

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(СИБСТРИН)

**Кафедра инженерной
геологии, оснований
и фундаментов**

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ПРОСАДОЧНЫХ ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ ГРУНТОВ

Методические указания и задания
по выполнению практических работ
по курсу «Проектирование и исследования
по профилю подготовки» для студентов, обучающихся
по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»
всех форм обучения

НОВОСИБИРСК 2020

Методические указания разработаны
канд. техн. наук, доцентом, зав. кафедрой ИГОФ
С.В. Линовским и ст. преподавателем кафедры ИГОФ
Т.А. Якушкиной.

Утверждены учебно-методической комиссией
института строительства
10 июля 2020 года

Рецензенты:

- В.С. Молчанов, канд. техн. наук, профессор
кафедры ИГОФ НГАСУ (Сибстрин);
- Б.В. Крутасов, канд. техн. наук, доцент
кафедры ИГОФ НГАСУ (Сибстрин)

© Новосибирский государственный
архитектурно-строительный
университет (Сибстрин), 2020
(доработка 2025 года)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	4
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	5
3 ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТОВ ПОД КОЛОННУ КАРКАСА ЗДАНИЯ	6
Задание № 1. Фундамент на естественном основании.....	6
3.1 Назначение основных размеров фундамента и определение осадки основания.....	6
3.2 Определение значения начального просадочного давления.....	7
3.3 Определение типа грунтовых условий по просадочности.....	8
3.4 Расчет совместной просадки основания и фундамента (с использованием начального просадочного давления).....	10
3.5 Определение общих совместных (осадка + просадка) деформаций основания и фундамента	11
Задание № 2. Свайный фундамент.....	12
3.6 Назначение длины сваи	12
3.7 Расчет несущей способности одиночной сваи	12
3.7.1 Расчет в грунтовых условиях I типа	13
3.7.2 Расчет в грунтовых условиях II типа.....	13
3.8 Назначение количества свай в кусте и определение размеров ростверка	14
3.9 Определение осадки свайного фундамента.....	15
3.10 Проверка выполнения условия $s \leq s_u$	16

Выводы и заключение по практическим работам	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 7	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 8	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 9	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 10	32

ВВЕДЕНИЕ

К просадочным грунтам относятся лессы, лессовидные супеси, суглинки и глины, некоторые виды покровных суглинков и супесей, а также, в отдельных случаях, мелкие и пылеватые пески с повышенной структурной прочностью, насыпные глинистые грунты, отходы промышленных производств (колосниковая пыль, зола и т.п.), пепловые отложения и др.

Отличительная особенность просадочных грунтов заключается в их способности в напряженном состоянии от собственного веса или внешней нагрузки при повышении влажности (замачивании) давать дополнительные деформации, называемые просадками.

В практике проектирования и строительства степень просадочности грунтов оценивается показателем «относительная просадочность» (ε_{sl}). При достижении или превышении этим показателем значения 0,01 грунт относят к категории просадочных. Это влечет за собой выполнение соответствующих дополнительных расчетов грунтового основания и, при необходимости, принятие мер, направленных на ликвидацию просадочных свойств грунта и (или) ограничение его деформаций.

В любом случае суммарные расчетные совместные деформации фундамента и грунтового основания, в состав которого входят просадочные грунты, не должны быть более предельно допустимых деформаций, заданных нормами [1].

Обучающемуся предлагается самостоятельно (под руководством преподавателя в аудиторных условиях) на основании современных строительных норм (сводов правил (СП)) выполнить расчет и проектирование фундаментов под сборную колонну каркаса промышленного здания на строительной площадке, сложенной просадочными грунтами. В заданиях на выполнение практических работ (выдается преподавателем) ставится задача осуществить проектирование фундамента в двух вариантах: на естественном основании ([задание № 1](#)) и свайного ([задание № 2](#)). В завершение работы предлагается сравнить эти два варианта и сделать соответствующие выводы об эффективности применения указанных типов фундаментов.

1 СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

Расчетная работа оформляется в виде пояснительной записки с одной или двух сторон листа формата А4 (210×297 мм). Пояснительная записка должна содержать исходные данные о фундаменте и нагрузках, действующих на него, инженерно-геологические условия строительной площадки (как правило, содержатся в задании на выполнение работы), а также расчеты и пояснения к ним с обоснованием принятых технических решений в последовательности, предусмотренной данными методическими указаниями.

В начале записки помещается титульный лист ([приложение 1](#)), затем оглавление (содержание), задание на проектирование ([приложения 2](#) или [3](#)), расчеты со схемами, пояснениями и выводами, в конце – список использованной литературы ([приложение 10](#)). Текстовый материал должен быть предельно сжатым. На все заимствования из литературных источников (СП, справочников, методических указаний и т.д.) в записке должны быть сделаны соответствующие ссылки. Расчеты обязательно должны содержать эскизы, схемы с наименованиями и необходимыми размерами, а также пронумерованные исходные формулы. Страницы записки должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами (первая страница – оглавление).

Записка на защиту (проверку) представляется в сброшюрованном виде.

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходные данные представлены тремя блоками:

1. Сведения о конструктивных особенностях здания.
2. Сведения о нагрузках, действующих на фундамент.
3. Сведения об инженерно-геологических условиях площадки строительства.

Номер варианта указывается преподавателем в заданиях на выполнение практических (расчетных) работ. Сведения об инженерно-геологических условиях площадки принимаются по таблицам [приложения 4](#) в зависимости от варианта.

