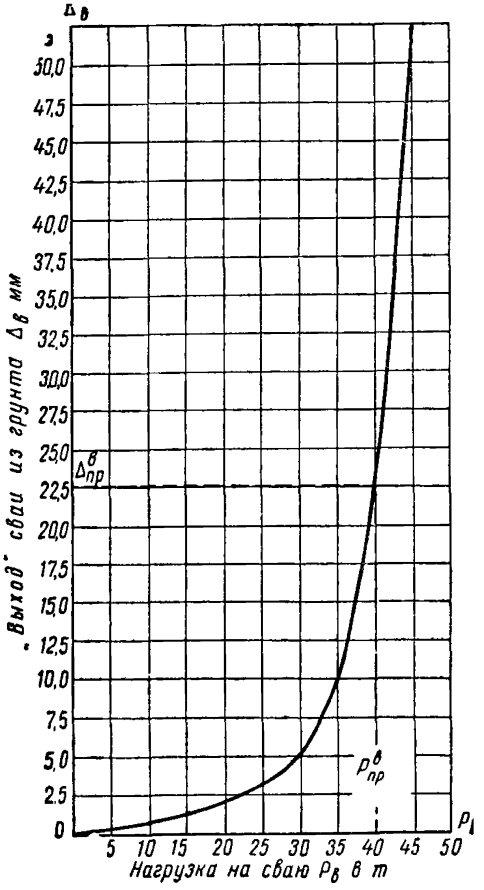

Рис. 6. График зависимости «выхода» сваи из грунта $\Delta_в$ от выдергивающей нагрузки $P_в$

Следовательно, $l_1=1{,}9+9=10{,}9$ *м*;

$l_1'=\frac{l_1}{2}=5{,}5$ *м*, по табл. 2 для $B=0{,}4$ находим $f_1^н=3$ *т/м²*.

Для нижележащего слоя того же суглинка с включением гравия и щебня ($B=0{,}3$)

$$l_2 = 14{,}6 - 10{,}9 = 3{,}7\ м;\ l_2' = l_1 + \frac{l_2}{2} = 10{,}9 + 1{,}85 = 12{,}75\ м;$$

$$f_2^н = \frac{4{,}6 + 5{,}1}{2} = 4{,}9\ т/м^2.$$

Расчетное сопротивление сваи выдергиванию по формуле 7(7)

$$P_в = kmU\,\Sigma f_i^н\, l_i = 0{,}7 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}6\,(10{,}9 \cdot 3 + 3{,}7 \cdot 4{,}9) = 0{,}67 \cdot 50{,}8 = 34\ т.$$

4.9. Глубина забивки одиночных свай определяется:

а) для свай-стоек — глубиной залегания опорного пласта прочного грунта;

б) для висячих свай — в зависимости от расчетной нагрузки на сваю и геологического строения основания. При неоднородных напластованиях грунта глубина забивки свай принимается из условия расположения нижних концов в толще более плотного грунта; в мостовых опорах глубина забивки свай в грунт должна быть не менее 4 *м*.

К п. 4.9. Глубина забивки свай зависит от двух основных факторов: расчетной нагрузки на сваю и грунтовых условий на месте ее забивки, определяющих сопротивление сваи.

Глубина забивки свай-стоек определяется глубиной залегания опорного пласта прочного грунта. Заглубление нижних концов свай в этот пласт зависит от физико-механических свойств грунта этого пласта и определяется проектным отказом.

Глубина забивки висячих свай, как правило, принимается из условия расположения нижних концов свай в толще возможно более плотного пласта грунта.

Заглубление свай в опорный пласт грунта обычно принимается:

а) в песках мелких и пылеватых, а также глинах и суглинках ($B \geqslant 0{,}4$) — не менее 2 *м*;

б) в песках средней крупности и средней плотности, а также в тугопластичных глинах и суглинках — не менее 1,5 *м*;

в) в песках крупных средней плотности, а также в полутвердых глинах и суглинках — не менее 1 *м*;

г) в песках гравелистых и крупнообломочных грунтах, а также в твердых глинах и суглинках ($B \leqslant 0$) — не менее 0,5 *м*.

Многочисленные испытания забивных свай показывают, что уплотнение грунта вокруг сваи и особенно вокруг ее нижнего конца, создаваемое забивкой, весьма значительно.

При проектировании свайных фундаментов всегда выгоднее пройти слабые грунты и дойти до пласта плотного грунта, хотя бы за счет большей глубины забивки сваи.

Это требование имеет особое значение в тех случаях, когда проектируемый свайный фундамент состоит из большого числа свай, располагаемых на малых расстояниях между осями свай.

Сваи мостовых опор, подвергающихся помимо вертикальных нагрузок также горизонтальным и динамическим нагрузкам, должны быть погружены в грунт не менее 4 *м*, считая от подошвы плиты ростверка или от отметки возможного максимального размыва грунта у опоры.

4.10. Длина свай определяется по глубине забивки их в грунт с учетом величины заделки верхней части свай в ростверк, принимаемой согласно указаниям п. 5.14 настоящих норм.

Примечания: 1. Длина свай назначается без учета длины их острия в нижнем конце.

2. Длина деревянных свай дополнительно увеличивается на 20 *см* (запас на размочаливание головы сваи при забивке).

К п. 4.10. Проектная длина свай определяется как сумма двух величин:

1) расчетной глубины забивки в грунт, включая глубину заделки ее нижнего конца в опорный пласт грунта;

2) величины заделки верхнего конца сваи в ростверк с учетом разбивки головы сваи после ее забивки для обнажения арматуры, сопрягаемой с арматурой ростверка.

При определении длины деревянных свай длина ее дополнительно увеличивается на 20 *см*, учитывая возможное размочаливание головы при забивке и ее периодическую срезку.

Окончательную длину сваи (вернее глубину ее забивки) рекомендуется устанавливать по результатам за-

бивки пробных свай в количестве не менее пяти на каждые 100 свай.

Как правило, забивка пробных свай производится в различных пунктах основания здания или сооружения с целью наиболее полного освещения грунтовых условий и условий производства свайных работ.

В сложных грунтовых условиях основание делится на участки, для каждого из которых устанавливается соответствующая глубина забивки, а следовательно, и длина свай.

4.11. Поперечное сечение свай принимается в зависимости от характера их работы, величины расчетных нагрузок и необходимости наилучшего использования материала сваи.

Поперечное сечение сваи назначается:

а) железобетонных — в соответствии с действующими типовыми чертежами конструкций свай, утвержденными в установленном порядке;

б) деревянных — в соответствии с сортаментом лесоматериалов по действующим государственным стандартам.

К п. 4.11. Поперечное сечение свай, работающих на сжимающую нагрузку, зависит от характера работы свай в грунте: сваи-стойки, сопротивление которых обусловлено сопротивлением грунта под нижним концом сваи, назначаются с возможно бо́льшим поперечным сечением; при этом следует, однако, учитывать условия забивки свай, т. е. возможность проходки сваей грунтов, лежащих над кровлей опорного пласта грунта; увеличение поперечного сечения висячих свай, сопротивление которых зависит главным образом от боковой поверхности и лишь частично от поперечного сечения нижнего конца, также желательно, так как при этом увеличивается площадь боковой поверхности, но принимается также из условия возможности забивки свай на принятую по расчету глубину.

Сваи, работающие преимущественно на горизонтальную нагрузку, назначаются с большим поперечным сечением, но с учетом возможности их забивки исходя из грунтовых напластований и имеющегося сваебойного оборудования. При этом рекомендуется принимать предварительно напряженные железобетонные сваи, обеспечивающие необходимую трещиностойкость или возможно меньшее раскрытие трещин при их деформа-

ции и, следовательно, обеспечивающие большую долговечность свай.

Во всех случаях при выборе размеров железобетонных свай, в том числе и поперечного сечения, руководствуются утвержденными типовыми чертежами конструкций свай.

При назначении поперечного сечения полых свай следует иметь в виду следующее.

Полые сваи, забиваемые с закрытым нижним концом, подчиняются общим требованиям, предъявляемым к сваям сплошного поперечного сечения.

Сопротивление (а следовательно, и размеры) полых свай, забиваемых с открытым нижним концом, определяется преимущественно грунтовыми условиями: при достаточно плотных грунтах и малом диаметре полости образующееся в процессе забивки грунтовое ядро практически обеспечивает работу полой сваи как сваи сплошного сечения; при слабых грунтах и большом диаметре полости уплотненное грунтовое ядро не образуется, а наблюдается лишь заполнение полости грунтом. Поэтому сопротивление такой сваи зависит во многом от сопротивления грунта опорного пласта.

Поперечное сечение деревянных свай назначается в соответствии с сортаментом лесоматериалов по действующим государственным стандартам.

4.12. Расчет трещиностойкости железобетонных свай (по образованию или по раскрытию трещин), а также прочности свай как изгибаемых элементов производится на усилия, возникающие только при подъеме свай на копер и при их транспортировании, по следующим расчетным схемам:

а) при подъеме свай на копер — за одну точку, удаленную от головы сваи на 0,294 L;

б) при транспортировании свай краном с помощью траверсы — за две точки, удаленные от концов на 0,207 L (где L — длина сваи).

Прочность и трещиностойкость свай при подъеме их на копер и транспортировании определяются от собственного веса с коэффициентом динамичности, равным $\kappa = 1{,}25$; при этом коэффициент перегрузки к собственному весу свай не учитывается.

К п. 4.12. Расчет железобетонных свай на прочность, как правило, не производится, и при необходимо-

сти размеры свай назначают, пользуясь утвержденными типовыми чертежами конструкций свай.

