

Усиление существующих фундаментов корпуса №9 выполняется вдавливаемыми сваями из стальных труб наружным диаметром 219 мм, объединенными монолитными ростверками и распределительными балками с существующими фундаментами.

Монолитные ростверки толщиной 600 служат для передачи нагрузки от существующих стен и колонн здания на вдавливаемые сваи.

Распределительные балки сечением 300х600 (h) мм выполняются в штрабах вдоль стен и соединяются с существующими фундаментами с помощью анкерных стержней.

Ростверки и балки армируются стержневой арматурой класса А500С гк. Бетонирование осуществляется тяжелым бетоном класса по прочности не ниже В30, по морозостойкости F150, по водонепроницаемости W6.

Ростверки выполняются по бетонной подготовке из бетона класса В7,5 толщиной 50 мм.

Для последующего устройства вдавливаемых свай в теле ростверков предусмотрены закладные детали из стальных труб диаметром 273х8 мм, устанавливаемые в местах устройства свай. Закладные детали на участках отсутствия ростверков заделываются непосредственно в теле фундамента на глубину 3 м.

Вдавливаемые сваи выполняются после устройства монолитных железобетонных ростверков не ранее, чем через 14 суток после бетонирования – набора прочности бетона 75%.

Оболочка вдавливаемой сваи - стальная бесшовная горячедеформированная труба диаметром 219х9 мм (по ГОСТ 8732-78) с закрытым нижним концом, наращиваемая из отдельных секций длиной до 1,0 м по мере вдавливания. Стыковка секций осуществляется ручной электродуговой сваркой электродами типа Э42А (допускается применение электродов типа Э46А, Э50А).

Армирование свай осуществляется пространственными каркасами из арматуры класса А500С гк.

Бетонирование свай выполняется мелкозернистым или тяжелым (крупность заполнителя не более 10 мм) бетоном класса по прочности не ниже В20, класса по морозостойкости F150, класса по водонепроницаемости W6.

Количество свай определено расчетной схемой нагрузок из условия, что при усилении вдавливания сваи воспринимают всю действующую нагрузку от надземных конструкций для стабилизации деформаций.

1 Анализ возможных технических решений по усилению фундаментов

При выборе технического решения по усилению фундаментов был проанализирован отечественный и мировой опыт научных, проектных и строительных фирм, работающих в области геотехники.

Анализ выполненных работ по обследованию и инженерно-геологическим изысканиям корпуса №9 указывает на необходимость разработки мероприятий, направленных на стабилизацию осадок фундаментов.

При выборе основных технических решений были рассмотрены следующие основные методы усиления оснований и фундаментов:

1. Увеличение опорной площади фундаментов.
2. Увеличение глубины заложения фундаментов.
3. Устройство под зданием фундаментной плиты.
4. Усиление фундаментов сваями (буроинъекционные, вдавливаемые, «jet-сваи»).
5. Закрепление грунтов.

Увеличение площади подошвы фундаментов при уменьшении давления по подошве не окажет значительного влияния на неравномерные осадки, вызываемые изменчивостью по глубине и свойствам техногенных отложений.

Увеличение глубины заложения фундаментов в условиях большой мощности техногенных отложений не дает требуемого результата, и трудоемка в данных условиях. Требуемая глубина заложения ~ 10 м.

Устройство под зданием фундаментной плиты является эффективным приемом, при существующей конструктивной схеме здания, позволяющим уменьшить влияние неравномерных осадок на надфундаментные конструкции, но при высоком уровне нагрузок (60-100)тс/м и большой мощности техногенных отложений (~10 м) не позволит обеспечить решение проблемы.

Усиление фундаментов здания буроинъекционными сваями может быть применимо, их несущая способность при длине сваи 25-26 м требует применения жесткой арматуры (несущий трубчатый элемент).

Усиление фундаментов буроинъекционными сваями-стойками требует соблюдения следующих параметров:

- длина сваи 25-26 м;
- арматурный каркас – жесткая арматура из толстостенной трубы.

Для выполнения этих параметров требуется достаточно крупногабаритная буровая установка, которую придется разбирать и собирать в каждом внутреннем

помещении, а так же постоянно-работающий бетоносмесительный узел и узел подготовки, подачи и регенерации глинистого раствора с постоянным вывозом шлака за пределы территории Кремля.

При строгом соблюдении всех технологических параметров получить гарантированную сплошность сечения сваи сложный и трудоемкий процесс, требующий дополнительных операций по контролю качества (ультразвуковое зондирование).

В этом случае, преимущество следует отдать комбинированным сваям, устраиваемых методом струйной цементации грунтов с несущим элементом из трубы. Условный диаметр таких свай составит 400-500 мм, длина – 25-26 м. Несущая способность ~50 т.

Как и для устройства буроинъекционных свай-стоек диаметром 250 мм, для комбинированных свай диаметром 400-500 мм потребуются буровые установки, разбираемые и собираемые в каждом помещении, так и значительные трудозатраты по подготовке, подаче, и регенерации инъекционных растворов, отстойники для шлака и его постоянный вывоз за пределы Кремля.

Вариант устройства буроинъекционных и комбинированных свай до отметки 125-130 м (с заделкой в грунты естественного сложения) потребует значительно большего количества свай из-за более низкой несущей способности по грунту (30÷40) тс.

Помимо этого для восприятия этих нагрузок должны будут пройти деформации свайного основания (5-10 мм).

Для всех вариантов устройства буровых свай следует учитывать технологические осадки, вызванные процессами бурения под глинистым раствором.

Вдавливаемые сваи имеют следующие преимущества:

- проектная нагрузка от здания передается на нижележащие малосжимаемые грунты основания сразу после изготовления;
- отсутствуют технологические осадки;
- уменьшается количество свай за счет их значительной несущей способности(50-70 тс);
- несущая способность каждой сваи по грунту и материалу подтверждается процессом вдавливания.

Применение вдавливаемых свай гарантирует полную надежность, исключая технологические осадки при устройстве свай и обеспечивает требуемую несущую способность каждой сваи по грунту. Монолитные железобетонные ростверки

обеспечивают надежную передачу нагрузки от здания на сваи.

Закрепление грунтов методами инъекций и струйной цементации в данных грунтовых условиях возможно с использованием особо тонкодисперсных вяжущих (например, ОТДВ «Микродур»), однако для стабилизации всего массива насыпных грунтов стоимость работ будет превышать стоимость других методов, а из-за изменчивости вида и свойств этих грунтов закрепленный массив будет неоднороден по своим деформативно-прочностным характеристикам.

Укрепление грунтов основания методом манжетной инъекции способно уменьшить скорость осадок за счет уплотнения и армирования массива грунта, однако при этом стоимость работ будет сопоставима с усилением сваями, а расчетные характеристики укрепления основания изменчивы в плане и по глубине.

Все методы усиления основания требуют создания массива закрепленного грунта на глубину до глин ИГЭ-5 ($h_g=10\div 15$ м).и с размерами в плане не менее площади пятна застройки (5000 м²).

При объеме закрепления 50 000 – 75 000 м³ стоимость работ составит не менее 500 млн. рублей, потребуется не менее 30 000 т. цемента, ежедневная доставка на объект не менее 200 т. цемента и вывоз не менее 150 м³ отработанной грунтоцементной пульпы. Помимо этого создание такого массива закрепленного грунта вызовет изменение гидрогеологического режима, изменение направления и скоростей фильтрации, что приведет к осадкам окружающей застройки по всем ближайшим сооружениям.

Во всех методах усиления фундаментов следует отметить необходимость выполнения инженерной защиты участка и объекта от проявления карстово-суффозионных процессов. С этой целью в проекте следует предусмотреть цементацию известняков сеткой скважин с шагом 10x10м, глубиной 26 м. Варианты применения методов противокарстовой защиты проанализированы заключением НИИОСП.

Для окончательного выбора параметров усиления фундаментов следует выполнить оценку материалов детального обследования и дополнительных инженерно-геологических изысканий.

На основании сравнения возможных в данных условиях вариантов, с учетом инженерно-геологического строения площадки, при разработке проекта следует предусматривать усиление фундаментов вдавливаемыми сваями.

Возможность применения варианта усиления фундаментов буровыми сваями (буроинъекционные и комбинированные) следует определить после проведения

детального обследования и дополнительных инженерно-геологических изысканий, выполненных с учётом настоящих рекомендаций.