3 ОБЩАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА ФУНДАМЕНТОВ ПОД КОЛОННУ КАРКАСА ЗДАНИЯ

Задание № 1. Фундамент на естественном основании

Расчет выполняется по II группе предельных состояний (по деформациям). Необходимо, чтобы общие совместные деформации основания и фундамента (деформации осадки и деформации просадки) не превышали предельного значения осадки основания фундамента:

$$s + s_{sl} \leq s_u,$$

где s – осадка основания фундамента (совместная деформация основания и сооружения), см;

s_{sl} – просадка основания фундамента (совместная деформация просадки основания и сооружения), см;

s_u – предельное значение осадки основания фундамента (совместной деформации основания и сооружения), см.

3.1 Назначение основных размеров фундамента и определение осадки основания

На первом этапе расчета основные размеры фундамента (глубина заложения d , ширина b и длина подошвы ℓ) рекомендуется определять без учета просадочных свойств грунтового основания. Размеры можно назначать исходя из следующих рекомендаций:

- глубина заложения определяется на основании [1, п. 5.5] исходя из конструктивных особенностей здания (типа и глубины заделки колонны в тело фундамента или глубины стакана) и условия недопущения проявления сил морозного пучения под подошвой фундамента;

- размеры подошвы фундамента в первом приближении могут быть приняты равными размерам обреза (верхней грани) фундамента из условия обеспечения надежного соединения колонны (ее заделки) в стаканную часть фундамента. В дальней-

шем эти размеры должны быть уточнены из условия [1, п. 5.6.5] ($s \leq s_u$), при обязательном обеспечении условия [1, п. 5.6.7].

Для данного расчетного случая

$$P_{cp} \leq R, P_{\max 1,2} \leq 1,2R, P_{\max} \leq 1,5R, P_{\min} \geq 0,$$

где P_{cp} , $P_{\max 1,2}$, $P_{\max}$, $P_{\min}$ – давления в различных точках непосредственно под подошвой фундамента, кПа; R – расчетное сопротивление грунта основания, кПа.

Значения размеров подошвы фундамента b и ℓ рекомендуется принимать кратными модульному размеру инвентарной опалубки (0,3 м), а высоту – кратной 0,15 м.

Осадку s , см, необходимо определять по [1, п. 5.6.31]. При этом промежуточные значения напряжений в грунте рекомендуется определять в табличной форме (см. [приложение 5](#)). Предельные деформации основания фундаментов s_u , см, следует принимать по [1, табл. Г.1].

Полученное значение расчетной осадки (s), таким образом, является одной из составляющих общих деформаций основания фундамента; другая составляющая (s_{sl}) должна быть получена по результатам расчета просадки основания.

3.2 Определение значения начального просадочного давления

Давление, при котором начинают проявляться просадочные свойства грунта, называется начальным просадочным давлением p_{sl} (МПа или кПа). По результатам компрессионных испытаний грунтов за начальное просадочное давление принимается такое давление, при котором относительная просадочность $\varepsilon_{sl} = 0,01$.

Последовательность и порядок определения начального просадочного давления:

1. По данным лабораторных (компрессионных) испытаний грунта на просадочность (см. [исходные данные](#)) строятся графики зависимости относительной просадочности от внешнего давления для каждого горизонта (места отбора образца):

$$\varepsilon_{sl_i} = f(\sigma_i).$$

При этом по оси абсцисс откладываются значения вертикальных давлений σ_i (от 0 до 0,3 МПа с интервалом 0,05 МПа), по оси ординат – соответствующие этим давлениям значения относительной просадочности ε_{sl_i} .

2. С использованием полученных выше графиков определяются начальные просадочные давления для каждого горизонта. С этой целью через точку, соответствующую значению 0,01 на оси ε_{sl} , проводится горизонтальная линия; места проекции на горизонтальную ось точек пересечения этой линии с графиками относительной просадочности соответствуют значениям начальных просадочных давлений p_{sl} на каждой глубине отбора образцов.

3. По полученным значениям p_{sl_i} строится график изменения начального просадочного давления на каждой глубине отбора образцов.

3.3 Определение типа грунтовых условий по просадочности

Тип грунтовых условий по просадочности может быть установлен по результатам натурных испытаний грунтов на строительной площадке или определен расчетом по нормам [1].

Грунтовые условия в зависимости от возможности проявления просадок грунта от собственного веса в соответствии с [1, п. 6.1.9] подразделяются на два типа:

I тип – грунтовые условия, в которых возможна в основном просадка грунтов от внешней нагрузки; просадка грунтов от собственного веса отсутствует или не превышает 5 см.

II тип – грунтовые условия, в которых помимо просадки грунтов от внешней нагрузки возможна их просадка от собственного веса, и ее величина превышает 5 см.

Порядок определения типа грунтовых условий по просадочности расчетом по величине возможной просадки от собственного веса с использованием сведений, полученных в результате лабораторных испытаний, следующий:

1. Устанавливается толщина слоя грунта H_{sl} , в пределах которой возможно проявление просадки; нижняя граница проса-

дочной толщ принимает на глубине, где относительная просадочность $\varepsilon_{sl} < 0,01$.

2. Просадочная толща грунта разбивается на отдельные слои высотой h_i не более 2 м. Желательно, чтобы середины слоев совпадали с горизонтами мест отбора образцов грунта.