В настоящее время кроме утвержденного ГОСТ 10628—63 «Сваи забивные железобетонные сплошные квадратного сечения» имеются следующие альбомы типовых конструкций железобетонных свай, которыми рекомендуется пользоваться при проектировании:

1) предварительно напряженные железобетонные забивные сваи квадратного сечения длиной от 12 до 25 *м* («Типовые детали и конструкции зданий и сооружений серии ОФ-02-01»);

2) предварительно напряженные железобетонные забивные сваи квадратного сечения длиной от 5 до 25 *м* с арматурой из высокопрочной проволоки («Типовые детали и конструкции зданий и сооружений серии ОФ-02-02»).

Марки свай, размеры и показатели расхода бетона и арматуры приведены в приложении (таблицы 2, 3, 4).

Железобетонные и деревянные сваи, забивка которых по проекту намечается в труднопроходимых грунтах, например, содержащих прослойки гальки и гравия, плотные пески и пр., должны назначаться из числа типовых конструкций свай с стальными башмаками.

Конструкции железобетонных свай с башмаками включены в указанные выше типовые решения.

4.13. Толщина защитного слоя бетона для продольной арматуры железобетонных свай и ростверка должна быть не менее 30 *мм*.

4.14. Проектная марка бетона — по прочности на сжатие для изготовления железобетонных свай должна быть не ниже 200 и назначаться в зависимости от типа и марки сваи в соответствии с типовыми чертежами железобетонных свай.

К пп. 4.13 и 4.14. Содержание пунктов не требует особых пояснений.

4.15. Полые железобетонные сваи после их забивки в грунт заполняются песком или бетоном. Верхняя часть полости сваи в пределах зоны промерзания грунта заделывается бетонной пробкой.

Проектная марка бетона по прочности на сжатие для заполнения полых железобетонных свай должна быть не ниже 100.

К п. 4.15. Заполнение внутренней полости свай, забиваемых с открытым или закрытым нижним концом,

зависит от условий работы сваи в сооружении. В полых сваях, забиваемых в основаниях морских сооружений, заполнение полости производится с целью создания монолитности сваи-опоры и обеспечения от разрушения при повреждении стенки сваи от удара судна и пр.

4.16. Лесоматериал для деревянных свай должен применяться в соответствии с указаниями п. 3.7 настоящих норм.

Диаметр бревен в тонком конце должен быть для цельных и сращенных по длине свай не менее 18 *см*, а для пакетных свай не менее 16 *см*.

Примечание. Величина сбега бревен принимается не более 1 *см* на 1 *пог. м* бревна.

4.17. Расчет деревянных свай на прочность и расчет соединений сращенных и пакетных свай производится по действующим нормам проектирования деревянных конструкций и указаниям настоящих норм. Расчетное сопротивление сращенной деревянной сваи по материалу принимается в размере 90% от расчетного сопротивления целой сваи.

4.18. Сращенные деревянные сваи должны проектироваться с соблюдением следующих требований:

а) по длине сращенной сваи должно быть не более одного стыка;

б) усилие, действующее по оси сваи, должно передаваться через торцы с тщательной пригонкой бревен друг к другу и перекрытием стыка накладками или муфтами из труб и т. п. на болтах, обеспечивающих его жесткость;

в) толщина сращиваемых бревен на месте стыка должна быть не менее 20 *см*.

4.19. Пакетные деревянные сваи должны проектироваться с учетом имеющегося на строительстве сортамента лесных материалов и с соблюдением п. 4.18 настоящих норм, а также следующих требований:

а) стыки бревен или брусьев размещаются вразбежку с расстоянием между ними не менее 1,5 *м*;

б) стальные накладки, перекрывающие стык, должны быть соединены болтами в количестве не менее двух болтов с каждой стороны стыка свай.

4.20. При проектировании свай и ростверков из консервированной древесины следует избегать врубок, отверстий для болтов и других ослаблений сечения, прорезывающих пропитанную антисептиком зону. В противном случае в рабочих чертежах свай должны быть

указаны меры последующей защиты древесины от гниения.

Примечание. Места повреждения консервированной древесины рекомендуется покрывать слоем каменноугольной смолы.

К пп. 4.16—4.20. Текст, изложенный в этих пунктах, не требует особых пояснений. Следует, однако, отметить, что в тех случаях, когда сращенные деревянные сваи в фундаменте здания или сооружения работают на горизонтальные нагрузки, стыки свай после погружения должны находиться в грунте на глубине не менее 2 *м* от поверхности грунта, находящегося под подошвой ростверка. При этом стыки смежных погруженных свай должны располагаться на расстоянии не менее 0,75 *м* один от другого по длине сваи. Эти дополнительные требования обусловлены экспериментальными исследованиями работы сращенных свай в различных грунтах.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ И ИХ ОСНОВАНИЙ

5.1. Свайные фундаменты рассчитываются в соответствии с указаниями пп. 2.1—2.5 настоящих норм.

Расчетные нагрузки на свайный фундамент задаются равнодействующей вертикальных сил N и моментом M или горизонтальной силой H, действующей в плоскости подошвы ростверка.

К п. 5.1. Содержание пункта не требует особых пояснений. Сбор нагрузок, действующих на фундамент здания или сооружения, производится в соответствии с принятой для расчета их статической схемой.

Величины нормативных нагрузок на свайный фундамент определяются с учетом указаний главы СНиП II-А.10-62 «Строительные конструкции и основания. Основные положения проектирования» и СНиП II-А.11-62 «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования».

В тех случаях когда точка приложения горизонтальной силы задана выше подошвы ростверка, эта сила по общим правилам строительной механики переносится в плоскость подошвы ростверка с добавлением соответствующего момента.

5.2. Расчетная нагрузка на сваю в свайном фундаменте, нормальная к плоскости подошвы ростверка $P_ф$ определяется по формуле

$$P_{\Phi} = \frac{N}{n} \pm \frac{M_x y}{\Sigma y_i^2} \pm \frac{M_y x}{\Sigma x_i^2} \leqslant P, \qquad 9(9)$$

где N, M_x, M_y — соответственно расчетная нормальная сжимающая сила в *т* и расчетные моменты в *м* относительно главных осей в плоскости подошвы ростверка свайного фундамента;

n — число свай в свайном фундаменте;

x_i, y_i — расстояния в *м* от главных осей свайного фундамента в плане до оси каждой сваи;

x, y — расстояния в *м* от главных осей свайного фундамента в плане до оси сваи, для которой вычисляется нормальная нагрузка;

P — наименьшее значение расчетного сопротивления сваи по материалу сваи или по грунту основания в *т*, определяемое по указаниям пп. 4.2—4.5 настоящих норм.

Примечание. При кратковременно действующих нагрузках (краны и т. п.) допускается перегрузка крайних свай фундамента в размере до 20% расчетного сопротивления их.

К п. 5.2. При проектировании свайных фундаментов, как правило, необходимо выполнение следующих основных требований:

1) равномерное (по возможности) распределение нагрузки от сооружения между всеми сваями фундамента;

2) расчетная нагрузка, приходящаяся на наиболее загруженную сваю в фундаменте, не должна превышать расчетного сопротивления свай.

Выполнение первого требования зависит от величины и способа приложения расчетных нагрузок на фундамент; при равномерной нагрузке на ростверк свайного фундамента или центрально приложенной к нему вертикальной силы N нагрузка принимается одинаковой для всех свай в фундаменте. При внецентренном приложении равнодействующей вертикальных сил N, а также при наличии моментов и горизонтальных сил наиболее нагруженными нормально к ростверку сваями будут крайние сваи фундамента, ближайшие к точке приложения действующих сил.

Ростверк свайного фундамента, как правило, рассматривается как жесткий ростверк, и, следовательно, при осадке фундамента нагрузка на сваи распределяется по линейному закону.

Определяемая по формуле 9(9) расчетная нагрузка на сваю в свайном фундаменте $P_ф$ должна быть меньше или равна расчетному сопротивлению сваи, определяемому по прочности материала сваи или по грунту основания так, как это указано ранее в пп. 4.2—4.5.

При наличии кратковременно действующих нагрузок (краны, давление ветра, волны и пр.) допускается перегрузка не свыше 20% крайних свай фундамента. Определение расчетной нагрузки $P_ф$ иллюстрируется следующим примером.

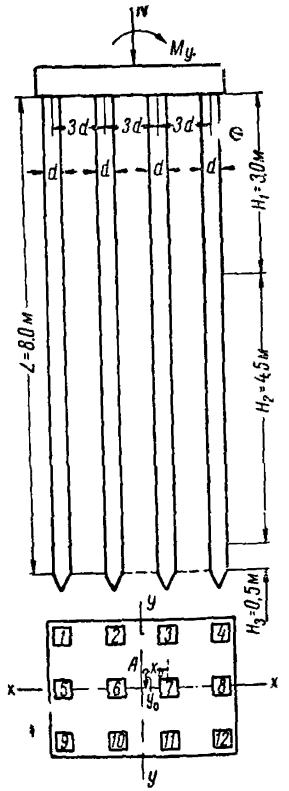

Рис. 7. План и поперечный разрез свайного фундамента (к примеру 6)

Пример 6. Свайный фундамент под колонну промышленного здания запроектирован в виде куста из 12 железобетонных свай длиной $L=8{,}5$ *м*, поперечным сечением $F=30\times 30$ *см*. Сваи в фундаменте расположены в три ряда по четыре сваи в каждом ряду.

Расстояние между сваями (в осях) $a=0{,}9$ *м*. Глубина забивки свай в грунт от подошвы ростверка $l=8$ *м*.

Нагрузка, действующая на свайный фундамент, — вертикальная сила $N=360$ *т*, приложенная в точке A ростверка, находящейся на расстоянии $x_0=40$ *см* и $y_0=20$ *см* от главных осей $x—x$ и $y—y$ (рис. 7).