Для окончательного выбора параметров усиления фундаментов следует выполнить оценку материалов детального обследования и дополнительных инженерно-геологических изысканий, а также материалов проекта реконструкции с расчетными нагрузками на фундаменты.

Рекомендации по усилению фундаментов.

1. Расчетную нагрузку на свайное основание принять с учетом восприятия 100% нагрузки от здания (уточнить по результатам обследования и изысканиям).

2. Длину свай следует назначать с учётом заделки ниже подошвы насыпных грунтов и восприятия этой частью всей проектной нагрузки. Армирование свай выполнять с учётом восприятия каркасом нагрузочного эффекта (продольное усилие и изгибающий момент) как в месте стыка с ростверком и на участке зон разуплотненных грунтов с значением модуля деформации менее 15 МПа. Стык элементов каркаса свай выполнять равнопрочным сваркой всех элементов.

3. Предусмотреть статические испытания свай в количестве не менее 5 на объект.

4. В проекте усиления с учётом данных дополнительных инженерно-геологических изысканий предусмотреть скважины превентивной поэтапной цементации известняков, по результатам работы с которыми определить необходимость проведения мероприятий по цементации известняков по всему объекту. Для 1-го этапа предусмотреть не менее 1 скважины на участке 6 x 6 м. Глубина скважин не менее 2 м.

5. В процессе проведения работ по усилению фундаментов и в последующий период (не менее 1 года) предусмотреть мониторинг объекта, включающий:

- инструментальные наблюдения за осадками фундаментов по установленным стенным маркам 2 класса точности;

- инструментальные наблюдения за смещениями в плане и по высоте крепостной стены, являющейся частью конструктивной схемы объекта, со стороны корпуса и Александровского сада.

2 Расчет вдавливаемой сваи

2.1 Определение расчетной нагрузки на сваю и усилия вдавливания

Несущую способность F_d , кН, висячей вдавливаемой сваи по грунту, работающей на сжимающую нагрузку, определяем в соответствии с СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85» по формуле (7.8):

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

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;

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

A - площадь опирания на грунт сваи, м², принимаемая равной площади поперечного сечения сваи;

u - периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи, кПа, принимаемое по табл. 7.3;

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

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

Таблица 1

№ ИГЭ	Краткое описание	Мощность слоя, м
0	Техногенные грунты	(в расчете не учитываются)
1	Супесь пластичная ($I_L=0,42$; $e=0,6$)	
2	Песок пылеватый, плотный	5,7
3	Песок мелкий, плотный	3,2
4	Песок гравелистый, средней плотности	2,5
5	Глина твердая ($I_L=0,17$; $e=0,557$)	1,0

$R = 13\,000$ кПа;

$A = \pi d^2/4 = 3,14 \cdot 0,219^2/4 = 0,0376$ м²;

$u = \pi d = 3,14 \cdot 0,219 = 0,688$ м;

$F_d = 1 \cdot [1,1 \cdot 13000 \cdot 0,0376 + 0,688 \cdot (0,8 \cdot 35 \cdot 1,3 \cdot 2 + 0,8 \cdot 36 \cdot 1,3 \cdot 2 + 0,8 \cdot 38 \cdot 1,3 \cdot 1,7 + 1 \cdot 53 \cdot 1,3 \cdot 2 + 1 \cdot 55 \cdot 1,3 \cdot 1,2 + 1 \cdot 79 \cdot 2 + 1 \cdot 80 \cdot 0,5 + 1 \cdot 82 \cdot 1)] = 1032$ кН = 103 т

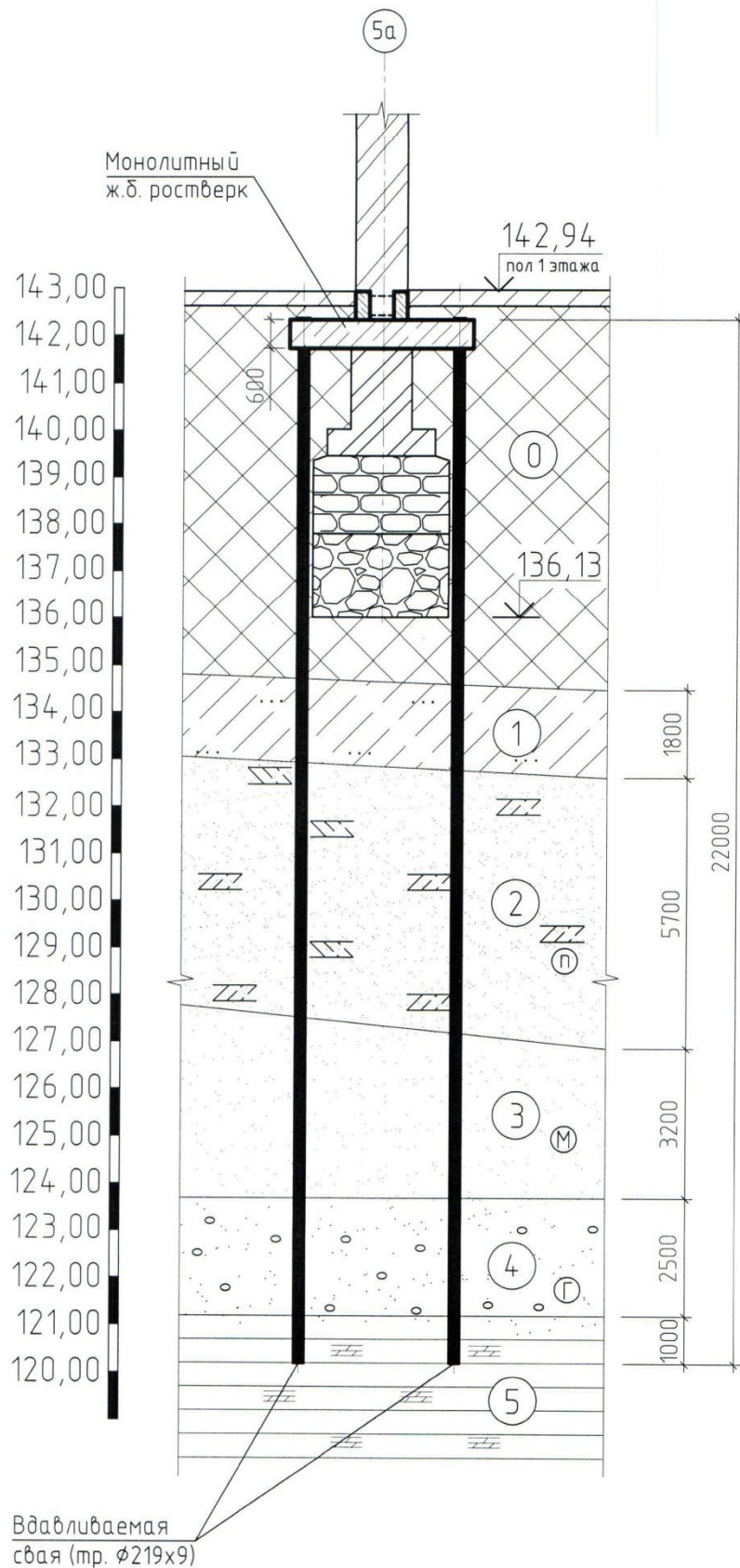


Рисунок 1 - Схема к расчету несущей способности сваи по грунту

Расчетную нагрузку на сваю определяем исходя из условия (7.2):

$$\gamma_n \cdot N \leq \frac{F_d}{\gamma_{c,g}},$$

где γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый по ГОСТ 27751 (для зданий нормального уровня ответственности $\gamma_n = 1,0$);

$\gamma_{c,g}$ – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным 1,25.

$$N \leq \frac{103}{1,25} = 82 \text{ тс}$$

Минимально необходимое усилие вдавливания определяем по формуле (7.40):

$$F \geq \gamma_c F_d = 1,2 \cdot 103 = 123,6 \text{ тс},$$

где γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый при скорости погружения сваи до 3 м/мин равным 1,2.

Исходя из схемы нагрузок на свайное основание от надфундаментных конструкций, расчетная нагрузка на сваю по проекту принимается равной **80 тс** при усилении вдавливания **115,2 тс**.