3. В точках, соответствующих серединам каждого i -го слоя, вычисляются значения природных давлений с учетом того, что удельный вес грунта принимается при полном его водонасыщении (коэффициент водонасыщения $S_r \geq 0,8$). Значение показателя удельного веса грунта при полном водонасыщении может быть определено по следующей формуле:

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1 + e\gamma_w / \gamma_s),$$

где $\gamma_d, \gamma_w, \gamma_s$ – удельный вес соответственно сухого грунта, воды, твердых частиц грунта, кН/м^3 ,

$$\gamma_d = \gamma / (1 + \omega),$$

здесь γ – удельный вес грунта, кН/м^3 ; ω – природная влажность, д.е.;

e – коэффициент пористости.

4. По полученным значениям напряжений от собственного веса грунта в i -х точках с помощью графиков (см. [п. 3.2](#)) определяются значения относительной просадочности на соответствующих глубинах.

5. В пределах каждого слоя определяются возможные просадки от собственного веса грунта $s_{sl,gi}$ и общая просадка всей грунтовой толщ $s_{sl,g} = \Sigma s_{sl,gi}$ по [1, формула (6.4)]. Слои просадочной толщ, в пределах которых $\varepsilon_{sl} < 0,01$, исключаются из расчета. Следует иметь в виду, что при определении просадки от собственного веса грунта коэффициент k_{sl} принимается равным единице; расчет рекомендуется оформлять в табличной форме (см. [приложение 6](#)).

6. По найденной величине суммарной деформации просадки $\Sigma s_{sl,gi}$ устанавливается тип грунтовых условий по просадочности [1, п. 6.1.9].

3.4 Расчет совместной просадки основания и фундамента (с использованием начального просадочного давления)

Определение совместных деформаций просадки основания и фундамента s_{sl} (другую составляющую общих деформаций) рекомендуется выполнять в приведенной ниже последовательности:

1. Просадочная толща грунта под подошвой фундамента разбивается на отдельные слои h_i так, чтобы горизонты определения ε_{sl_i} соответствовали серединам этих слоев, при этом толщина каждого слоя должна быть не более 2 м. Изменение суммарного напряжения в пределах каждого слоя не должно превышать 200 кПа, а количество слоев должно быть не менее двух.

2. На кровле каждого выделенного слоя определяются значения природного (σ_{zgi} , кПа) и дополнительного (σ_{zpi} , кПа) давления.

3. В этих же точках определяются суммарные напряжения от давления фундамента (дополнительные напряжения) и собственного веса грунта (природные напряжения):

$$\sigma_{zi} = \sigma_{zpi} + \sigma_{zgi}, \text{ кПа.}$$

4. Используя полученные выше суммарные напряжения, определяются напряжения в середине i -го слоя как среднее арифметическое значение напряжений на кровле и подошве слоя.

5. По фактическим средним значениям напряжений и графикам, полученным по [п. 3.2](#) настоящих методических указаний, определяется относительная просадочность ε_{sl_i} в середине каждого слоя в пределах толщи просадки.

Примечание. Вычисление указанных выше значений вертикальных напряжений по глубине удобно производить в форме таблицы (см. [приложение 7](#)).

6. По найденным значениям природных и суммарных напряжений строится расчетная схема распределения напряжений по глубине и расчетная схема изменения начального просадочного давления p_{sl} по данным, полученным по [п. 3.2](#) настоящих

методических указаний. Общий вид графиков распределения напряжений см. в [1, рис. 6.1].

7. Просадочная толща H_{sl} (см. [1, рис. 6.1]) принимается равной сумме расчетных слоев, в которых напряжения в середине слоя от давления фундамента и собственного веса грунта равны или превышают начальное просадочное давление, т.е. $\sigma_{zi} \geq p_{sl}$; при этом толщина зоны просадки для вычисления s_{sl} разбивается на два горизонта:

- первый горизонт – это верхняя толща зоны просадки $h_{sl,p}$, где просадки грунта $s_{sl,p}$ определяются как от внешней нагрузки P . При этом нижняя граница этой зоны соответствует глубине z_g , где значение суммарных напряжений минимально (при слившихся зонах просадки, если $\sigma_{z\min} > p_{sl}$), или глубине, где $\sigma_{zi} = \sigma_{zpi} + \sigma_{zgi} = p_{sl}$;
- второй горизонт – это нижняя толща зоны просадки, где просадки определяются как от собственного веса грунта $s_{sl,g}$. Данная толща начинается с глубины z_g и до глубины, соответствующей нижней границе просадочной толщи.

8. Определяется просадка основания фундамента (совместная просадка) по [1, формула (6.4)], при этом в пределах верхней зоны коэффициент k_{sl} определяют по [1, формула (6.6)]; в пределах нижней зоны k_{sl} принимается равным 1.

3.5 Определение общих совместных (осадка + просадка) деформаций основания и фундамента

Определяется общая совместная деформация ($s + s_{sl}$) основания и фундамента, которая сопоставляется с предельной деформацией основания фундамента (s_u), принимаемой по [1, табл. Г.1].

При соблюдении условия $s + s_{sl} \leq s_u$ расчет основания фундамента промышленного здания в условиях просадочных грунтов считается завершенным. В противном случае, при несоблюдении указанного условия, необходимо предложить конструктивные мероприятия, направленные на снижение деформаций основания и фундамента и позволяющие осуществить возведение промышленного объекта в определенном проектом месте.