Грунтовые условия с отметки котлована (подошвы ростверка): на глубину 2 *м* от дневной поверхности залегает мягкопластичная глина ($B=0{,}5$) толщиной слоя $H_1=3$ *м*; ниже, на глубину 4,5 *м* залегает слой тугопластичной глины ($B=0{,}4$), подстилаемый пластом крупного песка сред-

ней плотности, разведанным на глубину 6 *м*.

Требуется определить максимальную и минимальную нагрузки на сваю в фундаменте колонны.

Заменяем внецентренное действие вертикальной силы на фундамент силой N, приложенной в геометрическом центре ростверка (на пересечении осей x—x и y—y), и двумя изгибающими моментами:

$$M_x = Ny_0 = 360 \cdot 0{,}2 = 72 \ т \cdot м \text{ и } M_y = Nx_0 = 360 \cdot 0{,}4 = 144 \ т \cdot м.$$

Определяем значения величин, входящих в формулу 9(9). Расстояние каждой сваи куста от главных осей x—x и y—y:

$$y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = y_9 = y_{10} = y_{11} = y_{12} = 0{,}9 \ м,$$

$$x_1 = x_5 = x_9 = x_4 = x_8 = x_{12} = 1{,}35 \ м; \ x_2 = x_6 = x_{10} = x_3 = x_7 = x_{11} = 0{,}45 \ м.$$

Сумма квадратов расстояний каждой сваи от главных осей ростверка

$$\Sigma y_i^2 = 8 \cdot 0{,}9^2 = 6{,}48 \ м^2; \ \Sigma x_i^2 = 6 \cdot 1{,}35^2 + 6 \cdot 0{,}45^2 = 12{,}1 \ м^2.$$

Наиболее нагруженными, очевидно, будут те сваи, которые находятся на меньшем расстоянии от точки приложения силы, т. е. сваи № 4, 3, 8, 7 и соответственно наименее нагруженными — сваи № 9, 5, 10, 6.

Определяем расчетные нагрузки на сваи в фундаменте по формуле 9(9):

$$P_ф = \frac{360}{12} \pm \frac{72x}{6{,}48} \pm \frac{144}{12{,}1},$$

где x и y — расстояние оси каждой сваи от главных осей ростверка в плане.

Таким образом, находим:
расчетная нагрузка на крайнюю (угловую) сваю № 4

$$P_4 = \frac{360}{12} + \frac{72 \cdot 0{,}9}{6{,}48} + \frac{144 \cdot 1{,}35}{12{,}1} = 30 + 10 + 16 = 56 \ т;$$

то же, для наименее нагруженной сваи № 9

$$P_9 = \frac{360}{12} - \frac{72 \cdot 0{,}9}{6{,}48} - \frac{144 \cdot 1{,}35}{12{,}1} = 30 - 10 - 16 = 4 \ т;$$

нагрузка на две другие угловые сваи (№ 1 и 12)

$$P_1 = 30 + 10 - 16 = 24 \text{ т} \text{ и } P_{12} = 30 - 10 + 16 = 36 \text{ т}.$$

Расчетное сопротивление сваи по сопротивлению грунта основания определяем по формуле 2(2):

$$P = km\left(R^{\text{н}}F + U\Sigma f_i^{\text{н}} l_i\right),$$

где $F=0{,}09$ м²; $U=4 \cdot 0{,}3=1{,}2$ м; по табл. 1 для песка средней крупности и средней плотности на глубину $2+8=10$ м находим $R^{\text{н}}=680$ т/м².

По табл. 2(2) находим:

для мягкопластичной глины ($B=0{,}5$): $f_1^{\text{н}}=2{,}1$ т/м²; $l_1=3$ м;

для тугопластичной глины ($B=0{,}4$): $f_2^{\text{н}}=3{,}2$ т/м²; $l_2=4{,}5$ м;

для песка средней крупности и плотности: $f_3^{\text{н}}=6{,}5$ т/м²; $l_3=0{,}5$ м.

Следовательно,

$$P = 0{,}7 \cdot 1\,[680 \cdot 0{,}09 + 1{,}2\,(2{,}10 \cdot 3 + 3{,}2 \cdot 4{,}5 + 6{,}5 \cdot 0{,}5)] = \\ = 0{,}7\,(61 + 28{,}8) = 63 > 56 \text{ т}.$$

Хотя расчетное сопротивление сваи в фундаменте колонны превышает (на 1%) максимальную нагрузку на сваю и, следовательно, включает некоторый запас, тем не менее проект свайного фундамента нельзя признать удачным, вследствие значительной разницы в нагрузках на отдельные сваи.

Если положение фундамента и точка приложения нагрузки не вызваны какими-либо производственными или конструктивными условиями, например расположением колонн или фундаментами под оборудование и т. п., то свайный фундамент следует перепроектировать в направлении уменьшения эксцентрицитета приложения нагрузки.

В рассматриваемом случае можно, например, исключить один ряд свай (сваи № 1, 5, 9), что позволит передвинуть геометрический центр ростверка вправо на 45 см. Ось $y-y$ в этом случае совпадает с осью ряда свай № 3, 7, 11.

Соответственно координаты точки приложения силы будут: $y_0=20$ см и $x_0=5$ см, а следовательно, $M_y = N x_0 = 360 \times 0{,}05 = 18$ тм и $M_x = 360 \times 0{,}2 = 72$ тм.

Сохраняя нумерацию свай, показанную на рис. 7, находим

$$y_2 = y_3 = y_4 = y_{10} = y_{11} = y_{12} = 0{,}9 \text{ м};$$

$$x_2 = x_6 = x_{10} = x_4 = x_8 = x_{12} = 0{,}9 \text{ м}.$$

Наиболее нагруженными сваями в новом фундаменте будут сваи № 2, 3, 6 и наименее нагруженными — сваи № 12, 11, 8.

Расчетная нагрузка на сваю определяется по формуле 9(9):

$$P_\Phi = \frac{360}{9} \pm \frac{72y}{4{,}86} \pm \frac{18x}{4{,}86}.$$

Расчетная нагрузка на сваю № 2

$$P_2 = \frac{360}{9} + \frac{72 \cdot 0{,}9}{4{,}86} + \frac{18 \cdot 0{,}9}{4{,}86} = 40 + 13{,}3 + 3{,}3 = 56{,}7 < 63 \text{ т}.$$

Расчетная нагрузка на сваю № 12

$$P_{12} = \frac{360}{9} - \frac{72 \cdot 0{,}9}{4{,}86} - \frac{18{,}09}{4{,}86} = 40 - 13{,}3 - 3{,}3 = 23{,}3 \text{ т}.$$

Следовательно, в новом фундаменте не только сокращено число свай на 25%, но и достигнуто лучшее распределение нагрузки между отдельными сваями.

Исключение средней сваи (№ 7) фундамента приводит к дальнейшему улучшению проекта, увеличивая нагрузку на наиболее нагруженную сваю (№ 2) до $61{,}6 < 68$ *т* и на наименее нагруженную сваю до 28,3 *т*.

5.3. Расчетное сопротивление свайного фундамента из свай-стоек определяется как сумма расчетных сопротивлений всех свай, входящих в фундамент.

Примечание. Расчет свайного фундамента из свай-стоек и его основания по деформациям (по осадкам) не производится.

К п. 5.3. Свайный фундамент из свай-стоек рассматривается как ростверк — плита на отдельных опорах-стойках, опирающихся на пласт грунта в плоскости нижних концов свай (опорный пласт).

Основанием для свайного фундамента из свай-стоек принимается только опорный пласт грунта, в который нижние концы свай заглублены или на который оперты; грунт, окружающий сваи, принимается неработающим (см. пояснения к п. 4.2).

Расстояние между сваями-стойками определяется общей нагрузкой на фундамент, расчетной нагрузкой на сваю и свойствами грунта, лежащего выше опорного пласта.

Независимость сопротивления свай-стоек от рассто-

яния между ними позволяет лучше использовать их несущую способность при внецентренной нагрузке.

В этом случае распределение свай под ростверком может быть выполнено в соответствии с эпюрой нагрузки (см. п. 5.1) на фундамент, причем расстояния между рядами свай или отдельными сваями могут быть неравными.

Минимальное расстояние между сваями в этом случае принимается в зависимости от условий забивки, т. е. от степени уплотнения грунта в процессе забивки, и принимается, как правило, не менее $2d$ между осями свай, где d — диаметр или сторона поперечного сечения сваи.

Поскольку опорный пласт грунта рассматривается как жесткое основание, расчет по деформациям (на осадку) не требуется. Расчет свайного основания из свай-стоек и размещение свай в плане фундамента иллюстрируются примером.

Пример 7. Для условий примера 6, приведенного в предыдущем пункте, но в предположении залегания в плоскости нижних концов свай крупнообломочных плотных грунтов, находим нормативное сопротивление грунта в плоскости нижних концов свай согласно табл. 1(1) (примечание 3) $R^н = 2000$ *т/м*^{2}. Следовательно, расчетное сопротивление основания сваи

$$P = km R^н F = 0{,}7 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 0{,}09 = 126 \text{ т}.$$

Расчетное сопротивление основания свайного фундамента из восьми свай-стоек

$$\sum_1^8 P = 8 \cdot 128 = 1008 \text{ т}.$$

При внецентренном приложении этой максимальной для фундамента нагрузки размещение свай-стоек в плане должно быть выполнено в соответствии с эпюрой напряжений в основании, но при условии, чтобы наибольшая нагрузка на сваю не превышала 126 *т*. При этом предполагается, что сопротивление сваи по материалу превышает сопротивление сваи по грунту основания.