<https://kursovik1.ru/>

2.2 Расчет оболочки сваи (трубы) на усилие вдавливания

Расчет выполнен в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.03.01-84*.
2. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*.

Настоящий расчет оболочки сваи на усилие вдавливания – 115 тс. Расчет сваи выполнен в соответствии с требованиями норм СП 24.13330.2011 как стержня, защемленного в грунте на расстоянии l_1 , определяемом по формуле:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon} = 2,08 \text{ м}$$

где $l_0=0$ (ростверк низкий);

α_ε - коэффициент деформации, $1/\text{м}$, определяемый по приложению В:

$$\alpha_\varepsilon = 5 \sqrt{\frac{Kb_p}{\gamma_c EI}} = 0,96$$

где $K=700 \text{ тс/м}^4$ - коэффициент пропорциональности, принимаемый в зависимости от вида грунта, окружающего сваю, по таблице В.1;

$b_p=1,5d+0,5 \text{ м} = 1,5 \cdot 0,219+0,5=0,83 \text{ м}$ - условная ширина сваи;

$\gamma_c=1$ - коэффициент условий работы;

$E=2,1 \cdot 10^7 \text{ тс/м}^2$ - модуль упругости материала сваи;

$I=0,00003279 \text{ м}^4$ - момент инерции поперечного сечения сваи.

С учетом высоты ростверка 0,6 м и бетонной подготовки 0,05 м принимаем в расчёт длину $L= l_1+0,6+0,05 = 2,73 \text{ м}$

С учётом фиксаторов, устанавливаемых в устье закладных деталей, верхняя часть сваи соединена шарнирно с ростверком, нижняя часть имеет заделку в грунте.

В расчёте принят случайный эксцентриситет приложения нагрузки на сваю – 20 мм.

Расчет выполнен с использованием лицензированного программного комплекса SCAD office.

Расчет сваи на период эксплуатации (при отсутствии оболочки сваи в результате полной коррозии)

Расчет выполнен в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.03.01-84*.
2. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

Настоящий расчет выполнен для бетонного элемента сваи, армированного в соответствии с проектом четырьмя стержнями диаметром 22 мм арматуры класса А500Сгк в предположении полного разрушения оболочки - стальной трубы в результате коррозии и длительного воздействия осевой нагрузки для 1-ой группы предельного состояния.

Расчет сваи выполнен в соответствии с требованиями норм СП 24.13330.2011 как стержня, заземленного в грунте на расстоянии l_1 от подошвы ростверка, определяемом по формуле:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon} = 1,27 \text{ м}$$

где $l_0=0$ (ростверк низкий);

α_ε - коэффициент деформации, 1/м, определяемый по приложению В:

$$\alpha_\varepsilon = 5 \sqrt{\frac{K b_p}{\gamma_c E I}} = 1,57$$

где $K=700 \text{ тс/м}^4$ - коэффициент пропорциональности, принимаемый в зависимости от вида грунта, окружающего сваю, по таблице В.1;

$b_p = 1,5d+0,5 \text{ м} = 1,5 \cdot 0,201+0,5=0,8 \text{ м}$ - условная ширина сваи;

$\gamma_c = 1$ - коэффициент условий работы;

$E = E_{b,\tau} = E_b/(1+\varphi_{b,cr}) = 2,2 \cdot 10^6/(1+2) = 7,3 \cdot 10^5 \text{ тс/м}^2$ (табл. 6.11, п.6.1.15 СП 63.13330.2012, где коэффициент ползучести $\varphi_{b,cr}=2$ табл.6.12, $E_b=2,2 \cdot 10^6 \text{ тс/м}^2$ –

начальный модуль упругости для мелкозернистого бетона класса В20;

$I=0,00008 \text{ м}^4$ - момент инерции поперечного сечения сваи.

Расчет выполнен с использованием лицензированного программного комплекса SCAD office .

другой документ

Настоящий раздел разработан с целью оценки несущей способности и расчета длины свай для проектируемых корпусов №№ 6, 7, 8, 10 – 2-ой очереди строительства.

Все здания запроектированы по единой конструктивной схеме зданий каркасная перекрестно-стенная с внутренними несущими стенами и пилонами из монолитного железобетона. Перекрытия - монолитные железобетонные.

Вертикальные нагрузки воспринимаются плитами перекрытия, передающими нагрузку на вертикальные элементы – колонны, пилоны и стены, которые в свою очередь передают нагрузку на фундамент. Общая устойчивость здания и восприятие горизонтальных нагрузок обеспечиваются совместной работой вертикальных элементов каркаса, жестко заземленных в фундаменте и горизонтальных дисков перекрытий, жестко связанных с вертикальными элементами.

2. Инженерно-геологические условия площадки строительства.

Инженерно-геологические условия относятся к категории сложности II (средней сложности) по СП 11–105-97 и СП47.13330.2012.

В геологическом разрезе площадки до изученной глубины 45 м сверху вниз выделяются:

- современный почвенно-растительный слой (*solQIV*) мощностью 0,2-0,6 м.;
- современные техногенные образования (*tQIV*), мощностью 0,3-0,8 м;
- среднечетвертичные аллювиально-флювиогляциальные отложения

московского

горизонта (*a.fQllms*), представлены песками мелкими и средней крупности, разной плотности сложения от рыхлых до плотных, водонасыщенными и неводонасыщенными, мощностью от 1,80 м до 17,21 м, а также суглинком серо-коричневым тугопластичным, с прослоями суглинка полутвёрдого, глины, с включениями до 5% гравия, гальки, мощностью от 1,8 м до 9,7 м;

- верхнеюрские отложения (*J3*), представлены глиной черной, полутвердой и твердой,

слиудистой, вскрытой мощностью от 11,0 м до 31,9 м (*ИГЭ-5*); ;

- верхнекаменноугольные отложения (*C3*) вскрыты под верхнеюрскими отложениями

скважинами №№ 4, 29, 30, 32, 33, 35, 37 и представлены известняком бело-серым, средней прочности, трещиноватым, сильновыветрелым, размягчаемым, вскрытой мощностью от 0,3 м до 14,8 м (*ИГЭ-8*).

Нормативные и расчетные значения основных характеристик грунтов при доверительной вероятности 0,85 и 0,95 (соответственно), которые были рекомендованы для использования в расчетах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Нормативные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов, рассчитанных по результатам лабораторных и полевых испытаний и данным СП 22.13330.2016

Геолого-генетический индекс	№ ИГЭ	Наименование характеристик	ЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК							категория по трудности разработки
			по лабораторным данным	по результатам статического зондирования	по результатам штамповых испытаний	по СП 22.13330.2016	нормативные характеристики грунтов	для расчета по деформациям $\alpha=0,85$	для расчета по несущей способности $\alpha=0,95$	
a.fQllms	ИГЭ-1а Песок средней крупности рыхлый, малой степени водонасыщения и водонасыщенный, с линзами песка мелкого, песка крупного с вкл. до 5% гравия, гальки, неоднородный	Плотность грунта, г/см ³	-	1,69/1,94	-	-	1,69/1,94	1,69/1,94	1,69/1,94	29Б
		Влажность грунта, %	9,86/21,88	26,07	-	-	26,07	-	-	
		Коэф-т пористости, д.е.	-	0,730	-	-	0,730	-	-	
		Модуль деформации, МПа	-	19	8,5	-	19	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	-	28	-	-	28	28	27	
		Удельное сцепление, кПа	-	-	-	-	-	-	-	
a.fQllms	ИГЭ-1б Песок средней крупности	Плотность грунта, г/см ³	-	1,79/2,00	-	-	1,79/2,00	1,79/2,00	1,79/2,00	29Б