Задание № 2. Свайный фундамент

3.6 Назначение длины сваи

На территориях с просадочными грунтами при возможности замачивания грунта свайные фундаменты следует применять в случаях, когда возможна прорезка сваями всех слоев просадочных грунтов, прочностные и деформационные характеристики которых снижаются при замачивании [2, п. 9.3].

Длина свай назначается из условия заглубления их нижних концов, как правило, в скальные грунты, пески плотные и средней плотности, глинистые грунты с показателем текучести в водонасыщенном состоянии:

$I_L < 0,6$ – для всех видов свай в грунтовых условиях I типа просадочности;

$I_L < 0,4$ – для забивных свай и $I_L < 0,2$ – для буронабивных свай при $s_{sl,g} \leq s_u$ в грунтовых условиях II типа;

$I_L < 0,2$ – для забивных свай и $I_L < 0$ – для буронабивных свай при $s_{sl,g} > s_u$ в грунтовых условиях II типа.

При определении общей длины забивных свай следует учитывать мощности прорезаемых пластов грунта, глубину котлована с учетом высоты ростверка и толщины бетонной подготовки под его подошвой, длины верхнего конца сваи, заделываемого в ростверк, и заглубления нижнего конца сваи в несущий пласт грунта [2, п. 8.14]. Окончательно длина забивной сваи принимается по номенклатуре железобетонных изделий, предлагаемых заводами строительной индустрии.

3.7 Расчет несущей способности одиночной сваи

Расчет несущей способности свай производится в зависимости от типа грунтовых условий по просадочности, прогнозирования условий и режима замачивания просадочной толщи в соответствии с указаниями [2, п. 9.5].

3.7.1 Расчет в грунтовых условиях I типа

Расчет свай следует производить с учетом снижения несущей способности свай от замачивания просадочного грунта для следующих условий:

а) при полном водонасыщении грунта, если возможно замачивание грунта. Расчетные табличные характеристики принимаются при показателе текучести, соответствующем водонасыщенному состоянию грунта по [2, формула (9.1)];

б) если замачивание грунта невозможно, то предполагается, что возможно медленное повышение влажности до границы раскатывания (если при изысканиях значения природной влажности были меньше значений влажности на границе раскатывания). При этом характеристики грунта должны приниматься при влажности $w = w_p$, а показатель текучести I_L вычисляется по формуле

$$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p).$$

3.7.2 Расчет в грунтовых условиях II типа

Расчет несущей способности сваи и допускаемой нагрузки на нее при II типе просадочности грунта осуществляется с учетом сил отрицательного (негативного) трения по боковой поверхности сваи, которые возникают при просадке грунтовой толщи под собственным весом вследствие нависания грунтов на сваю. Учет сил негативного трения производится в соответствии с [2, п. 9.9, формула (9.2)]. Отрицательную силу трения P_n следует определять по [2, п. 9.10, формула (9.3)]. При этом отрицательные силы бокового трения проседающих слоев грунта суммируются до расчетной глубины h_{sl} , принимаемой равной всей глубине просадочной толщи. В предыдущей редакции норм (СП 24.13330.2011) эта величина принималась равной глубине, где значения просадки грунта от действия собственного веса, определенного по [п. 3.3](#) настоящих указаний, равно значению допустимой деформации основания здания [1, приложение Г].

Примечание. Рекомендуется выполнять расчет несущей способности одиночной сваи в грунтовых условиях II типа по просадочности, используя следующий порядок действий:

- 1) построить схему размещения свай на инженерно-геологическом разрезе («посадка» свай), используя ранее полученные сведения о длине свай и напластовании грунтов ([приложение 8](#));
- 2) по [приложению 8](#) определить расчетную глубину h_{sl} , в пределах которой производится суммирование отрицательных сил трения, разбив её на элементарные слои ($h_i \leq 2$ м);
- 3) вычислить несущую способность свай по прочности грунта в пределах длины свай ниже просадочной толщи по [2, п. 7.2.4, формула (7.9)];
- 4) определить расчетное сопротивление (удельное отрицательное трение) грунта по боковой поверхности свай τ_i [2, формула (9.4)] в пределах глубины просадочной толщи h_{sl} , начиная отсчёт от дна котлована ([приложение 8](#));
- 5) вычислить отрицательные силы трения по [2, формула (9.3)] и расчетную допускаемую нагрузку на сваю (несущая способность свай с учётом отрицательных сил трения и корректирующих коэффициентов).

3.8 Назначение количества свай в кусте и определение размеров ростверка

Количество свай в кусте в первом приближении определяется отношением расчетной нагрузки, действующей на фундамент, к допускаемой нагрузке, действующей на сваю (см. [п. 3.7](#) настоящих методических указаний), по формуле

$$n = (1,15 \cdot N^p) / (F_d / (\gamma_n \cdot \gamma_{c,g}) - \gamma_c P_n),$$

где 1,15 – коэффициент, учитывающий действие изгибающего момента и собственный вес ростверка с грунтом на его уступах;

N^p – расчетная нагрузка, действующая на фундамент, кН;
значения других параметров см. в [2, п. 9.9].