5.4. Расчет свайного фундамента из висячих свай и его основания производится:

а) отдельных свай, входящих в фундамент по максимальной нагрузке, определяемой по формуле 9(9) и по сопротивлению свай в грунте, определяемому согласно указаниям п. 4.3—4.5·

б) по деформациям (по осадкам) основания всего свайного фундамента, рассматриваемого как условный сплошной массив в виде призмы с вертикальными гранями, включающей грунт и сваи, с соблюдением условия, выражаемого формулой 10(10); при этом контуры условного массива определяются:

сверху — поверхностью планировки грунта;

с боков — вертикальными плоскостями;

снизу — плоскостью в уровне нижних концов свай в границах, определяемых пересечением с этой плоскостью наклонных под углом $\frac{\varphi_{ср}}{4}$ к вертикали линий, проведенных от наружного контура свайного куста в уровне подошвы ростверка (при наличии наклонных свай — нижняя граница условного массива определяется концами этих свай):

$$\frac{N^{н}}{F_{м}} + \frac{M^{н}}{W_{м}} \leqslant R^{н}_{ест}, \qquad 10(10)$$

где $N^{н}$ — вертикальная составляющая нормативных нагрузок на свайный фундамент к плоскости его подошвы с учетом веса условного массива, включающего грунт и сваи;

M^{1} — момент относительно центра тяжести в уровне подошвы свайного фундамента от нормативных нагрузок;

$F_{м}$ и $W_{м}$ — площадь и момент сопротивления условного массива в уровне его подошвы;

$R^{н}_{ест}$ — нормативное давление на грунт — основание условного массива в уровне его подошвы, принимаемое по действующим нормам проектирования естественных оснований зданий и сооружений различного назначения;

$\varphi^{н}_{ср}$ — средневзвешенное нормативное значение угла внутреннего трения грунта, равное

$$\varphi^{н}_{ср} = \frac{\varphi^{н}_{1} l_1 + \varphi^{н}_{2} l_2 + \ldots + \varphi^{н}_{n} l_n}{l};$$

$\varphi^{н}_{1}, \varphi^{н}_{2}, \ldots, \varphi^{н}_{n}$ — нормативные значения углов внутреннего трения для отдельных пройденных сваями

слоев грунта толщиной соответственно l_1, l_2, . . ., l_n;

l — глубина погружения свай в грунт, считая от подошвы ростверка, равная $l=l_1+l_2+\ldots+l_n$.

К п. 5.4. Расчет фундаментов из висячих свай включает два вида расчетов:

а) расчет отдельных свай, входящих в конструкцию свайного фундамента;

б) расчет свайного фундамента в целом, т. е. включая сваи и грунт, заключенный между сваями, и грунт, окружающий свайный фундамент.

Расчет свай по сопротивлению материала сваи и расчет свай по сопротивлению грунта основания приведены в разделе 4 СНиП II-Б.5-62; формула 9(9), приведенная выше, дает возможность определить расчетную нагрузку, приходящуюся на каждую сваю в фундаменте при воздействии на него внецентренно приложенной нагрузки или при воздействии на фундамент вертикальных сил и моментов.

Расчет свайного фундамента производится в предположении, что сваи и заключенный между сваями грунт представляют собою одно целое — условный массив, оказывающий давление на нижележащие пласты грунта, залегающие ниже уровня нижних концов свай. Сопротивление грунта срезу по боковым поверхностям этого условного массива не учитывается, но взамен этого площадь его подошвы увеличивается на величину, определяемую наклоном боковых граней условного массива под углом $\frac{\varphi^{н}_{ср}}{4}$ к вертикали.

Если проектируемый свайный фундамент включает наклонные сваи, причем угол наклона свай не превышает $\frac{\varphi^{н}_{ср}}{4}$, то расчет производится во всем аналогично расчету фундамента из вертикальных свай (см. ниже пример расчета).

В том случае, когда угол наклона крайних свай фундамента превышает $\frac{\varphi^{н}_{ср}}{4}$, расчетная площадь фундамента условного массива в уровне его подошвы определяется проекцией этих наклонных свай.

Во всем остальном расчет производится так же, как и расчет фундамента из вертикальных свай.

Порядок расчета иллюстрируется следующим примером.

Пример 8. Свайный фундамент под колонну запроектирован в виде куста из 12 железобетонных свай. Длина свай $L=6{,}5$ *м*; поперечное сечение $F=30\times30$ *см*; расстояние между осями свай в кусте $a=3d=90$ *см*. Глубина забивки сваи $l=6$ *м*. Сваи размещаются в плане фундамента в четыре ряда по три сваи в ряду (рис. 8).

Нагрузка на фундамент от сооружения задана в виде вертикальной силы $N=420$ *т* с эксцентрицитетом по отношению к геометрическому центру ростверка (точка пересечения осей $x—x$ и $y—y$), $x_0=5$ *см*, $y_0=10$ *см*.

Грунтовые условия: с поверхности котлована на глубину $H_1=4$ *м* залегает слой мягкопластичного суглинка, ниже — тугопластичная глина, разведанная на глубину до 15 *м*. Глубина котлована от дневной поверхности грунта — 3 *м*.

Физико-механические свойства грунтов стройплощадки характеризуются следующими данными:

суглинок мягкопластичный — объемный вес $\gamma=1{,}8$ *т/м*^{3}, угол внутреннего трения $\varphi_н=14°$, коэффициент пористости $\varepsilon=0{,}85$, коэффициент консистенции $B=0{,}6$;

глина тугопластичная — соотвественно $\gamma=2$ *т/м*^{3}, $\varphi^н=24°$, $B=0{,}3$, $\varepsilon=0{,}55$, $c=4$ *т/м*^{2}. Требуется проверить запроектированный свайный фундамент по сопротивлению грунта основания в уровне нижних концов свай.

1. Предварительно определяем расчетные нагрузки на отдельные сваи, входящие в фундамент.

Нагрузку на фундамент в виде внецентренно приложенной силы $N=420$ *т* заменяем вертикальной силой $N=420$ *т*, приложенной к ростверку фундамента в его геометрическом центре, и двумя изгибающими моментами, действующими по осям $x—x$ и $y—y$; M_x (относительно оси $y—y$) $=420\cdot0{,}1=42$ *тм* и M_y (относительно оси $x—x$) $=420\cdot0{,}05=21$ *тм*.

Определяем величины, входящие в формулу 9(9);

$$\Sigma x_i^2 = 6\,(1{,}35^2 + 0{,}45^2) = 12{,}15\ м^2;$$

$$\Sigma y_i^2 = 8\cdot0{,}9^2 = 6{,}48\ м^2.$$

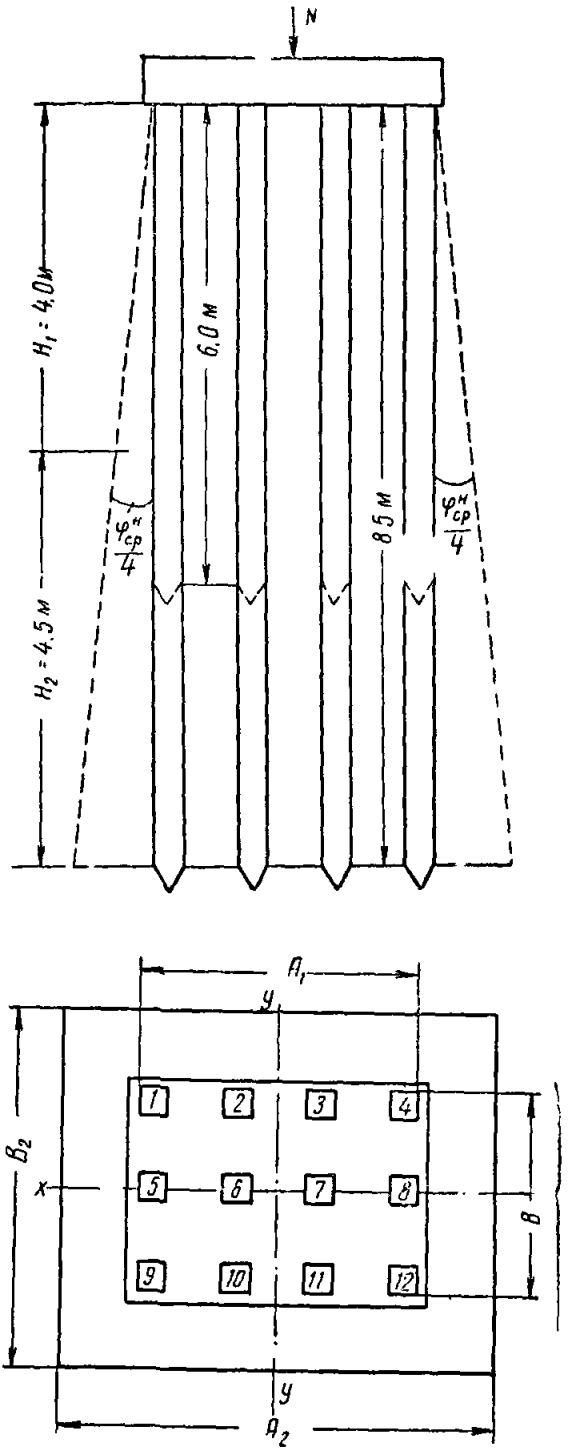

Рис. 8. План и поперечный разрез свайного фундамента к примеру 8

Наибольшая нагрузка на угловую сваю (№ 4):

$$P_4 = \frac{420}{12} + \frac{42 \cdot 1,35}{12,15} + \frac{21 \cdot 0,9}{6,48} = 35 + 4,67 + 2,93 = 42,6 \text{ т}.$$