Геолого-генетический индекс	№ ИГЭ	Наименование характеристик	ЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК							
			по лабораторным данным	по результатам статического зондирования	по результатам штамповых испытаний	по СП 22.13330.2016	нормативные характеристики грунтов	для расчета по деформациям $\alpha=0,85$	для расчета по несущей способности $\alpha=0,95$	категория по трудности разработки
	желто-коричневый, средней плотности, малой степени водонасыщения и водонасыщенный, с линзами песка мелкого, песка крупного с вкл. до 5% гравия, гальки, неоднородный	Влажность грунта, %	9,72/21,88	22,50	-	-	9,72/22,50	-	-	29Б
		Коэф-т пористости, д.е.	-	0,630	-	-	0,630	-	-	
		Модуль деформации, МПа	-	27	28	32	28	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	-	33	-	36	33	32	32	
		Удельное сцепление, кПа	-	-	-	1	1	1	1	
a.fQllms	ИГЭ-1в Песок средней крупности желто-коричневый, плотный, средней плотности, водонасыщенный, с линзами песка мелкого, песка крупного с вкл. до 5% гравия, гальки, неоднородный	Плотность грунта, г/см3	-	1,99/2,11	-	-	1,99/2,11	1,99/2,11	1,99/2,11	29Б
		Влажность грунта, %	9,72/21,88	16,79	-	-	16,79	-	-	
		Коэф-т пористости, д.е.	-	0,470	-	-	0,470	-	-	
		Модуль деформации, МПа	-	41	39	48	39	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	-	37	-	40	36	36	35	
		Удельное сцепление, кПа	-	-	-	3	3	3	2	
a.fQllms	ИГЭ-2 Песок пылеватый плотный, водонасыщенный, с прослоями супеси, неоднородный	Плотность грунта, г/см3	-	2,14	-	-	2,14	2,14	2,14	29Б
		Влажность грунта, %	-	16,01	-	-	12,70	-	-	
		Коэф-т пористости, д.е.	-	0,450	-	-	0,450	-	-	
		Модуль деформации, МПа	-	39	29	39	29	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	-	36	-	36	36	34	33	
		Удельное сцепление, кПа	-	-	-	8	8	8	5	
a.fQllms	ИГЭ-3 Песок мелкий плотный, водонасыщенный, с прослоями супеси, с вкл. до 5% гравия, гальки	Плотность грунта, г/см3	-	2,13	-	-	2,13	2,13	2,13	29Б
		Влажность грунта, %	-	16,07	-	-	15,00/16,07	-	-	
		Коэф-т пористости, д.е.	-	0,450	-	-	0,450	-	-	
		Модуль деформации, МПа	41	41	-	48	41	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	37	38	-	38	37	36	35	
		Удельное сцепление, кПа	4	-	-	6	4	4	4	
a.fQllms	ИГЭ-4 Суглинок тугопластичный до полутвердого, с вкл. до 5% гравия, гальки	Плотность грунта, г/см3	2,06	-	-	-	2,06	2,04	2,03	29Б
		Влажность грунта, %	20,43	-	-	-	20,43	-	-	
		Коэф-т пористости, д.е.	0,581	-	-	-	0,581	-	-	

Геолого-генетический индекс	№ ИГЭ	Наименование характеристик	ЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК							
			по лабораторным данным	по результатам статического зондирования	по результатам штамповых испытаний	по СП 22.13330.2016	нормативные характеристики грунтов	для расчета по деформациям $\alpha=0,85$	для расчета по несущей способности $\alpha=0,95$	категория по трудности разработки
		Модуль деформации, МПа	21	16	-	-	21	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	22	21	-	23	22	20	20	
		Удельное сцепление, кПа	44	25	-	36	44	42	41	
J3	ИГЭ-5 Глина полутвердая и твердая, слюдистая	Плотность грунта, г/см ³	1,70	-	-	-	1,70	1,69	1,68	29Б
		Влажность грунта, %	45,10	-	-	-	45,10	-	-	
		Кэф-т пористости, д.е.	1,318	-	-	-	1,318	-	-	
		Модуль деформации, МПа	21	-	-	-	21	-	-	
		Угол внутр. трения, Град	16	-	-	-	16	15	14	
		Удельное сцепление, кПа	123	-	-	-	123	114	107	
С3	ИГЭ-6 Известняк средней прочности, трещиноватый, сильновыветрелый, размягченный	Плотность грунта, г/см ³	2,54	-	-	-	2,54	2,53	2,53	29Б
		Влажность грунта, %	4,52	-	-	-	4,52	-	-	
		Карбонатность, %	95,25	-	-	-	95,25	-	-	
		Предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа	27,12	-	-	-	27,12	-	-	
		Предел прочности на одноосное сжатие в воздушно-сухом состоянии, МПа	38,65	-	-	-	38,65	-	-	
		Коэффициент размягчаемости	0,70	-	-	-	0,70	-	-	

* Значения для песков – в числителе для маловлажного, в знаменателе для водонасыщенного

Водовмещающими породами являются аллювиальные и водно-ледниковые пески средней крупности, мелкие и пылеватые, а также песчаные прослои в водно-ледниковых супесях. Подстилающим водоупором служат глинистые отложения юрской системы (J₃tt), вскрытые на глубине 17,0-29,5 м (абсолютные отметки 104,9-125,7 м).

Мощность обводненной толщи 6,0-23,0м. Питается водоносный горизонт за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгружается в нижележащий водоносный

горизонт и в р. Пехорку. Амплитуда сезонных колебаний уровня водоносного горизонта может достигать 1,0 м.

Территория изысканий по подтопляемости на основании СП 22.13330.2016, п. 5.4.9 является неподтопляемой постоянными подземными водами (глубина уровня подземных вод более 3 м).

По совокупности факторов инженерно-геологические условия площадки относятся ко II категории сложности (прил. Б СП 11-105-97, ч.1). Геотехническая категория объекта строительства – 2.

В соответствии с результатами настоящих изысканий и Государственной геологической картой РФ М 1:200000 (Лист № 37-П. Московская серия), геологическим строением района и условиями п.4.8 “Инструкции..”, территория работ является неопасной в карстово-суффозионном отношении, т.к. мощность регионального водоупора из юрских глин здесь составляет более 10 м.

3. Расчетное обоснование

Для выбора типа фундаментных конструкций была выполнена оценка возможности фундирования по 2-м вариантам:

Вариант 1 - свайное основание с типовым шагом 1,2мх1,5м и фундаментной плитой $h=0,8$ м на участках распространения рыхлых песков (ИГЭ-1а) и фундаментной плитой $h=0,8$ м на участках деформационных блоков без рыхлых песков в основании.

Вариант 2 - свайное основание на всех деформационных блоках с различной длиной свай. Критериями выбора типа фундаментных конструкций в соответствии с требованиями СП 22.13330.2010 приняты:

- максимальная допустимая осадка 150мм;
- разность осадок между деформационными блоками не более 25мм.

Расчет основания по каждому корпусу выполнялся по этапам:

Этап 1 - подбор основания по результатам вариантного моделирования в ПК Plaxis по критерию осадок.

Этап 2 - подтверждение результатов моделирования по оценке несущей способности свай по грунту и материалу в ПК SCAD.

При определении осадок и расчетных величин жесткостей свай применены следующие расчетные допущения:

1. Все сваи проектируемого свайного основания, моделируемые в рамках настоящих расчетов – забивные, сечением $0,3 \times 0,3$ м, марки С.***.30–8.У по ГОСТ 19804-2012. (где *** - показатель длины свай).

2. Длина и шаг свай в основных (исходных) вариантах расчетов по каждому корпусу принимались в соответствии с проектными данными по сведениям комплектов чертежей МРН/02/*-П-КР4.1.2 (где * – номер корпуса).

3. Длина свай в рассмотренных альтернативных вариантах для каждого корпуса назначалась исходя из предполагаемой необходимости для достижения выполнения нормативных требований по осадкам, а также в «увязке» с существующими исходным проектным решением. Шаг свай в плане в дополнительных вариантах расчетов установлен равным 1,5 м. При необходимости этот шаг может быть скорректирован с учетом особенностей свайного поля и габаритов фундаментной плиты.

4. Инженерно-геологические условия приняты на основании отчета «Инженерно-геологические условия приняты на основании отчета об инженерно-геологических изысканиях для объекта "Комплексная жилая застройка, расположенная по адресу: Московская область, Люберецкий район, п. Томилино, пос. 2-й этап строительства: жилые дома №№ 6, 7, 8, 10". Шифр 955/17. ООО "ПИК ЭкоПоле", Москва 2017.»

5. В рамках настоящих расчетов на свайные фундаменты проектируемых зданий прикладывалась равномерно-распределенная нагрузка по верху фундаментной плиты, равная 300 кПа. Собственный вес фундаментной плиты учтен введением в состав расчетной модели линейно-упругого слоя, равного толщине фундаментной плиты с расчетными характеристиками тяжелого бетона (собственный вес, модуль упругости и т.п.). Собственный вес свай заложен в параметрах балочных элементов, моделирующих сваи.