Свай в ростверке могут быть размещены рядами или в шахматном порядке с учетом того, что куст должен быть разбит в сторону действия изгибающего момента (бóльшего изги-

бающего момента – при наличии моментов во взаимно перпендикулярных направлениях), а минимальное расстояние между осями свай должно составлять $3d$ (здесь d – размер поперечного сечения свай, м).

Размеры ростверка в плане рекомендуется назначать из условия обеспечения свесов его граней над гранями крайних рядов свай в пределах 0,10–0,15 м, доводя его габаритные размеры до кратных 0,3 м (для возможности использования инвентарной опалубки). Высота ростверка назначается по принципам, использовавшимся при назначении высоты фундамента мелкого заложения, и может быть принята по [п. 3.1](#) настоящих методических указаний (размер кратен модулю 0,15 м).

Проверка достаточности принятого количества свай должна выполняться исходя из следующих условий: расчетная нагрузка на одну сваю в кусте не должна превышать расчетную допускаемую нагрузку на сваю [2, формула (9.2)] и не может быть меньше нуля. Расчетную нагрузку на одну сваю допускается определять по [2, п. 7.1.12, формула (7.3)]. Расчетную сжимающую силу в уровне подошвы ростверка (N_d , кН) следует определять с учетом собственного веса ростверка и грунта на его уступах ($G_{p,sp}$, кН), а изгибающие моменты в уровне подошвы ростверка (M_x, M_y , кНм) – с учетом соответствующих поперечных сил, действующих на обресе фундамента (Q_x, Q_y , кН). При невыполнении перечисленных условий, необходимо увеличить количество свай, входящих в свайный куст, или их длину и расчет повторить, добиваясь безусловного выполнения проверок. В случае выполнения указанных условий необходимо осуществить расчет по II группе предельных состояний (по деформациям).

3.9 Определение осадки свайного фундамента

При проектировании свайных фундаментов в грунтовых условиях I типа по просадочности и в случаях, когда отрицательные силы трения по боковой поверхности свай не проявляются, расчет осадки осуществляется как для обычных грунтов (без учета просадочных свойств прорезаемых сваями просадочных грунтов) в соответствии с [2, п. 7.4].

Если по боковой поверхности свай и ростверка возможно проявление отрицательных сил трения, то в соответствии с [2, п. 9.14] осадка свайного фундамента определяется как для условного фундамента [2, п. 7.4.9]. При подсчете нагрузок на подошву условного фундамента не учитывается вес грунта в межсвайном пространстве, но должны быть добавлены отрицательные силы трения, определенные по [2, формула (9.3)] при периметре u , м, равном периметру ростверка в пределах его высоты и периметру куста по наружным граням свай (см. [приложение 9](#)). После нахождения размеров условного фундамента ($b_{уф}$, $l_{уф}$, $d_{уф}$) и давления под его подошвой (P) расчет осадки выполняется методом послойного суммирования по [1, п. 5.6.31] с подсчетом промежуточных значений напряжений в массиве грунта в табличной форме (см. [приложение 5](#)) и построением соответствующих графиков напряжений (по примеру [1, рис. 5.2]).

3.10 Проверка выполнения условия $s \leq s_u$

Выполнение условия проверяется по нормированию полученных совместных осадок свайного фундамента и основания. Необходимо добиться выполнения условия $s \leq s_u$ (s – расчетная совместная деформация основания фундамента, см; s_u – предельное значение осадки основания фундамента, см, принимаемое по [1, приложение Г, табл. Г.1]).

При невыполнении условия необходимо увеличить количество свай в ростверке или их длину и расчет повторить, добиваясь его безусловного выполнения.

При выполнении условия расчет основания свайного фундамента считается завершенным.

Выводы и заключение по практическим работам

На основании данных, полученных в результате расчетов по заданиям № 1 и № 2, необходимо сделать предварительные выводы о применимости предлагаемых типов фундаментов в грунтовых условиях, осложненных просадочными при замачивании грунтами, а также, руководствуясь технико-экономическим сравнением вариантов, определить наиболее рациональный из них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [СП 22.13330.2016](#). Основания зданий и сооружений : актуализированная ред. СНиП 2.02.01-83* : изм. 1–3 : введ. 2017-07-01. – Текст : электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
2. [СП 24.13330.2021](#). Свайные фундаменты : актуализированная ред. СНиП 2.02.03-85 : изм. 1 : введ. 2022-01-15. – Текст : электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения / [М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др.] ; под ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофименкова. – Курган, 2007. – 480 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Кафедра инженерной
геологии, оснований
и фундаментов

ПРАКТИЧЕСКАЯ (РАСЧЕТНАЯ) РАБОТА № 1 или 2

Проектирование фундамента на естественном основании
под колонну промышленного здания в условиях
просадочных грунтов основания
(для расчетной работы № 1)

Проектирование свайного фундамента
под колонну промышленного здания в условиях
просадочных грунтов основания
(для расчетной работы № 2)

Вариант №: _____
(указывается по условию задания – [приложение 2](#) или [3](#))

Выполнил(а) студент(ка) _____ группы

(Фамилия, инициалы, подпись)

Проверил _____
(Фамилия, инициалы, подпись)

Новосибирск 20____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)**

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ (РАСЧЕТНАЯ) РАБОТА № 1
«Проектирование фундамента на естественном основании
под колонну промышленного здания в условиях
просадочных грунтов основания»

Студент(ка) _____, группа _____,
институт _____

Номер варианта (*n*) _____

Исходные данные.

1. Сведения о конструктивных особенностях здания:

- фундамент столбчатый железобетонный монолитный (бетон класса В20; $\gamma = 25,0 \text{ кН/м}^3$);
- отметка верха (обреза) фундамента совпадает с уровнем планировки грунта ($DL = -0,15$);
- глубина стакана для заделки колонны
 $h_{cm} = 0,9 + 0,05n = \underline{\hspace{2cm}} \text{ м};$
- сечение колонны
 $(1,25 - 0,05n) \cdot (0,35 + 0,05n) = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \text{ м};$
- подбетонка из бетона класса В7,5 ($\gamma = 24,0 \text{ кН/м}^3$);
- температура внутри здания $+20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- возможность замачивания грунтового основания –
снизу;
- место строительства – г. Новосибирск.

- результаты испытания грунтов на просадочность в лабораторных условиях:

№ грунта	Наименование грунта	Глубина отбора образцов грунта, м	Относительная просадочность ε_{sl} при давлении σ_i , МПа					
			0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30

- уровень грунтовых вод (WL) – не обнаружен.

Руководитель _____/Фамилия И. О./

«__» _____ 20__ года

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (СИБСТРИН)**

КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ (РАСЧЕТНАЯ) РАБОТА № 2
«Проектирование свайного фундамента под колонну
промышленного здания в условиях просадочных грунтов
основания»

Студент(ка) _____, группа _____,
институт _____

Номер варианта (n) *(принять аналогично практической работе
№ 1)*

Постановка задачи: необходимо выполнить расчет и проектирование свайного фундамента под колонну промышленного здания в условиях просадочных грунтов основания. Необходимо выполнить расчеты основания и фундамента в соответствии с СП 22.13330.2016 [1] и СП 24.13330.2021 [2]. Сравнить полученные результаты с результатами расчета фундамента на естественном основании ([практическая работа № 1](#)).

Исходные данные.

1. Сведения о конструктивных особенностях здания:
(см. [приложение 2](#)).

Дополнительно: используются сваи забивные железобетонные сплошного квадратного сечения (30×30 см); удельный вес бетона сваи 25 кН/м^3 ; модуль упругости материала сваи $E_b = 32,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}$.

2. Сведения о расчетных нагрузках на обрез фундамента:

- определяются на основе нормативных нагрузок (см. [приложение 2](#)).

1.3. Сведения о грунтовых условиях строительной площадки (см. [приложение 2](#)).

Руководитель _____/Фамилия И. О./

«___» _____20__года

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Исходные данные к практическим работам № 1 и № 2

Таблица П4.1

Физико-механические характеристики грунтов основания

№ грунта	Наименование грунта	Плотность грунта ρ , г/см ³	Плотность твердых частиц грунта ρ_s , г/см ³	Влажность природная w , %	Влажность на границе раскатывания w_p , %	Влажность на границе текучести w_L , %	Коэффициент пористости e , д.е.	Угол внутреннего трения ϕ , град	Удельная сила сцепления c , МПа	Модуль деформаций E , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Супесь	1,78	2,71	10	12	17	0,78	20	0,006	12,4
2	Супесь	1,72	2,70	11	10	16	0,69	22	0,008	8,2
3	Суглинок	1,88	2,72	10	11	26	0,70	19	0,013	24,6
4	Супесь	1,93	2,73	14	15	18	0,65	24	0,009	15,7
5	Суглинок	1,87	2,76	16	18	29	0,64	21	0,015	9,8
6	Суглинок	1,94	2,74	18	20	36	0,67	23	0,016	11,6
7	Супесь	1,90	2,75	14	14	19	0,71	25	0,007	20,0
8	Суглинок	1,96	2,61	21	23	33	0,65	18	0,018	18,2
9	Супесь	1,93	2,65	15	17	23	0,77	26	0,010	13,3
10	Супесь	1,80	2,63	20	22	26	0,72	27	0,011	21,5
11	Песок гравелистый	1,64	2,66	18	–	–	0,60	38	–	26,0
12	Песок крупный	1,66	2,65	14	–	–	0,70	36	–	22,8
13	Песок крупный	1,65	2,64	16	–	–	0,80	34	–	20,5
14	Песок средней крупности	1,69	2,67	15	–	–	0,82	32	–	14,4
15	Песок средней крупности	1,71	2,68	17	–	–	0,64	39	–	24,6
16	Песок средней крупности	1,70	2,69	04	–	–	0,72	30	–	18,8
17	Песок мелкий	1,78	2,65	10	–	–	0,85	28	–	12,3
18	Песок мелкий	1,82	2,66	06	–	–	0,76	29	–	10,4
19	Песок мелкий	1,85	2,68	08	–	–	0,68	35	–	13,8
20	Песок пылеватый	1,88	2,64	12	–	–	0,81	26	–	11,1

Таблица П4.2

Результаты испытаний грунтов на просадочность

№ грун- та	Наименование грунта	Глубина отбора об- разцов грунта, м	Относительная просадочность ε_{sl} при давлении σ_i , МПа					
			0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Супесь	1	0,014	0,015	0,019	0,023	0,022	0,020
		3	0,011	0,014	0,014	0,016	0,017	0,016
		5	0,025	0,031	0,036	0,034	0,035	0,033
		7	0,019	0,024	0,027	0,029	0,030	0,030
		9	0,008	0,010	0,011	0,014	0,013	0,016
		11	0,005	0,007	0,010	0,013	0,012	0,011
		13	0,007	0,008	0,008	0,012	0,014	0,015
2	Супесь	1	0,004	0,008	0,009	0,010	0,015	0,018
		3	0,017	0,023	0,025	0,030	0,031	0,026
		5	0,021	0,027	0,034	0,032	0,030	0,034
		7	0,012	0,015	0,022	0,025	0,030	0,031
		9	0,014	0,019	0,017	0,023	0,028	0,026
		11	0,007	0,014	0,015	0,020	0,026	0,022
		13	0,006	0,010	0,013	0,017	0,016	0,015
3	Суглинок	1	0,022	0,035	0,037	0,028	0,014	0,007
		3	0,006	0,010	0,013	0,016	0,017	0,014
		5	0,010	0,017	0,023	0,028	0,031	0,029
		7	0,007	0,011	0,016	0,020	0,023	0,024
		9	0,005	0,008	0,011	0,012	0,012	0,010
		11	0,003	0,005	0,008	0,015	0,025	0,021
4	Супесь	1	0,023	0,028	0,027	0,023	0,023	0,031
		3	0,015	0,026	0,032	0,032	0,027	0,023
		5	0,006	0,010	0,013	0,015	0,017	0,017
		7	0,010	0,017	0,019	0,017	0,012	0,004
		9	0,008	0,014	0,018	0,020	0,021	0,021
		11	0,012	0,020	0,023	0,022	0,015	0,013
5	Суглинок	1	0,008	0,012	0,015	0,015	0,015	0,015
		3	0,015	0,022	0,027	0,027	0,027	0,027
		5	0,024	0,033	0,036	0,033	0,022	0,011
		7	0,019	0,027	0,032	0,034	0,035	0,037
		9	0,012	0,022	0,023	0,026	0,032	0,035

Окончание табл. П4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Суглинок	1	0,022	0,036	0,038	0,030	0,020	0,012
		3	0,012	0,022	0,025	0,020	0,017	0,026
		5	0,002	0,008	0,024	0,033	0,034	0,029
		7	0,010	0,017	0,018	0,015	0,012	0,007
		9	0,007	0,012	0,018	0,023	0,028	0,034
7	Супесь	1	0,025	0,035	0,038	0,037	0,033	0,024
		3	0,010	0,017	0,023	0,026	0,023	0,016
		5	0,015	0,023	0,034	0,032	0,015	0,004
		7	0,010	0,015	0,018	0,016	0,013	0,010
8	Суглинок	1	0,004	0,009	0,015	0,020	0,027	0,036
		3	0,002	0,007	0,037	0,030	0,021	0,016
		5	0,022	0,029	0,033	0,033	0,031	0,028
		7	0,011	0,019	0,024	0,027	0,027	0,024
9	Супесь	1	0,015	0,025	0,032	0,034	0,032	0,026
		3	0,012	0,020	0,024	0,030	0,033	0,035
		5	0,008	0,014	0,018	0,022	0,024	0,025
		7	0,007	0,012	0,015	0,017	0,018	0,015
		9	0,010	0,017	0,022	0,025	0,020	0,005
10	Супесь	1	0,018	0,026	0,031	0,034	0,036	0,037
		3	0,008	0,013	0,016	0,018	0,018	0,016
		5	0,014	0,021	0,025	0,025	0,024	0,020
		7	0,020	0,030	0,034	0,033	0,030	0,024
		9	0,010	0,017	0,022	0,026	0,029	0,030

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Рекомендуемая табличная форма для расчета напряжений
в основании фундамента (для расчета совместной осадки
основания и фундамента)

№ точки	$z_i, \text{ м}$	$\xi = 2z_i/b$	$\xi_1 = 2z_i/b_k$	α_i	α_{1i}	$\sigma_{zgi},$ кПа	$\sigma_{zpl_i},$ кПа	$\sigma_{z\gamma i},$ кПа	$\sigma_{zpl_i}^{cp},$ кПа	$\sigma_{z\gamma_i}^{cp},$ кПа	0,5 (или 0,2) $\sigma_{zgi},$ кПа	$E_i,$ кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Рекомендуемая табличная форма для расчета просадки основания (для определения типа грунта по просадочности)

№ точки (слоя)	Расстояние z_i от поверхности природного рельефа до середины i -го слоя грунта, м	Напряжения от собственного веса грунта σ_{zg} , кПа	Относительная просадочность i -го слоя ε_{sl}	Деформация просадки i -го слоя $s_{sl,gi}$, см
1	2	3	4	5
				$s_{sl,g} = \sum s_{sl,gi} =$, см

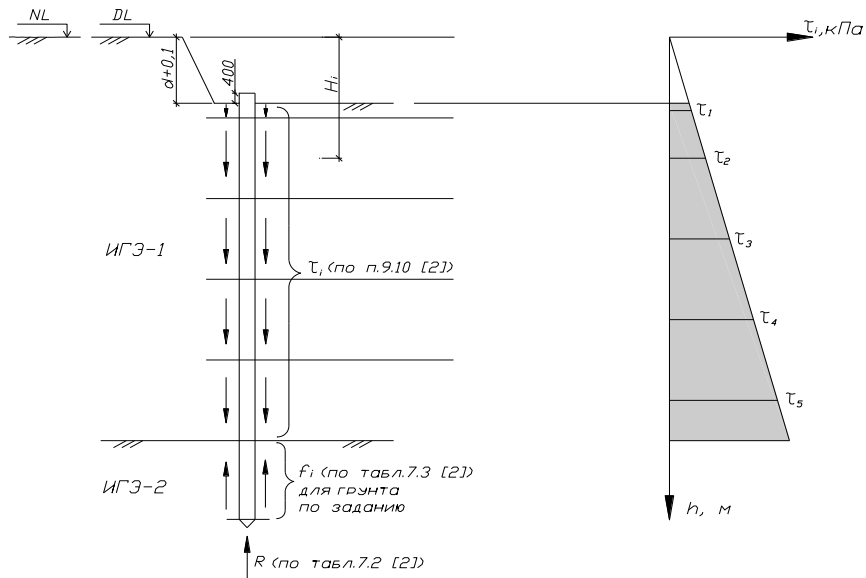
ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Рекомендуемая табличная форма для расчета совместной просадки основания и фундамента

№ точки	Расстояние z_i от подошвы фундамента до i -го слоя кровли, м	Относительная глубина $\xi = 2z_i/b$	Коэффициент рассеивания напряжений α_i [1, табл. 5.8]	Дополнительные напряжения на глубине z_i ($\sigma_{zpi} = \alpha_i P$), кПа	Природные напряжения на глубине z_i ($\sigma_{zgi} = d\gamma_{sat} + \sum h_i \gamma'_{sat_i}$), кПа	Суммарные напряжения на глубине z_i ($\sigma_{zi} = \sigma_{zpi} + \sigma_{zgi}$), кПа	Суммарные напряжения в середине i -го слоя ($\sigma_i = (\sigma_{zi} + \sigma_{z_{i+1}}) / 2$), кПа	Относительная просадочность ε_{sl} в середине i -го слоя
1	2	3	4	5	6	7	8	9

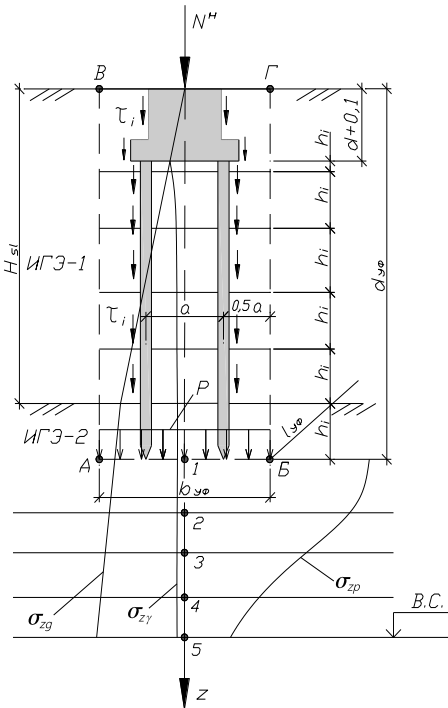
ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Схема к определению несущей способности сваи с учётом отрицательных сил трения по её длине



ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Схема к определению осадки свайного фундамента (условного фундамента) в просадочных грунтах II типа



$$\frac{N^H + G_p^H + G_{cb}^H + N_{отр,p}^H + N_{отр,cb}^H}{b_{yf} \cdot l_{yf}},$$

где N^H – нормативная нагрузка на ростверк, кН; G_p^H – вес ростверка (возможно, с грунтом на его уступах), кН; G_{cb}^H – вес свай, кН; $N_{отр,p}^H = \sum \tau_i \cdot u_{p,i} \cdot h_{p,i}$ – отрицательная сила трения в пределах высоты ростверка, кН (здесь τ_i – сила сопротивления по [2, п. 9.10], кПа; $u_{p,i}$ – периметр ростверка, м; $h_{p,i}$ – толщина слоев грунта по высоте ростверка, м);

$N_{отр,cb}^H = \sum \tau_i \cdot u_{cb} \cdot h_{cb,i}$ – отрицательная сила трения в пределах высоты $(h_{sl} - d - 0,1)$ по граням условного фундамента, кН (здесь τ_i – сила сопротивления по [2, п. 9.10], кПа; u_{cb} – периметр части условного фундамента по наружным граням свай, м; $h_{cb,i}$ – высота i -го слоя грунта, м); b_{yf}, l_{yf} – размеры подошвы условного фундамента, м

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Пример оформления списка литературы

1. [СП 22.13330.2016](#). Основания зданий и сооружений : актуализированная ред. СНиП 2.02.01-83* : изм. 1–3 : введ. 2017-07-01. – Текст : электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
2. [СП 24.13330.2021](#). Свайные фундаменты : актуализированная ред. СНиП 2.02.03-85 : изм. 1 : введ. 2022-01-15. – Текст : электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения / [М. И. Горбунов-Посадов, В. А. Ильичев, В. И. Крутов и др.] ; под ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Трофименкова. – Курган, 2007. – 480 с.

Составители

Станислав Викторович Линовский
Татьяна Аскольдовна Якушкина

**РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ
В УСЛОВИЯХ ПРОСАДОЧНЫХ
ПРИ ЗАМАЧИВАНИИ ГРУНТОВ**

Методические указания и задания
по выполнению практических работ
по курсу «Проектирование и исследования
по профилю подготовки» для студентов, обучающихся
по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»
всех форм обучения

Корректор А.И. Боева

Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)
630008, Новосибирск, ул. Ленинградская, 113