Наименьшая нагрузка на сваю (№ 9):

$$P_9 = \frac{420}{12} - \frac{42 \cdot 1,35}{12,15} - \frac{21 \cdot 0,9}{6,48} = 35 - 4,67 - 2,93 = 27,4 \text{ т}.$$

Определяем расчетное сопротивление основания сваи по формуле 2(2):

$$P = km(R^{\text{н}}F + U\Sigma f_i^{\text{н}} l_i),$$

где применительно к рассматриваемому фундаменту:

$$F = 0,09 \text{ м}^2; \; U = 1,2 \text{ м};$$

$R^{\text{н}} = 340$ т/м² (для глубины $3 + 6 = 9$ м; $B =$ $= 0,3$ по табл. 1);

$f_1^{\text{н}} = 1$ т/м² (для глубины $3 + 4/2 = 5$ м; $B = 0,6$);

$$l_1 = 4 \text{ м};$$

$f_2^{\text{н}} = 4,4$ т/м² (для глубины $3 + 4 + 2/2 = 8$ м; $B =$ $= 0,3$); $l_2 = 2$ м;

$$P = 0,7 \cdot 1 [340 \cdot 0,09 + 1,2 \; (1 \cdot 4 + 4,4 \cdot 2)] = 0,7 (30,6 + + 15,3) = 32,1 < 42,6 \text{ т}.$$

Так как расчетная нагрузка на крайнюю сваю в фундаменте превышает расчетное сопротивление основания сваи, то фундамент следует перепроектировать.

Расширение свайного фундамента за счет увеличения количества свай не всегда возможно по условиям располагаемых вблизи фундаментов оборудования, приямков и других различных устройств, связанных с технологическим процессом предприятия.

В рассматриваемом случае такое расширение за счет увеличения числа свай нецелесообразно и не даст большого эффекта, так как в верхней зоне залегает слабый грунт в виде мягкопластичной глины.

Наиболее целесообразным будет увеличение глубины забивки свай в грунт, а следовательно, увеличение длины свай.

Принимаем для пересчета глубину забивки сваи $l = 8,5$ м и, следовательно, длину сваи $L = 9$ м.

Аналогично предыдущему определяем расчетное сопротивление основания сваи длиной 9 *м;*

$R^{н}$ (для глубины $3 + 8{,}5 = 11{,}5$ *м*; $B = 0{,}3$); $R^{ч} = 365$ *т/м*²;

$$f_1^{н} = 1 \text{ т/м}^2;\ l_1 = 4 \text{ м};$$

$f_2^{н}$ (для глубины $3 + 4 + \frac{4{,}5}{2} = 9{,}25$ *м*; $B = 0{,}3$);

$$f_2^{н} = 4{,}52 \text{ т/м}^2;$$

$$l_2 = 4{,}5 \text{ м};$$

$$P = 0{,}7 \cdot 1\,[365 \cdot 0{,}09 + 1{,}2\,(1 \cdot 4 + 4{,}52 \cdot 4{,}5)] =$$

$$= 0{,}7\,(32{,}9 + 29{,}2) = 43{,}5 > 42{,}6,$$

что удовлетворяет требованиям п. 5.2 главы СНиП II-Б.5-62.

2. Проверяем сопротивление грунта основания в плоскости нижних концов свай фундамента.

Предварительно определяем все необходимые данные для расчетной формулы 10(10).

Среднее значение

$$\varphi_{ср}^{н} = \frac{\varphi_1^{н} l_1 + \varphi_2^{н} l_2}{l_1 + l_2} = \frac{14 \cdot 4 + 24 \cdot 4{,}5}{4 + 4{,}5} = 19°3'.$$

Следовательно,

$$\frac{\varphi_{ср}^{н}}{4} = \frac{19°3'}{4} = 4°8' \approx 5°.$$

$$\operatorname{tg} 5° = 0{,}0875.$$

Размеры свайного ростверка в пределах периметра куста свай: $A_1 = 3\ 0{,}9 + 0{,}3 = 3$ *м*; $B_1 = 2 \cdot 0{,}9 + 0{,}3 = 2{,}1$ *м*.

Размеры опорной площади условного массива, включающего грунт и сваи:

$$A_2 = A_1 + 2l \operatorname{tg} 5° = 3 + 2 \cdot 8{,}5 \cdot 0{,}0875 = 3 + 1{,}49 = 4{,}49 \text{ м};$$

$$B_2 = B_1 + 2l \operatorname{tg} 5° = 2{,}1 + 2 \cdot 8{,}5 \cdot 0{,}0875 = 2{,}1 + 1{,}49 = 3{,}59 \text{ м};$$

$$F_м = A_2 B_2 = 4{,}49 \cdot 3{,}59 = 16{,}1 \text{ м}^2.$$

Объем условного массива

$$V = F_м l = 16{,}1 \cdot 8{,}5 = 137 \text{ м}^3.$$

Среднее значение объемного веса $\gamma_{ср} = \frac{1{,}8 \cdot 4 + 2 \cdot 4{,}5}{8{,}5} =$

$= 1{,}91$ *т/м*³

(разницей в объемном весе материала свай и грунта — пренебрегаем).

Вес условного массива $G=V_{ср}\gamma=137\cdot1{,}91=260{,}1\ т\approx\approx260\ т$.

Следовательно, вертикальная составляющая нормативных нагрузок на свайный фундамент к плоскости его подошвы в уровне нижних концов свай

$$G+N=N^{н}=420+260=680\ т.$$

Момент сопротивления условного массива в уровне его подошвы $W_{м}$, или, что то же, его расчетной площади $F_{м}$ будет:

$$W_{м}=\frac{B_2A_2^2}{6};\quad W_{м}=\frac{3{,}59\cdot4{,}49^2}{6}=12{,}05\ м;$$

$$M^{н}=M_x=42\ т\cdot м,$$

Давление на грунт свайного фундамента по формуле 10(10)

$$\frac{N^{н}}{F_{м}}+\frac{M^{н}}{W_{м}}=\frac{680}{16{,}1}+\frac{42}{12{,}05}=42{,}3+3{,}5=45{,}8\ т/м^2.$$

Согласно п. 5.10 главы СНиП II-Б.1-62 нормативное давление на грунт основания условного массива в уровне его подошвы определяется по формуле

$$R^{н}_{ест}=(Ab+Bh)+DC^{н}.$$

Для рассматриваемого пласта — тугопластичной глины — $\varphi^{н}=24°$, следовательно, по табл. 7(5) $A_2=0{,}72$; $B=3{,}87$;

$$D=6{,}45;\ b=B_2=3{,}59\ м;\ h=3+8{,}5\ м=11{,}5\ м;$$

$$\gamma_0=\gamma_2=2\ т/м^3;\ C^{н}=4\ т/м^2,\ \text{откуда}$$

$$R^{н}_{ест}=(0{,}72\cdot3{,}59+3{,}87\cdot11{,}5)\,2+6{,}45\cdot4=$$

$$=94{,}2+25{,}8=120\ т/м^2.$$

Следовательно, полученное значение $R^{н}_{ест}=120\ т/м^2$ удовлетворяет требованиям п. 5.4, так как

$$\frac{N^{н}}{F_{м}}+\frac{M^{н}}{W_{м}}=45{,}8<120\ т/м^2.$$

При расчете по деформациям, т. е. на осадку свайного фундамента, контуры условного массива, заменяющего собой свайный фундамент, определяются так же, как указано выше.

5.5. Осадка свайного фундамента из висячих свай принимается равной осадке одиночной сваи, установленной результатами испытания свай статической нагрузкой в тех же грунтовых условиях, в которых находится свайный фундамент, при соблюдении одного из следующих условий:

1) расстояние между осями свай в плоскости нижних концов равно или более $6d$, где d — диаметр круглого или сторона квадратного, либо большая сторона прямоугольного поперечного сечения сваи;

2) число свай в основании не более четырех;

3) число продольных рядов свай не более трех, а отношение сторон ростверка в плане более 5.

Расчет осадок свайных фундаментов во всех остальных случаях производится согласно п. 5.6 настоящих норм.

5.6. Расчет осадок свайных фундаментов из висячих свай производится аналогично расчету осадок обычного фундамента; при этом контуры условного массива, заменяющего свайный фундамент, определяются согласно п. 5.4 «б» главы СНиП II-Б.5-62.

Расчетные величины осадки свайных фундаментов не должны превышать предельно допустимых значений, устанавливаемых в задании на проектирование, а при отсутствии таковых — осадок, указанных в действующих нормах проектирования естественных оснований зданий и сооружений различного назначения.

К пп. 5.5 и 5.6. При проектировании свайных фундаментов основным вопросом является расчет осадок, так как опыт показывает, что напряжения в материале сваи в процессе эксплуатации зданий или сооружений на свайных фундаментах почти никогда не достигают предельного значения. В системе свая — грунт слабейшим звеном преимущественно является грунт, чем и обусловлен принятый в СНиП метод расчета свайных фундаментов по деформациям.

Осадка фундамента из свай-стоек обусловливается в основном упругими деформациями ствола сваи и упругими деформациями подстилающего слоя опорного пласта грунта. В фундаментах этого типа сваи, связанные поверху ростверком, представляют собой как бы пространственную рамную систему, и расчет таких фундаментов на осадку, как правило, не производится. Лишь в исключительных случаях при возведении особо

чувствительных к осадкам сооружений с переменно действующими нагрузками расчет осадок производится по осадке наиболее нагруженной сваи в этой системе. При этом вследствие незначительной величины деформации грунт на боковой поверхности сваи рассматривается как не участвующий в сопротивлении, и, следовательно, осадка свайного фундамента зависит исключительно от сопротивления грунта, непосредственно подстилающего сваи, и нижележащих пластов грунта.