6. По результатам расчетов установлено, что продольное усилие в балочных элементах, моделирующих сваи, изменяется в пределах 370-440 кН/на погонный метр в направлении нормали к плоскости расчетной модели. Это означает, что при равномерном шаге $1,5 \times 1,2$ м на каждую сваю свайного поля приходится от 560 до 660 кН нагрузки, что в целом соответствует с принятой в проекте расчетной нагрузке на сваю, равной 60 т (≈ 600 кН). С учетом принятых в рамках настоящих расчетов допущений, величина жесткости свай была определена как отношение расчетной допускаемой нагрузки к максимальной осадке для каждой секции. В пределах одной секции величину жесткости свай свайного поля допустимо принять постоянной. Неравномерность деформаций фундаментной плиты в таком случае может быть оценена при проведении расчетов общей трехмерной модели здания путем приложения

реального поля распределения нагрузок на фундаментную плиту, а возможное превышение на отдельных участках фундаментной плиты принятого уровня нагрузок будет, таким образом, скомпенсировано.

Далее приведены результаты расчетов основного и альтернативных вариантов устройства свайных полей под фундаментными плитами рассмотренных зданий, а также графические материалы по результатам расчетов.

Вариант	Секция	Осадка, max, см	Жесткость свай, кН/м
Вариант 1 Сваи 9 м под всеми секциями	3-4	13,3	4500
	5-6	13,7	4400
	7	12,8	4700
Вариант 2 Сваи 12 м под всеми секциями	3-4	11,3	5300
	5-6	11,8	5100
	7	10,7	5600

При сравнении полученных значений максимальных осадок с учетом предельной допустимой осадки по СП22.13330 - 15см и условия равномерности осадок между деформационными блоками для разработки проектной документации выбран вариант 2 – сваи 12 м под всеми секциями.

Расчет несущей способности свай

Секции 1 – 8

Несущая способность свай по грунту

Расчет выполнен по СП 24.13330.2011

Тип сваи – Забивная – L=12м .

Вариант 1 - без лидерного бурения (В1).

Вариант 2 с лидерным бурением – 8 м, диам. 250мм – (В2).

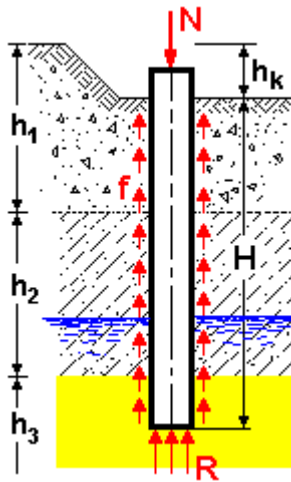
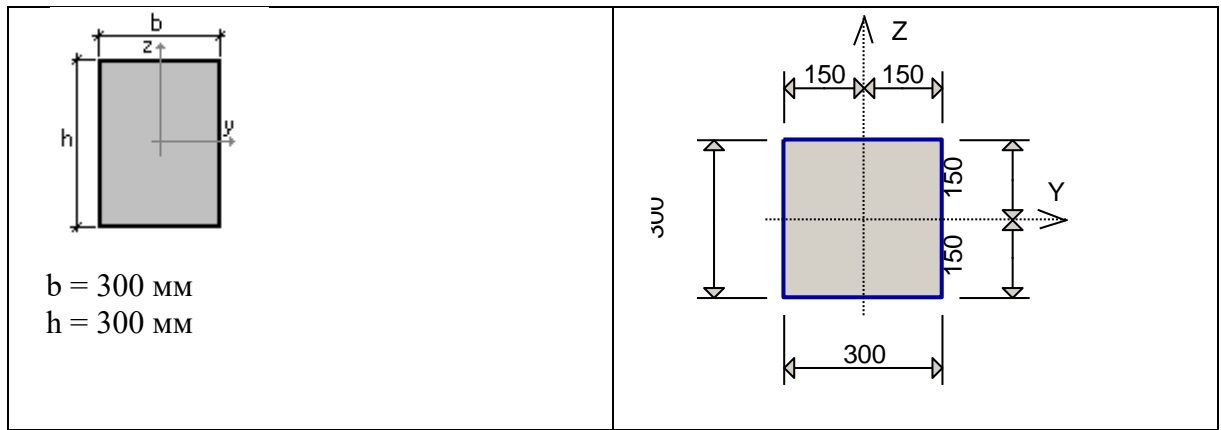
Коэффициент условий работы сваи в грунте:

- на участке с лидерным бурением - $\gamma_f = 0,6$;

- на участке без лидерного бурения - $\gamma_f = 1$.

Коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи $\gamma_{cR} = 1$

Сечение



Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 12$ м

Глубина котлована $h_k = 4$ м

Грунты

	Толщина слоя	Тип грунта	Разновидность песка	Показатель текучести I_L	Удельный вес	Угол внутреннего трения	Коэффициент пористости	Коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности γ_{cf}
	м				Т/м ³	град		
1	8	песчаный	средней крупности		1,69	27	0,73	1 – В1 0,8 – В2
2	7	песчаный	средней крупности		1,79	32	0,63	1
3	9	песчаный	пылеватый		2,14	33	0,45	1
4	7	песчаный	мелкий		2,13	35	0,45	1
5	10	пылевато-глинистый		0,25	1,68	14		1

Примечание. $\gamma_{cf} = 0,8$ – определен как средневзвешенное значение:

- при лидерном бурении на 4 м (ИГЭ-16) – 0,6;
- для участка без лидерного бурения – 4 м (ИГЭ-16) -1,0.

Результаты расчета без лидерного бурения (B1)

Несущая способность сваи, работающей на вертикальную нагрузку F_d	115,567	T
Несущая способность сваи, работающей на выдергивающую нагрузку F_{du}	72,725	T

Результаты расчета с лидерным бурением 8м диам. 250мм (B2)

Несущая способность сваи, работающей на вертикальную нагрузку F_d	92,754	T
Несущая способность сваи, работающей на выдергивающую нагрузку F_{du}	54,475	T

Расчётная нагрузка на сваю:

$$\text{Вариант 1 - } N = F_d / 1,4 = 115/1,4 = 82\text{тс.}$$

$$\text{Вариант 2 - } N = F_d / 1,4 = 92/1,4 = 65\text{тс.}$$

Для участка секций 1-3 приняты сваи длиной 12м. Проектное значение длины сваи принято 8м и подтверждено расчётом по второй группе предельных состояний.

Проектная длина свай должна подтверждаться результатами полевых испытаний свай и может быть откорректирована в рамках авторского надзора и научно-технического сопровождения авторами настоящего проекта.

Расчет сваи по несущей способности Расчет выполнен по СП 24.13330.2011

Тип сваи - Забивные сваи всех видов

Коэффициент надежности $\gamma_k = 1,4$

Расположение свай в фундаменте с ростверком - многорядное

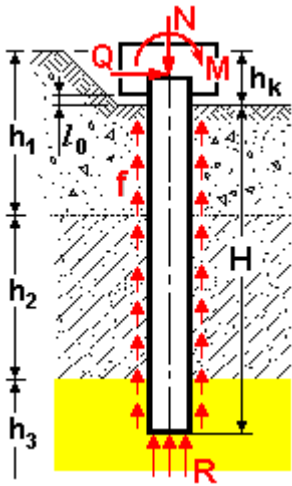
Низкий ростверк

Бетон тяжелый класса В25

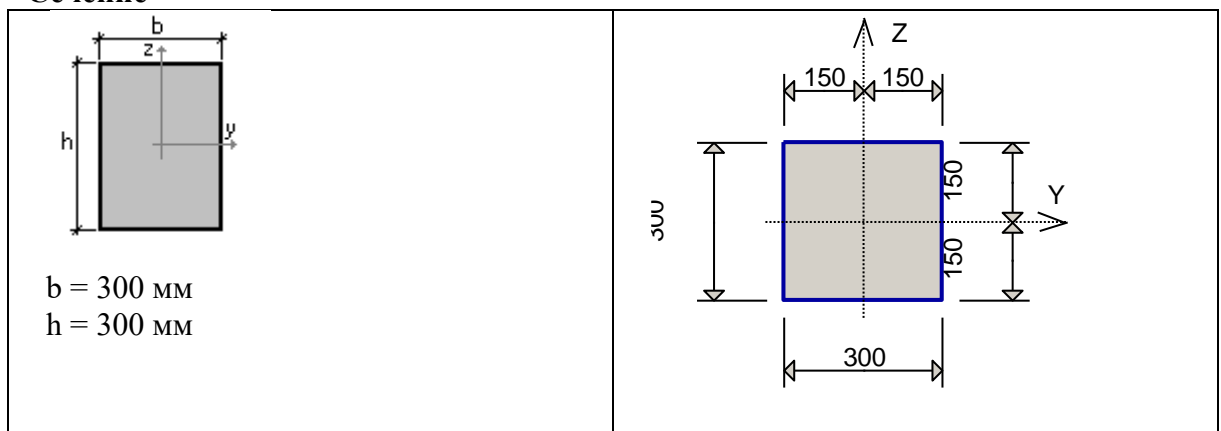
Расчетные нагрузки, приложенные к свае в уровне поверхности грунта