Упругая осадка фундамента из свай-стоек может быть экспериментально определена по результатам испытания на осадку одиночной сваи.

Расчет осадок фундамента из висячих свай производится аналогично расчету осадок обычного фундамента на естественном основании согласно п. 5.15 главы СНиП II-Б.1-62, при этом контуры условного фундамента, заменяющего свайный, определяются так, как это указано выше в п. 5.4 главы СНиП II-Б.5-62 при расчете по прочности грунта всего свайного фундамента.

В п. 5.5 указано, когда осадку свайного фундамента разрешается принимать равной осадке одиночной сваи, испытанной статической нагрузкой при всех равных условиях (грунт, размеры сваи, глубина забивки и пр.). Эти допущения основаны на результатах экспериментальных работ многих авторов.

В частности, результаты опытов НИИ оснований в 1937—1938 гг. (автор — канд. техн. наук В. Н. Голубков) с кустами свай длиной 5,6 *м* из 4, 6, 8 и 16 свай, забитых в два ряда, подтвердили справедливость второго условия п. 5.5. Что же касается третьего условия, то оно может быть подтверждено помимо опытов сравнительными расчетами, показывающими, что при одной и той же удельной нагрузке на кустовую сваю осадка куста из девяти свай при соотношении сторон 1 : 1 больше осадки куста из трех продольных рядов, при соотношении сторон 1 : 5, включающих 45 свай, так как площадь опоры куста под нижними концами свай во втором случае на 25—30% больше площади опоры куста из девяти свай.

Полученная в результате расчетная осадка свайного фундамента не должна по условию превышать предельно допустимой осадки, заданной в проекте, а при отсутствии таковых — осадок, указанных в действую-

щих нормах проектирования естественных оснований зданий и сооружений.

Экспериментальная проверка осадки свайного фундамента в особых случаях производится путем испытания статической нагрузкой куста свай в аналогичных грунтовых и прочих условиях. Этот способ применяется лишь на крупных стройках при большом объеме работ, так как испытание свайного куста требует большого количества груза, времени и средств.

5.7. Расчет оснований свайных фундаментов, работающих на горизонтальную нагрузку, производится в предположении равномерного распределения нагрузки на все сваи фундамента; при этом расчетное сопротивление основания сваи горизонтальной нагрузке (расчет по первому предельному состоянию) определяется в соответствии с указаниями п. 4.7 настоящих норм.

К п. 5.7. Результаты испытания кустов из деревянных и железобетонных свай на горизонтальные нагрузки привели к выводу, что в пределах допустимых горизонтальных деформаций нагрузку на куст можно считать равномерно распределенной на все сваи фундамента. Это положение, значительно облегчающее расчет свайных фундаментов на горизонтальные нагрузки, отражено в настоящем пункте.

Расчет фундамента на вертикальных сваях, подверженного воздействию вместе с другими нагрузками внецентренно приложенной вертикальной силы, производится аналогично расчету фундамента, нагруженного вертикальной силой и моментом (см. пояснения к п. 5.4).

Расчет фундамента на наклонных сваях производится подобно расчету фундамента на вертикальных сваях, подверженного воздействию вертикальной силы, рассматривая весь фундамент как бы повернутым в сторону, противоположную наклону, на угол, равный углу наклона свай. При этом вертикальная сила принимается равной равнодействующей наклонных сил, действующих на фундамент; усилия в сваях определяются от составляющих равнодействующей параллельно их осям; расстояния между сваями определяются по направлению перпендикулярно их осям.

Расчет фундамента смешанного типа, включающего вертикальные и наклонные сваи, а также фундамента, включающего наклонные сваи разных направлений, производится, рассматривая группу свай одного направ-

ления отдельно, а сваи — шарнирно закрепленные в ростверке и грунте. При этом число свай и их расположение в каждой группе должно быть таково, чтобы направление равнодействующей по возможности совпадало с биссектрисой угла, образуемого направлениями обеих групп свай.

Расчет по сопротивлению материала сваи производится по действующим нормам проектирования железобетонных или деревянных конструкций. Расчет по сопротивлению грунта основания производится в соответствии с указаниями п. 4.7 главы СНиП II-Б.5-62.

5.8. Проверка основания свайного фундамента по устойчивости при воздействии горизонтальных нагрузок производится по формуле

$$\frac{\Sigma H}{nP_г + \Sigma H_н} \leqslant m, \qquad 12(11)$$

где ΣH — сумма всех внешних расчетных сил, действующих параллельно подошве ростверка, в *т*;

$\Sigma H_н$ — сумма всех составляющих параллельно подошве ростверка от продольных расчетных сил наклонных свай в *т*;

n — число вертикальных и наклонных свай в фундаменте;

$P_г$ — расчетное сопротивление основания сваи горизонтальной нагрузке в *т*, определяемое в зависимости от величины горизонтального перемещения сваи $\Delta_г$, устанавливаемой в задании на проектирование; при $\Delta_г = 1$ *см* значение $P_г$ при отсутствии опытных данных принимается по табл. 7(5); при $\Delta_г < 1$ *см* значение $P_г$ определяется интерполяцией между значением $P_г$, соответствующим $\Delta_г = 1$ *см*, и $P_г = 0$ при $\Delta_г = 0$; при $\Delta_г > 1$ *см* значение $P_г$ определяется опытным путем — испытанием сваи горизонтальной статической нагрузкой;

m — коэффициент условий работы, равный $m = 0{,}9$.

К п. 5.8. Устойчивость основания свайного фундамента обеспечивается выбором соответствующей схемы расположения свай и размеров фундамента и проверя-

Таблица 7(5)

Расчетное сопротивление основания сваи горизонтальной нагрузке $P_г$ при горизонтальном перемещении сваи $\Delta_г = 1$ *см*

Вид грунтов, залегающих непосредственно под подошвой ростверка на глубине $l_0 = kd$	Расчетная глубина заделки свай в грунте l_0		Расчетные сопротивления свай $P_г$ в *т*					
			деревянных диаметром в *см*			железобетонных размерами сечения в *см*		
	деревянных	железобетонных	28	30	32	30×30	35×35	40×40
Пески (кроме пылеватых) средней плотности; суглинки и глины тугопластичные	4,5*d*	6*d*	2,6	2,8	2,8	6	7	8
Пески рыхлые и пылеватые; супеси пластичные; суглинки и глины мягкопластичные	5*d*	7*d*	1,4	1,5	1,6	2,5	3	3,5
Илы, суглинки и глины текучепластичные	6*d*	8*d*	0,5	0,5	0,6	1	1,5	2

Примечание. В табл. 7(5) k — коэффициент, изменяющийся от 4.5 до 8; d — диаметр круглого или сторона квадратного, либо бо́льшая сторона прямоугольного поперечного сечения сваи.

ется соответствующими расчетами на устойчивость против опрокидывания и скольжения.

Устойчивость свайного фундамента против скольжения определяется соотношением расчетной сдвигающей силы, действующей на свайный фундамент, и расчетного сопротивления основания свайного фундамента, включая и составляющие сил, действующих по оси наклонных свай по приведенной выше формуле 12(11).

Расчет свайного фундамента по устойчивости в гидротехнических сооружениях производится также в предположении образования в грунте поверхности скольжения, охватывающей всю подошву свайного фундамента в плоскости нижних концов свай или только ее

часть. Расчет на устойчивость, основанный на гипотезе кругло-цилиндрической поверхности скольжения, производится по одному из современных методов.

В отличие от расчета по устойчивости фундаментов зданий и сооружений на естественном основании в расчетах свайных фундаментов поверхность скольжения может проходить выше плоскости нижних концов свай. В этом случае часть свайного фундамента (т. е. свай) работает на срез, что должно учитываться при определении сопротивления скольжению.

Во всем остальном расчет свайного фундамента на устойчивость производится по действующим нормам проектирования естественных оснований (главы СНиП II-Б.1-62) и норм проектирования оснований гидротехнических сооружений (главы СНиП II-Б.3-62).

5.9. Свайные фундаменты, несущие горизонтальную нагрузку, превышающую сопротивление основания вертикальных свай этой нагрузке, должны проектироваться из наклонных свай, забиваемых с наклоном в сторону действующей горизонтальной силы с наибольшим числом рядов свай в направлении действия этой силы, или из козловых свай, забиваемых с наклоном в двух противоположных направлениях.

К **п. 5.9.** Применение ростверков с вертикальными сваями целесообразно только при малых значениях горизонтальных нагрузок, небольшой свободной длине свай и при большом поперечном сечении свай

Если горизонтальные силы, действующие на фундамент, незначительны по сравнению с вертикальными силами, то обычно в фундаменте применяют только вертикальные сваи и он рассчитывается так же, как фундамент с нагрузкой, в виде вертикальной силы и момента.

При большой величине горизонтальных сил, когда приходящаяся на одну сваю горизонтальная нагрузка превышает расчетное сопротивление сваи по прочности материала или по сопротивлению грунта перемещениям, применяют вертикальные сваи в комбинации с наклонными или только одни наклонные.

Наклонные сваи размещаются в фундаменте в направлении действия силы.

При наличии горизонтальных сил двух взаимно противоположных направлений применяются наклонные

сваи с наклоном в сторону действия этих сил (козловые сваи).

Как правило, свайные фундаменты проектируют, располагая наибольшее число рядов свай в направлении действующей горизонтальной силы или горизонтальной составляющей всех действующих на фундамент сил.

В фундаментах из наклонных и козловых свай, в которых часть свай работает на сжатие, а часть свай на выдергивание из грунта, выдергивающее усилие не должно превышать расчетного сопротивления выдергиванию, исчисленного с учетом перегрузки от вертикальных сжимающих сваи нагрузок в фундаменте (см. также п. 5.7).

5.10. Расчет свайных фундаментов из свай-стоек или висячих свай с высоким ростверком производится по общепринятому в строительной механике методу деформаций в предположении бесконечно жесткой (по отношению к сваям) плиты (ростверка), опертой на упругие стержни (сваи), деформации которых принимаются прямо пропорциональными действующим на них нагрузкам.

К **п. 5.10.** Высокий свайный ростверк применяется преимущественно в мостовых и гидротехнических сооружениях.

Свайный ростверк называется высоким, если нижняя часть его расположена выше поверхности грунта.

Расчет высоких свайных ростверков разрешается выполнять по любому известному методу, а также по «Техническим указаниям по проектированию высоких свайных ростверков мостовых опор». Минтрансстрой, 1957 г.

5.11. Сваи размещаются в основании здания или сооружения в рядовом или шахматном порядке. Расстояние между осями вертикальных и наклонных свай в плоскости их нижних концов должно быть не менее 3 d и в плоскости подошвы ростверка — не менее 1,5 d, где d — то же значение, что и в табл. 7(5).

Размещение свай в плане внецентренно нагруженного фундамента производится в соответствии с расчетной нагрузкой в подошве ростверка. При этом равнодействующая постоянных сил, действующих на свайный фундамент, должна проходить возможно ближе к центру тяжести плана свай в плоскости их нижних концов.

К п. 5.11. Размещение свай в основании здания или сооружения в общем случае зависит от конфигурации его фундамента в плане, грунтовых условий, характеристики действующих нагрузок (величины, точки приложения, направления действия и т. п.) и условий работы сваи в грунте (сваи-стойки, висячие сваи). Основное требование, предъявляемое к размещению свай, заключается в том, чтобы все сваи были по возможности одинаково загружены.

Вместе с тем из условий облегчения производства работ желательно сваи размещать в плане фундамента правильными рядами.

При центральной нагрузке фундамента, когда точка приложения равнодействующей N всех вертикальных сил совпадает с центром тяжести фундамента, распределение свай не встречает затруднений. В этом случае число свай n определяется по формуле $n=\frac{N}{P}$, где P — расчетное сопротивление, определяемое одним из способов, описанных в разделе 4. Сваи размещаются параллельными рядами на равном взаимном расстоянии с соблюдением приводимых ниже требований в отношении минимального расстояния между сваями.

Под стенами зданий (в ленточных фундаментах) в зависимости от величины нагрузки сваи размещаются в два-три ряда в рядовом или шахматном порядке; под стенами жилых зданий, короткие сваи размещаются, как правило, в один ряд.

Более рациональным в этом случае все же является размещение свай в шахматном порядке.

При шахматном размещении свай шаг свай измеряется по диагонали между смежными сваями. Расстояние между осями свай-стоек не регламентируется и зависит от расчетной нагрузки на сваю и возможности забивки сваи до опорного пласта прочного грунта. Размеры ростверка в этом случае принимаются минимальными.

Расстояния между осями висячих свай принимаются: в плоскости нижних концов свай — не менее 3 d, а в плоскости подошвы ростверка (при наклонных сваях) не менее 1,5 d, где d — диаметр круглого или сторона квадратного, или бо́льшая сторона прямоугольного поперечного сечения сваи.

Размещение свай в плане внецентренно нагруженно-

го ростверка зависит от типа свайного фундамента. В фундаментах из свай-стоек сваи размещаются в соответствии с расчетной эпюрой давления в подошве ростверка. В фундаменте из висячих свай, в редких случаях, когда расстояние между сваями больше 6 d, сваи также размещаются в соответствии с расчетной эпюрой давления в подошве ростверка. При расстояниях между висячими сваями в основании меньше 4 d сваи размещаются равномерно в пределах конфигурации ростверка.

5.12. Глубина заложения подошвы свайного ростверка должна назначаться в зависимости:

а) от наличия подвалов и подземных коммуникаций;

б) от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки (виды грунтов, их физико-механические характеристики, уровень грунтовых вод и возможные колебания и изменения его в период строительства и эксплуатации зданий и сооружений);

в) от возможности пучения грунтов при промерзании;

г) от глубины заложения фундаментов примыкающих зданий и сооружений;

д) от расчетной глубины размыва грунта вокруг свайного фундамента.

К **п. 5.12.** Пункт не требует особых пояснений.

Глубина заложения подошвы свайного ростверка на непучинистых гравелистых грунтах и крупных песках назначается независимо от глубины промерзания грунта. Если нагрузка на сваю в фундаменте превышает силы выпучивания сваи из грунта (для Центральной части РСФСР силы выпучивания могут быть ориентировочно приняты равными 15 *т* для сваи сечением 30××30 *см*), то глубина заложения ростверка принимается также независимо от глубины промерзания грунта.

В пучинистых грунтах, в которых нагрузка на сваю меньше сил выпучивания, подошва свайного ростверка должна быть расположена не менее чем на 0,25 *м* ниже расчетной глубины промерзания грунта.

Во всех случаях глубина заложения подошвы свайного ростверка под наружные стены и колонны зданий должна быть не менее 0,5 *м* от поверхности планировки.

Хотя при расчете свайных фундаментов передача нагрузки грунту ростверком не учитывается и предпо-

лагается, что вся нагрузка на фундамент передается грунту только сваями, тем не менее размыв грунта под ростверком не допускается. В мостовых и гидротехнических сооружениях, где размыв грунта под ростверком допускается, отметка подошвы его принимается с учетом глубины предполагаемого размыва.

5.13. Железобетонные ростверки (балки, плиты) рассчитываются по действующим нормам проектирования железобетонных конструкций. При рядовом расположении свай под стенами здания ростверк рассчитывается как обвязочная балка, опирающаяся на сваи. Высота железобетонного ростверка определяется по расчету и должна быть не менее 30 *см*. Ширина ростверка b при многорядном расположении свай принимается равной:

$$b = a(n-1) + d + 2r, \qquad 13\ (12)$$

где a — расстояние между осями свай в ряду;

n — число рядов;

d — то же значение, что и в табл. 7(5);

r — свес ростверка (расстояние от края плиты ростверка до ближайшей грани сваи) по его периметру, принимаемый не менее 5 *см*.

Железобетонные ростверки рекомендуется применять из сборных элементов, особенно при большом объеме работ, а также при производстве работ в зимних условиях.

Проектная марка бетона по прочности на сжатие для сборного ростверка принимается не ниже 200, а для монолитного не ниже 150.

5.14. Верхние концы забивных железобетонных свай после срубки в фундаментах промышленных, гражданских и сельскохозяйственных зданий и сооружений должны заделываться в ростверке на длину:

а) в свайном фундаменте, работающем на вертикальные нагрузки, ствол сваи — не менее 5 *см*, а выпуски арматуры для связи ее с ростверком — не менее 25 *см*;

б) в свайном фундаменте, работающем на горизонтальные нагрузки, ствол сваи — не менее 10 *см*, а выпуски арматуры — не менее 40 *см*.

Верхние концы забивных свай в опорах мостов жестко заделываются в бетонную плиту ростверка (выше слоя бетона, уложенного подводным способом) на величину, определяемую расчетом.

К п. **5.13** и **5.14.** Пункты не требуют особых разъяснений.

Обвязочная балка-ростверк, опирающаяся на сваи, рассчитывается как многопролетная балка.

Ростверки свайных фундаментов, состоящих из кустов свай, рассчитываются как плиты.

В отдельных случаях при наличии с поверхности слабых грунтов, подстилаемых надежными грунтами, применяется железобетонная плита на сваях под всем сооружением. Обычно это имеет место, когда отдельные свайные фундаменты покрывают более половины площади здания или сооружения. Преимущество плиты на сваях перед сплошной плитой на естественном основании состоит в меньшей ее толщине и, следовательно, в экономии материалов.

Связь сваи с ростверком осуществляется как путем заделки в бетон ростверка части ствола сваи (не разрушенной при забивке), так и выпуском арматуры, обнаженной при скалывании головы сваи, связывающей ее с арматурой ростверка. Заделка головы (ствола) сваи в ростверк особо важна при наличии горизонтальных нагрузок, действующих на фундамент.

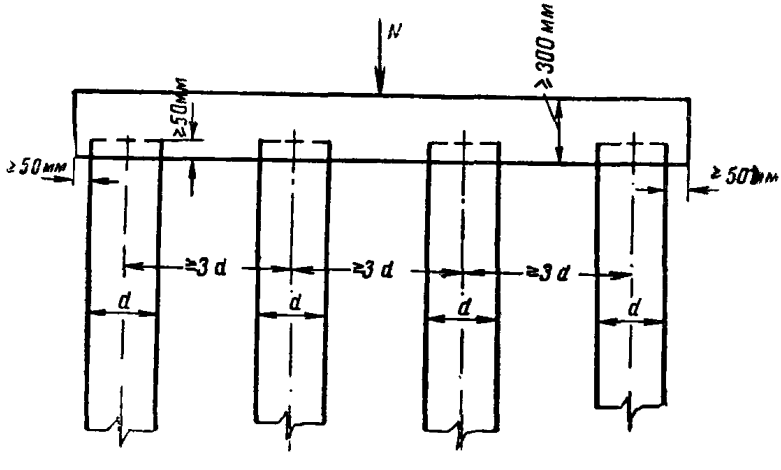

Рис. 9. Поперечный разрез свайного ростверка с указанием минимальных размеров заделки ствола сваи в ростверк и свесов

На рис. 9 показаны основные минимальные требования к проектированию ростверка свайного фундамента и сопряжения его со сваями.

В опорах мостов и иных ответственных сооружений головы свай заделываются в ростверк по расчету, но

не менее чем на 2 d (d — диаметр или наибольшая сторона поперечного сечения сваи). Точно также расстояние от края плиты ростверка до боковой поверхности сваи принимается не менее 25 *см*.

5.15. Условия применения деревянных свайных ростверков и лесоматериалов для выполнения ростверков определяются требованиями, аналогичными, как и для деревянных свай, изложенными в пп. 3.1, 3.6 и 3.7 СНиП II-Б.5-62.

Деревянный ростверк на деревянных сваях (насадки, поперечные балки и пр.) рассчитывается как разрезная балочная конструкция по действующим нормам проектирования деревянных конструкций.

К *п.* **5.15.** Содержание пункта не требует дополнительных разъяснений.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СОРТАМЕНТ ЗАБИВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СПЛОШНЫХ СВАЙ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

Таблица 1

Сваи ненапряженные (составлен по ГОСТ 10628—63)

Марка	Длина сваи в *м*	Поперечное сечение в *см*	Вес сваи в *т*
СУ3-20	3	20×20	0,31
СУ3,5-20	3,5		0,36
СУ4-20	4		0,41
СУ4,5-20	4,5		0,46
СУ5-20	5		0,51
СУ5,5-20	5,5		0,56
СУ6-20	6		0,61
СУ7-20	7		0,71
СУ3-25	3	25×25	0,48
СУ3,5-25	3,5		0,56
СУ4-25	4		0,65
СУ4,5-25	4,5		0,72
СУ5-25	5		0,8
СУ5,5-25	5,5		0,88
СУ6-25	6		0,95
СУ7-25	7		1,11
СУ3-30	3	30×30	0,72
СУ3,5-30	3,5		0,83
СУ4-30	4		0,94
СУ4,5-30	4,5		1,05
СУ5-30	5		1,16
СУ5,5-30	5,5		1,28
СУ6-30	6		1,39
СУ7-30	7		1,62
СУ8-30	8		1,84
С9-30	9		2,06
С10-30	10		2,29
С11-30	11		2,5
С12-30	12		2,74

Продолжение табл. 1

Марка	Длина сваи в *м*	Поперечное сечение в *см*	Вес сваи в *т*
СУ8-35	8	35×35	2,5
С9-35	9		2,8
С10-35	10		3,12
С11-35	11		3,42
С12-35	12		3,71
С13-35	13		4,03
С14-35	14		4,34
С15-35	15		4,64
С16-35	16		4,95
С13-40	13	40×40	5,28
С14-40	14		5,62
С15-40	15		6,05
С16-40	16		6,45

Примечания: 1. Сваи марок с индексом «У»—трещиностойкие, в которых от расчетных нагрузок появление трещин не допускается.

2. Сваи марок без индекса «У»—нетрещиностойкие, в которых от расчетных нагрузок возможно появление трещин.

3. Сваи марок СУ8-35, СУ9-35, С10-35, С11-35, С12-35, С13-40, С14-40, С15-40, С16-40 разрешается применять в случае передачи на них больших изгибающих моментов, возникающих от эксплуатационных нагрузок.

4. Сваи длиной больше 16 *м* должны изготовляться с предварительно напряженной арматурой.

Таблица 2

Предварительно напряженные сваи с арматурой периодического профиля из упрочненной стали*

Марка	Длина сваи в *м*	Поперечное сечение в *см*	Показатели		
			объем бетона в $м^3$	расход арматуры в *кг*	вес сваи в *т*
СН12-300	12	30×30	1,09	83,3	2,7
СН12-350	12	35×35	1,49	138,2	3,7
СН13-300	13	30×30	1,18	107	3
СН13-350	13	35×35	1,61	147	4
СН14-300	14	30×30	1,27	113,6	3,2
СН14-350	14	35×35	1,73	155,2	4,3
СН15-300	15	30×30	1,36	144,4	3,4
СН15-350	15	35×35	1,86	205,3	4,6
СН16-350	16	35×35	1,98	221,7	5
СН16-400	16	40×40	2,59	230,8	6,5
СН17-350	17	35×35	2,1	289	5,3
СН17-400	17	40×40	2,75	304	6,9
СН18-350	18	35×35	2,22	302,6	5,6
СН18-400	18	40×40	2,91	318,3	7,3
СН19-350	19	35×35	2,35	316,9	5,9
СН19-400	19	40×40	3,07	402,3	7,7
СН20-350	20	35×35	3,47	402,8	6,2
СН20-400	20	40×40	3,23	421,4	8,1
СН21-400	21	40×40	3,39	439	8,5
СН22-400	22	40×40	3,55	545,9	8,9
СН23-400	23	40×40	3,71	567,3	9,3
СН24-400	24	40×40	3,87	694,6	9,7
СН25-400	25	40×40	4,03	906	10,1

* Выписка из альбома «Типовые детали и конструкции зданий и сооружений серии ОФ-02-01.

Таблица 3

Предварительно напряженные сваи с арматурой из упрочненной низколегированной стали*

Марка	Длина сваи в *м*	Поперечное сечение в *см*	Показатели		
			объем бетона в $м^3$	расход арматуры в *кг*	вес сваи в *т*
СН12-300	12	30×30	1,09	83,3	2,7
СН12-350	12	35×35	1,49	138,2	3,7
СН13-300	13	30×30	1,18	88,6	3
СН13-350	13	35×35	1,61	147	4
СН14-300	14	30×30	1,27	94	3,2
СН14-350	14	35×35	1,73	155,2	4,3
СН15-300	15	30×30	1,36	120,1	3,4
СН15-350	15	35×35	1,86	164,8	4,6
СН16-350	16	35×35	1,98	175,7	5
СН16-400	16	40×40	2,59	230,8	6,5
СН17-350	17	35×35	2,1	233,8	5,3
СН17-400	17	40×40	2,75	248,5	6,9
СН18-350	13	35×35	2,22	245	5,6
СН18-400	18	40×40	2,91	318,1	7,3
СН19-350	19	35×35	2,35	316,1	5,9
СН19-400	19	40×40	3,07	332,9	7,7
СН20-350	20	35×35	2,47	331,2	6,2
СН20-400	21	40×40	3,23	422	8,1
СН21-400	21	40×40	3,39	439	8,5
СН22-400	22	40×40	3,55	456,7	8,9
СН23-400	23	40×40	3,71	474,4	9,3
СН24-400	24	40×40	3,87	591,5	9,9
СН25-400	25	40×40	4,03	721,3	10,1

* Выписка из альбома «Типовые детали и конструкции зданий и сооружений серии ОФ-02-01».

Таблица 4

Предварительно напряженные сваи с арматурой из высокопрочной проволоки*

Марка	Длина сваи в *м*	Поперечное сечение в *м*	Показатели		
			объем бетона в $м^3$	расход арматуры в *кг*	вес сваи в *т*
СНпр5-250	5	25×25	0,32	17,8	0,8
СНпр5-300	5	30×30	0,46	23,4	1,2
СНпр6-250	6	25×25	0,38	19,2	1
СНпр6-300	6	30×30	0,55	24,5	1,4
СНпр7-250	7	25×25	0,44	20,4	1,1
СНпр7-300	7	30×30	0,64	26,4	1,6

Продолжение табл.

Марка	Длина сваи в *м*	Поперечное сечение в *м*	Показатели		
			объем бетона в $м^3$	расход арматуры в *кг*	вес сваи в *т*
СНпр8-250	8	25×25	0,51	21,4	1,3
СНпр8-300	8	30×30	0,73	33,5	1,8
СНпр9-250	9	25×25	0,57	31,6	1,4
СНпр9-300	9	30×30	0,82	35,5	2
СНпр10-250	10	25×25	0,63	33,2	1,6
СНпр10-300	10	30×30	0,91	37,1	2,3
СНпр11-250	11	25×25	0,69	35	1,7
СНпр11-300	11	30×30	1	48,6	2,5
СНпр12-300	12	30×30	1,09	51,2	2,7
СНпр13-300	13	30×30	1,18	66,1	3
СНпр14-300	14	30×30	1,27	69,1	3,2
СНпр15-300	15	30×30	1,36	84,1	3,4
СНпр16-350	16	35×35	1,98	116,5	5
СНпр17-350	17	35×35	2,1	156,9	5,3
СНпр18-350	18	35×35	2,22	187,4	5,6
СНпр19-350	19	35×35	2,35	224,6	5,9
СНпр20-400	20	40×40	3,23	237,5	8,1
СНпр21-400	21	40×40	3,39	259,9	8,5
СНпр22-400	22	40×40	3,55	312,8	8,9
СНпр23-400	23	40×40	3,71	359,3	9,3
СНпр24-400	24	40×40	3,87	404	9,7
СНпр25-400	25	40×40	4,03	459,5	10,1

* Выписка из альбома «Типовые детали и конструкции зданий и сооружений серии ОФ-02-02».

ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ
Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений Госстроя СССР
План III квартала 1964 г., № 24

* * *

Стройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства В. П. Страшных
Технический редактор Т. Н. Шевченко
Корректор Л. С. Рожкова

Сдано в набор 29/VI—1964 г. Подписано к печати 3/IX—1964 г.
Бумага 84×108¹/₃₂ д. л. = 1,25 б. л. 4,1 усл. п. л. Уч.-изд. 4,5 л.
Изд. № XII—8819 Зак. 638. Тираж 10.000 экз. Цена 23 к.

Подольская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
г. Подольск, ул. Кирова, 25

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
30	13 сверху	1,2 *м*.	0,09 $м^2$.
	16 сверху	0,09 $м^2$	1,2 *м*.

Зак. 638

gost.e-ecolog.ru