	N	M	Q	Коэффициент надежности по нагрузке
	T	T^*M	T	
1	60	0	0,2	1

Доля временной части в общем моменте в сечении фундамента на уровне нижних концов свай 0,1



Сечение



Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 12 \text{ м}$

Расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта $l_0 = 0 \text{ м}$

Глубина котлована $h_k = 4 \text{ м}$

Сопряжение сваи с ростверком – шарнирное

Грунты

	Толщина слоя	Тип грунта	Разновидность песка	Показатель текучести I_L	Удельный вес	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Коэффициент пористости
	м				Т/м ³	Т/м ²	град	
1	8	песчаный	средней крупности		1,69	0	27	0,73
2	7	песчаный	средней крупности		1,79	0	32	0,63
3	9	песчаный	пылеватый		2,14	0	33	0,45
4	7	песчаный	мелкий		2,13	0	35	0,45
5	10	пылеватый		0,25	1,68	10,7	14	

		глинистый						
--	--	-----------	--	--	--	--	--	--

Результаты расчета

Коэффициент использования ограничений по устойчивости основания, окружающего сваю	0,191	
Минимальный расчетный изгибающий момент M_z в сечении сваи (глубина 0 м)	0	Т*м
Максимальный расчетный изгибающий момент M_z в сечении сваи (глубина 1,92 м)	0,214	Т*м
Минимальная расчетная поперечная сила Q_z в сечении сваи (глубина 3,36 м)	-0,09	Т
Максимальная расчетная поперечная сила Q_z в сечении сваи (глубина 0 м)	0,2	Т
Расчетная продольная сила в сечении сваи	60	Т
Расчетное значение горизонтального перемещения сваи в уровне подошвы ростверка	0,001	м
Расчетное значение угла поворота сваи в уровне подошвы ростверка	0,018	град

Расчёт осадки одиночной сваи

Вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю 60 Т
 Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 11,5$ м
 Глубина котлована $h_k = 4$ м

Грунты

Слой	Толщина слоя м	Тип грунта	Модуль деформации Т/м ²
1	8	песчаный	850
2	7	песчаный	2800
3	9	песчаный	2900
4	7	песчаный	4100
5	10	песчаный	2100

Результаты расчета

Осадка сваи	16,871	мм
-------------	--------	----

Расчётные параметры сваи удовлетворяют требованиям СП 24.13330.2011 (Изм.1).

В соответствии с требованиями СП24.13330.2011 (Изм.1) для секций 1-8 приняты сваи длиной 12м сечением 30х30см по серии 1.011.1-10 Сваи забивные железобетонные. Выпуск 1.Часть1.Сваи цельные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой требуемое армирование сваи – 4 \varnothing 12А400.

Вариант	Секция	Осадка, max, см	Жесткость свай, кН/м
Вариант 1	5-4	12,5	4800

Сваи 15 м под секциями 5-4 Под секциями, 3-1 свай нет	3-1	20,7	–
Вариант 2	5-4	9,8	6100
Сваи 15 м под секциями 5-4 Сваи 12 м под секциями 3-1	3-1	11,2	5350
Вариант 3	5-4	9,1	6600
Сваи 15 м под секциями 5-4 Сваи 15 м под секциями 3-1	3-1	8,4	7150

При сравнении полученных значений максимальных осадок с учетом предельной допустимой осадки по СП22.13330 - 15см и условия равномерности осадок между деформационными блоками для разработки проектной документации выбран вариант 3 – сваи 15 м под секциями 5-4, сваи 15 м под секциями 3-1.

Расчет несущей способности свай.

Расчётное сечение 1 (Секции 4,5)

Расчет выполнен по СП 24.13330.2011

Тип сваи – Забивная – L=14м .

Вариант 1 - без лидерного бурения (В1).

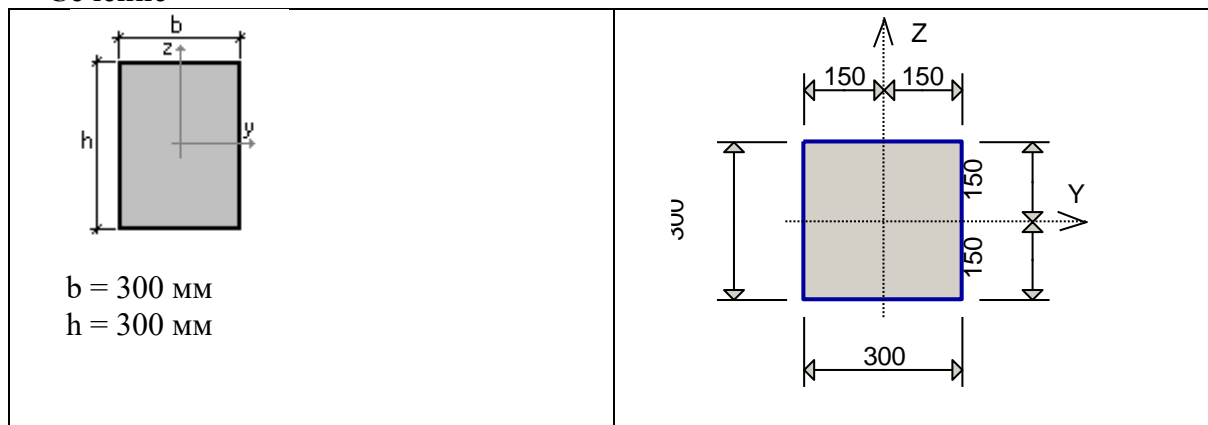
Вариант 2 с лидерным бурением – 7 м, диам. 250мм – (В2).

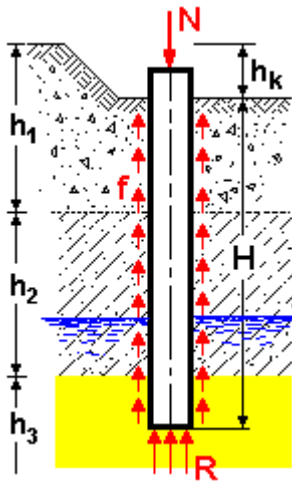
Коэффициент условий работы сваи в грунте:

- на участке с лидерным бурением - $\gamma_f = 0,6$;
- на участке без лидерного бурения - $\gamma_f = 1$.

Коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи $\gamma_{cr} = 1$

Сечение





Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 14$ м

Глубина котлована $h_k = 4$ м

Грунты

Толщина слоя	Тип грунта	Разновидность песка	Показатель текучести I_L	Удельный вес	Угол внутреннего трения	Коэффициент пористости	Коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности γ_{cf}
м				Т/м ³	град		
8,5	песчаный	средней крупности		1,79	32	0,63	1
7	песчаный	средней крупности		1,69	27	0,73	1
8,5	пылевато-глинистый		0,5	2,03	20		1
3	песчаный	мелкий		2,13	35	0,45	1
1,5	пылевато-глинистый		0,5	2,03	20		1
2,5	песчаный	мелкий		2,13	35	0,45	1
10	пылевато-глинистый		0,25	1,68	14		1

Результаты расчета без лидерного бурения (B1)

Несущая способность сваи, работающей на вертикальную нагрузку F_d	115,272	T
Несущая способность сваи, работающей на выдергивающую	79,447	T

нагрузку F_{du}		
-------------------	--	--

Результаты расчета с лидерным бурением 7м диам.250мм (B2)

Несущая способность сваи, работающей на вертикальную нагрузку F_d	90,81	T
Несущая способность сваи, работающей на выдергивающую нагрузку F_{du}	59,878	T

Расчётная нагрузка на сваю:

$$\text{Вариант 1 - } N = F_d / 1,4 = 115/1,4 = 82\text{тс.}$$

$$\text{Вариант 2 - } N = F_d / 1,4 = 90/1,4 = 63\text{тс.}$$

Для участка секций 4,5 приняты сваи длиной 14м. Проектное значение длины сваи принято 14м и подтверждено расчётом по второй группе предельных состояний.

Проектная длина свай должна подтверждаться результатами полевых испытаний свай и может быть откорректирована в рамках авторского надзора и научно-технического сопровождения авторами настоящего проекта.

Расчет сваи по несущей способности

Тип сваи - Забивные сваи всех видов

Коэффициент надежности γ_k 1,4

Расположение свай в фундаменте с ростверком - многорядное

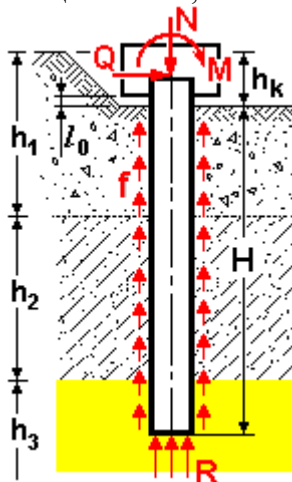
Низкий ростверк

Бетон тяжелый класса В25

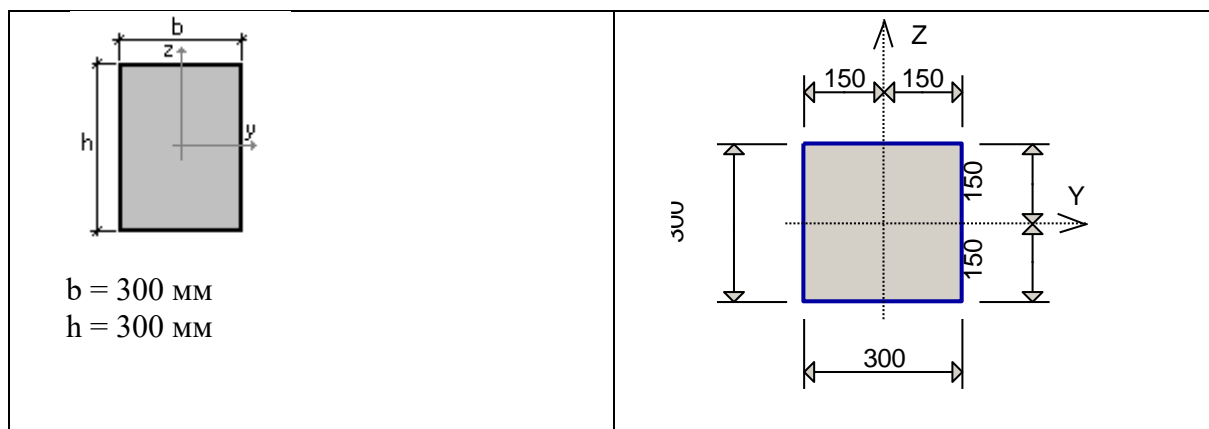
Расчетные нагрузки, приложенные к свае в уровне поверхности грунта

	N	M	Q	Коэффициент надежности по нагрузке
	T	T*M	T	
1	60	4	0	1

Доля временной части в общем моменте в сечении фундамента на уровне нижних концов сваи 0,1



Сечение



Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 14$ м

Расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта $l_0 = 0$ м

Глубина котлована $h_k = 4$ м

Сопряжение сваи с ростверком - шарнирное

Грунты

	Толщи на слоя	Тип грунта	Разновид ность песка	Показате ль текучест и I_L	Удельны й вес	Удельное сцеплени е	Угол внутренн его трения	Коэффици ент пористост и
	м				Т/м ³	Т/м ²	град	
1	8,5	песчаный	средней крупност и		1,79	0	32	0,63
2	7	песчаный	средней крупност и		1,69	0	27	0,73
3	8,5	пылевато - глинисты й		0,5	2,03	4,1	20	
4	3	песчаный	мелкий		2,13	0	35	0,45
5	1,5	пылевато - глинисты й		0,5	2,03	4,1	20	
6	2,5	песчаный	мелкий		2,13	0	35	0,45
7	10	пылевато - глинисты й		0,25	1,68	10,7	14	

Результаты расчета

Коэффициент использования ограничений по устойчивости основания, окружающего сваю	0,896	
Минимальный расчетный изгибающий момент M_z в сечении сваи (глубина 5,6 м)	0,023	Т*м
Максимальный расчетный изгибающий момент M_z в сечении сваи (глубина 0 м)	4	Т*м

Минимальная расчетная поперечная сила Qz в сечении сваи (глубина 2,24 м)	-1,416	Т
Максимальная расчетная поперечная сила Qz в сечении сваи (глубина 5,6 м)	0,001	Т
Расчетная продольная сила в сечении сваи	60	Т
Расчетное значение горизонтального перемещения сваи в уровне подошвы ростверка	0,006	м
Расчетное значение угла поворота сваи в уровне подошвы ростверка	0,261	град

Расчёт осадки одиночной сваи

Вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю 60 Т

Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 14$ м

Глубина котлована $h_k = 4$ м

Грунты

Слой	Толщина слоя	Тип грунта	Модуль деформации
	м		Т/м ²
1	8,5	песчаный	2800
2	7	песчаный	850
3	8,5	пылевато-глинистый	2100
4	3	песчаный	4100
5	1,5	пылевато-глинистый	2100
6	2,5	песчаный	4100
7	10	пылевато-глинистый	2100

Результаты расчета

Осадка сваи	14,585	мм
-------------	--------	----

Расчётные параметры сваи удовлетворяют требованиям СП 24.13330.2011 (Изм.1).

В соответствии с требованиями СП24.13330.2011 (Изм.1) для секций 4,5 приняты сваи длиной 14м (с учётом жесткой заделки в ростверк +1м – длина сваи -15м) сечением 30х30см по серии 1.011.1-10 Сваи забивные железобетонные. Выпуск 8.Сваи составные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой.

Расчётное сечение 2 (Секции 1-3)

Тип сваи – Забивная – $L=14$ м .

Вариант 1 - без лидерного бурения (В1).

Вариант 2 с лидерным бурением – 7 м, диам. 250мм – (В2).

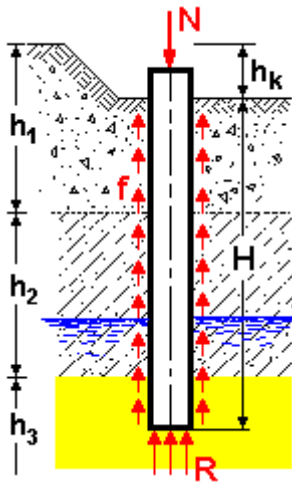
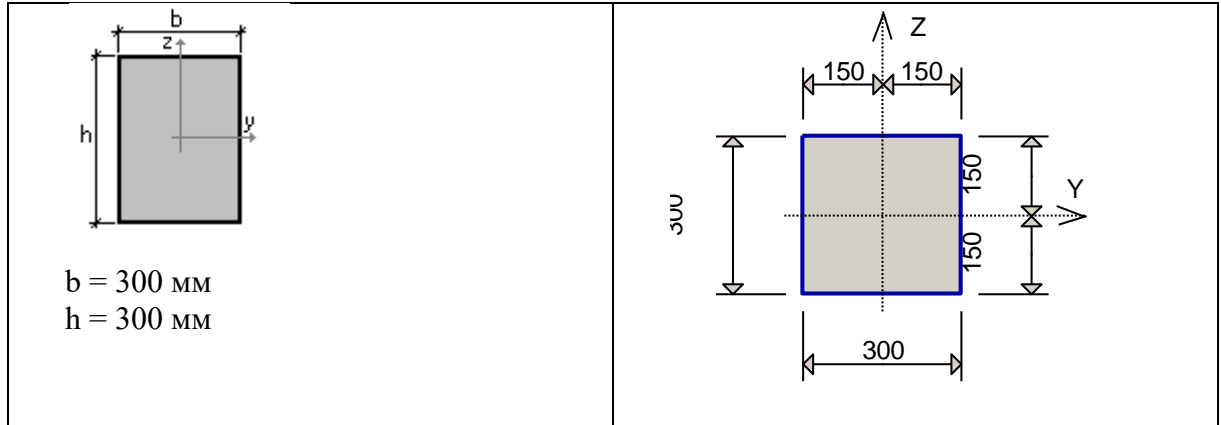
Коэффициент условий работы сваи в грунте:

- на участке с лидерным бурением - $\gamma_f = 0,6$;

- на участке без лидерного бурения - $\gamma_f = 1$.

Коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи $\gamma_{cR} = 1$

Сечение



Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 14$ м

Глубина котлована $h_k = 4$ м

Грунты

Толщина слоя	Тип грунта	Разновидность песка	Показатель текучести и I_L	Удельный вес	Угол внутреннего трения	Коэффициент пористости	Коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности γ_{cf}
м				Т/м ³	град		
10,5	песчаный	средней крупности		1,79	32	0,63	1 – В1 0,75 – В2 (глубина-4м)
5,5	пылеватоглинистый		0,5	2,03	20		1
5	песчаный	пылеватый		2,14	33	0,45	1
10	песчаный	мелкий		2,13	35	0,45	1

10	пылеват о- глинист ый		0,25	1,68	14		1
----	--------------------------------	--	------	------	----	--	---

Примечание. $\gamma_{cf} = 0,75$ – определен как средневзвешенное значение:

- при лидерном бурении на 4 м – 0,6;
- для участка без лидерного бурения – 2,5 м - 1,0.

Результаты расчета без лидерного бурения (B1)

Несущая способность сваи, работающей на вертикальную нагрузку F_d	102,084	T
Несущая способность сваи, работающей на выдергивающую нагрузку F_{du}	61,234	T

Результаты расчета с лидерным бурением 4м диам.250мм (B2)

Несущая способность сваи, работающей на вертикальную нагрузку F_d	90,121	T
Несущая способность сваи, работающей на выдергивающую нагрузку F_{du}	51,664	T

Расчётная нагрузка на сваю:

$$\text{Вариант 1 - } N = F_d / 1,4 = 102/1,4 = 72\text{тс.}$$

$$\text{Вариант 2 - } N = F_d / 1,4 = 90/1,4 = 63\text{тс.}$$

Для участка секций 1-3 приняты сваи длиной 14м. Проектное значение длины сваи принято 8м и подтверждено расчётом по второй группе предельных состояний.

Проектная длина свай должна подтверждаться результатами полевых испытаний свай и может быть откорректирована в рамках авторского надзора и научно-технического сопровождения авторами настоящего проекта.

Расчет сваи по несущей способности

Расположение свай в фундаменте с ростверком - многорядное

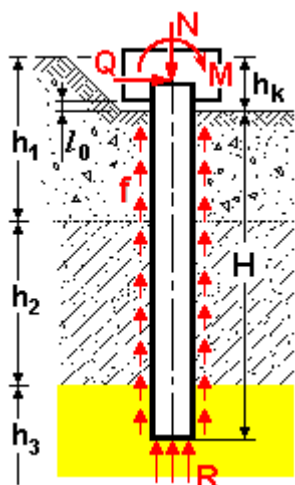
Низкий ростверк

Бетон тяжелый класса В25

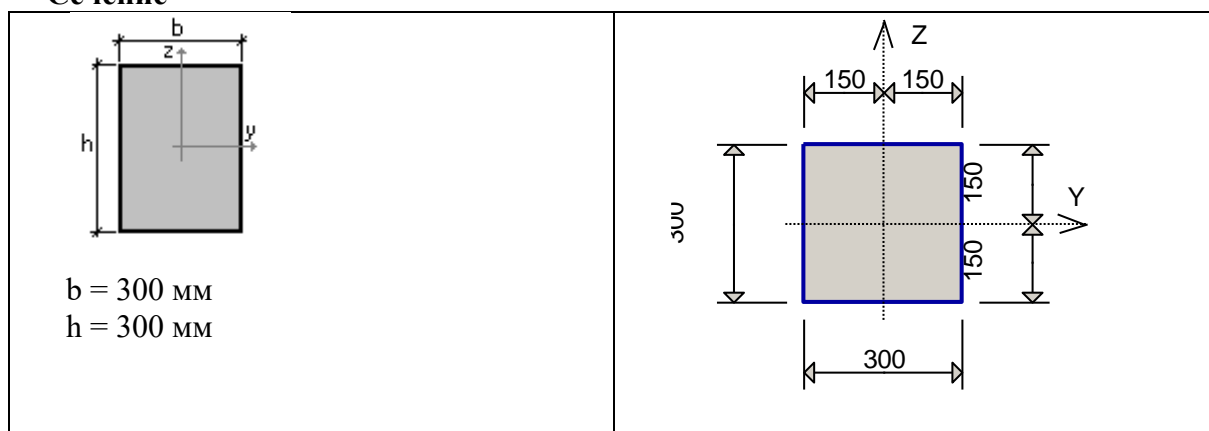
Расчетные нагрузки, приложенные к свае в уровне поверхности грунта

	N	M	Q	Коэффициент надежности по нагрузке
	T	T*M	T	
1	60	4	0	1

Доля временной части в общем моменте в сечении фундамента на уровне нижних концов свай 0,1



Сечение



Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 14 \text{ м}$

Расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта $l_0 = 0 \text{ м}$

Глубина котлована $h_k = 4 \text{ м}$

Сопряжение сваи с ростверком – шарнирное

Грунты

	Толщина слоя	Тип грунта	Разновидность песка	Показатель текучести и I_L	Удельный вес	Удельное сцепление	Угол внутреннего трения	Коэффициент пористости
	м				Т/м ³	Т/м ²	град	
1	10,5	песчаный	средней крупности		1,79	0	32	0,8
2	5,5	пылеватоглинистый		0,5	2,03	0	20	
3	5	песчаный	пылеват		2,14	0	33	0,8

		й	ый					
4	10	песчаны й	мелкий		2,13	0	35	0,8
5	10	пылеват о- глинист ый		0,25	1,68	0	14	

Результаты расчета

Коэффициент использования ограничений по устойчивости основания, окружающего сваю	0,76	
Минимальный расчетный изгибающий момент M_z в сечении сваи (глубина 5,6 м)	0,023	Т*м
Максимальный расчетный изгибающий момент M_z в сечении сваи (глубина 0 м)	4	Т*м
Минимальная расчетная поперечная сила Q_z в сечении сваи (глубина 2,24 м)	-1,357	Т
Максимальная расчетная поперечная сила Q_z в сечении сваи (глубина 5,6 м)	0,001	Т
Расчетная продольная сила в сечении сваи	60	Т
Расчетное значение горизонтального перемещения сваи в уровне подошвы ростверка	0,006	м
Расчетное значение угла поворота сваи в уровне подошвы ростверка	0,272	град

Расчёт осадки одиночной сваи

Вертикальная нагрузка, передаваемая на сваю 60 Т
Глубина погружения нижнего конца сваи $H = 14$ м
Глубина котлована $h_k = 4$ м

Грунты

Слой	Толщина слоя	Тип грунта	Модуль деформации
	м		Т/м ²
1	10	песчаный	2800
2	5,5	песчаный	2100
3	5	песчаный	2900
4	10	песчаный	4100
5	10	песчаный	2100

Результаты расчета

Осадка сваи	6,174	мм
-------------	-------	----

Расчётные параметры сваи удовлетворяют требованиям СП 24.13330.2011 (Изм.1).
В соответствии с требованиями СП24.13330.2011 (Изм.1) для секций 4,5 приняты сваи длиной 14м (с учётом жесткой заделки в ростверк +1м – длина сваи -15м) сечением 30х30см по серии 1.011.1-10 Сваи забивные железобетонные. Выпуск 8.Сваи составные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой.