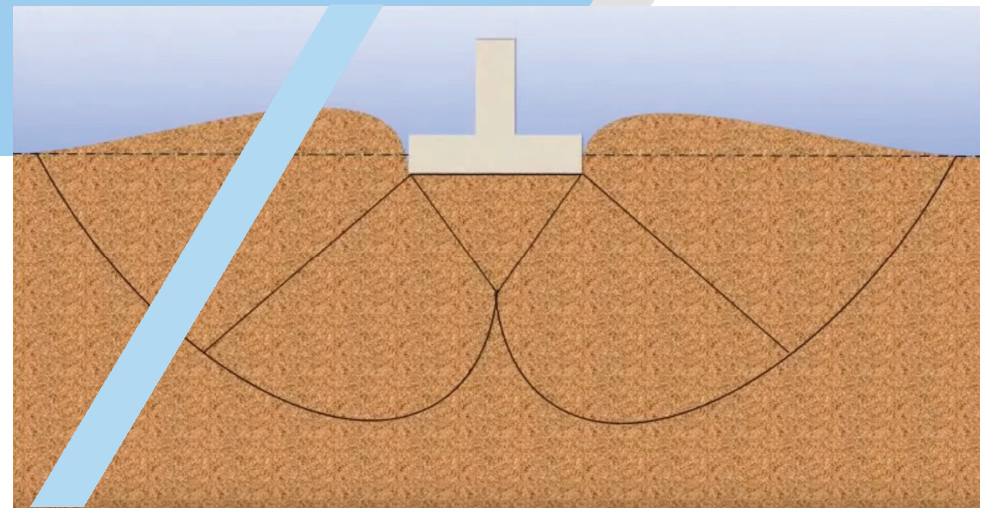


Савельев А.В., Жарницкий В.Я., Смирнов А.П.
Сумин М.Н.

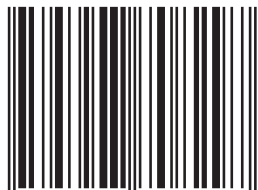
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению расчетно-графической работы по
дисциплине «Механика грунтов, основания и
фундаменты» для бакалавров направления 35.03.11
«Гидромелиорация», направленностей «Проектирование и
строительство гидромелиоративных систем» и «Техника и
технологии гидромелиоративных работ»



ТИПОГРАФИЯ
КОЛОРИТ

ISBN 978-5-907708-29-7



9 785907 708297 >

Новочеркасск
Лик
2023

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА имени К.А. Тимирязева»

ИНСТИТУТ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И СТРОИТЕЛЬСТВА
имени А.Н. КОСТЯКОВА

**Кафедра сельскохозяйственного строительства
и экспертизы объектов недвижимости**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине
«Механика грунтов, основания и фундаменты»
для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация»,
направленностей «Проектирование и строительство
гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии
гидромелиоративных работ»**

Новочеркасск
Лик
2023

УДК 624.15(076.5)
ББК 38.58я73
М 54

Составители: Савельев А.В., к.т.н., доцент
Жарницкий В.Я., д.т.н., доцент
Смирнов А.П., к.т.н., доцент
Сумин М.Н., к.т.н.

Рецензенты:

Максимов С.А., д.т.н., доцент, зав. отделом мелиорации земель
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»
Али М.С., к.т.н., доцент, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Методические указания рассмотрены на заседании кафедры
сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов
недвижимости (29.03.2023 г., протокол № 9).*

**М 54 Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация», направленностей «Проектирование и строительство гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии гидромелиоративных работ» / А.В. Савельев, В.Я. Жарницкий, А.П. Смирнов, М.Н. Сумин – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Новочеркасск: Лик, 2023. – 36 с.
ISBN 978-5-907708-29-7**

Методические указания подготовлены в соответствии с рабочей программой дисциплины в помощь студентам, при выполнении расчетов, которые необходимы в процессе проектирования фундаментов.

УДК 624.15(076.5)
ББК 38.58я73

ISBN 978-5-907708-29-7

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2023
© Савельев А.В., Жарницкий В.Я.
Смирнов. А.П., Сумин М.Н. 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1. Методические указания к выполнению РГР	6
1.1. Общие указания по выполнению расчетно-графической работы	6
1.2. Ориентировочный состав расчетно-графической работы по разделам	6
1.3. Оформление расчетно-графической работы	6
1.4. Исходные данные	7
2. Привязка здания насосной станции к местности	7
2.1 Обработка данных инженерно-геологических изысканий.....	8
3. Выбор глубины заложения фундаментов	9
3.1. Определение физико-механических характеристик улучшенных грунтов основания.....	10
4. Проектирование тела фундамента	11
5. Расчет искусственного основания по второй группе предельных состояний	14
5.1. Определение вертикальных напряжений от собственного веса грунта	15
5.2. Определение дополнительных (сжимающих) напряжений	16
6. Проектирование котлована	18
7. Выбор типа свай и глубины заложения подошвы ростверка свайного фундамента	18
7.1. Определение несущей способности одиночной сваи	19
7.2. Конструирование свайного фундамента	20
8. Определение осадки ленточного свайного фундамента	21
ПРИЛОЖЕНИЕ	23
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	35

Введение

Изучение курса «Механика грунтов, основания и фундаменты» позволит правильно оценивать прочность и деформируемость грунтов основания, разработать оптимальные конструктивные методы фундирования для обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности возводимых сооружений, так как их основание, фундамент и надземная конструкция неразрывно связаны между собой и взаимно влияют друг на друга. Деформация и устойчивость грунтов основания зависят от величины приложенной нагрузки, типа и основных размеров фундамента. В свою очередь, конструктивная схема сооружения, конструкция и размеры фундамента назначаются в зависимости от напластования грунтов, их сжимаемости и несущей способности. Выбор наиболее рациональных и экономичных конструкций фундаментов и оптимальных способов производства работ по их устройству является одной из самых трудных и сложных инженерных задач в строительстве. Это обусловлено не только большим различием видов и состояний грунтов, многообразием природных условий их залегания, влиянием геологических и гидрогеологических условий, но и разнообразием и сложностью производственных условий строительства.

При этом приходится решать следующие основные задачи: обеспечение необходимой эксплуатационной надежности и долговечности сооружения, прочности и устойчивости его основания и фундамента и принятие наиболее экономичного решения с точки зрения минимальных объемов, продолжительности и стоимости строительных работ. С этой целью прорабатывают несколько вариантов проектных решений и на основании технико-экономического сравнения выбирают наиболее целесообразный вариант. Выбор наиболее рациональных и экономичных конструкций фундаментов и способов производства работ по их устройству является одной из самых сложных инженерных задач в строительстве, что обусловлено как огромным многообразием грунтовых условий, так и разнообразием, и сложностью производственных условий строительства.

Цель изучения дисциплины «Механика грунтов, основания и фундаменты» состоит в ознакомлении студентов с существующим порядком проектирования, строительства и эксплуатации оснований и фундаментов в различных инженерно-геологических условиях.

В результате изучения дисциплины «Механика грунтов, основания и фундаменты» студент должен:

знать:

- закономерности и правила, положенные в основу расчетов и проектирования оснований и фундаментов по предельным состояниям;
- величины, характеризующие: предельные нагрузки на основание; расчетные и предельно допустимые деформации оснований и сооружений и методы их расчета; напряженно-деформированное состояние оснований;

-особенности структурно-неустойчивых грунтов и методы строительства на них.

уметь:

- проектировать основания и фундаменты в различных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, используя современные достижения в области фундаментостроения, возможности систем автоматизированного проектирования;

владеть:

- способами расчета и конструирования фундаментов мелкого заложения;

- способами расчета и конструирования свайных фундаментов;

- методами улучшения строительных свойств грунтов оснований и устройства искусственных оснований;

- методами обеспечения устойчивости откосов котлованов, методами защиты котлованов от затопления подземными и атмосферными водами.

1. Методические указания к выполнению РГР

1.1. Общие указания по выполнению расчетно-графической работы

В соответствии с исходными данными, приведенными в приложении, необходимо для здания насосной станции запроектировать два варианта фундаментов и произвести расчет их оснований:

1. Фундаменты мелкого заложения на искусственном основании;
2. Свайные фундаменты.

1.2. Ориентировочный состав расчетно-графической работы по разделам

Общие для всех вариантов разделы

1. Исходные данные.
2. Привязка здания к местности (расположение на плане стройплощадки).
3. Обработка данных инженерно-геологических изысканий.

Разделы по варианту 1

- 4-1. Выбор глубины заложения фундамента.
- 5-1. Определение физико-механических характеристик, улучшенных грунтов основания.
- 6-1. Проектирование тела фундамента.
- 7-1. Расчет искусственного основания по второй группе предельных состояний.
- 8-1. Проектирование котлована.

Разделы по варианту 2

- 4-2. Выбор типа свай и глубины заложения подошвы ростверка свайного фундамента
- 5-2. Определение несущей способности одиночной сваи.
- 6-2. Конструирование свайных фундаментов.
- 7-2. Определение осадки ленточного свайного фундамента.

1.3. Оформление расчетно-графической работы

Выполненная расчетно-графическая работа должна быть представлена в виде сброшюрованной пояснительной записки на стандартных листах писчей бумаги формата А 4. Все формулы и рисунки, приведенные в пояснительной записке, должны иметь свои порядковые номера, а по тексту записки должны быть сделаны ссылки на эти номера. В конце записки указывается перечень использованной литературы.

Пояснительная записка должна быть снабжена титульным листом, на котором пишется:

1.4. Исходные данные

Здесь необходимо дать краткое описание конструкции насосной станции и показать нагрузки, передаваемые на фундаменты; привести все сведения о грунтах строительной площадки, а также выбрать район строительства, который можно принять по месту жительства студента. Конструкция здания насосной станции (поперечный разрез и план фундаментов) с необходимыми размерами и вертикальными отметками показана на рисунке 1.

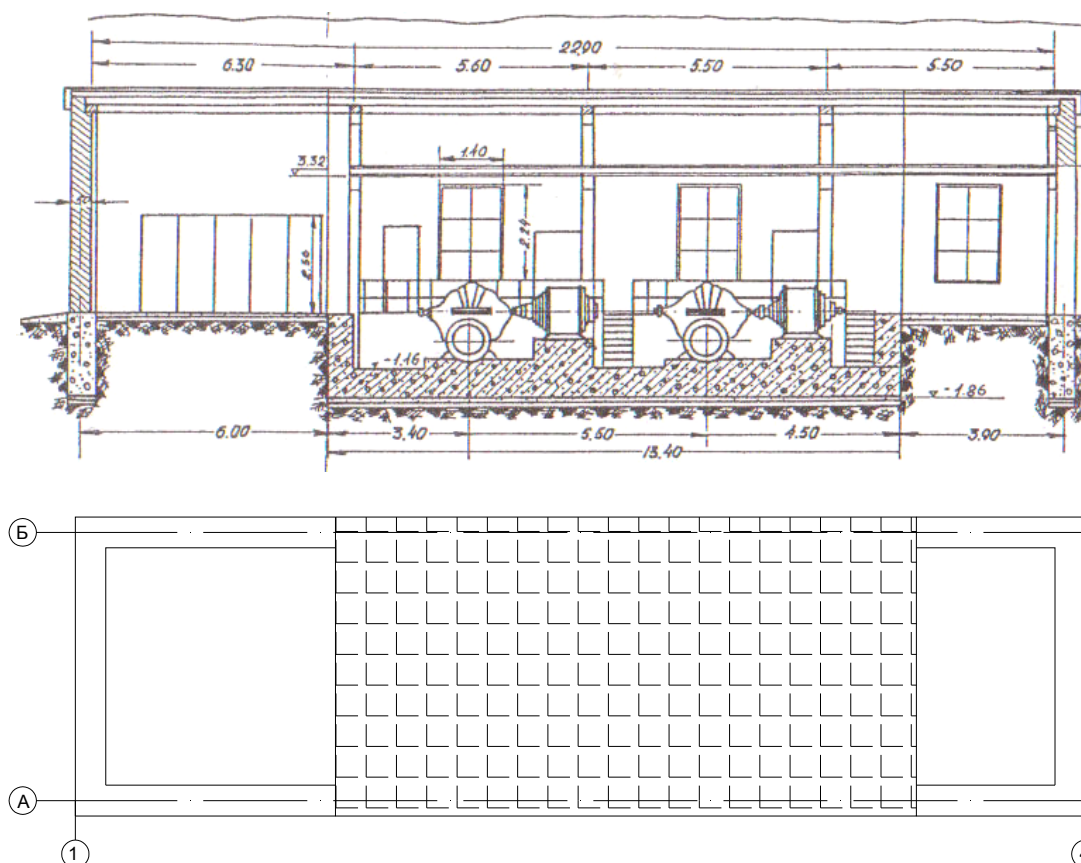


Рисунок 1 – Конструкция здания насосной станции

2. Привязка здания насосной станции к местности

Вначале надо показать на плане участка (рисунок 2) в масштабе 1:500 продольные оси I-I, II-II ленточных фундаментов в соответствии с рис.1. Продольную ось I-I здания насосной станции желательно провести вдоль горизонталей через одну из скважин, а линия, проходящая через другую разведочную скважину, должна быть поперечной осью II-II здания, перпендикулярной оси I-I. Затем показать на плане и описать в пояснительной записке все данные, необходимые для выноса проекта здания в натуру. Привязку здания к местности следует осуществлять к геодезическому знаку, который устанавливается на самой высокой точке местности на расстоянии, не менее чем 30-50 м от центра тяжести насосной станции.

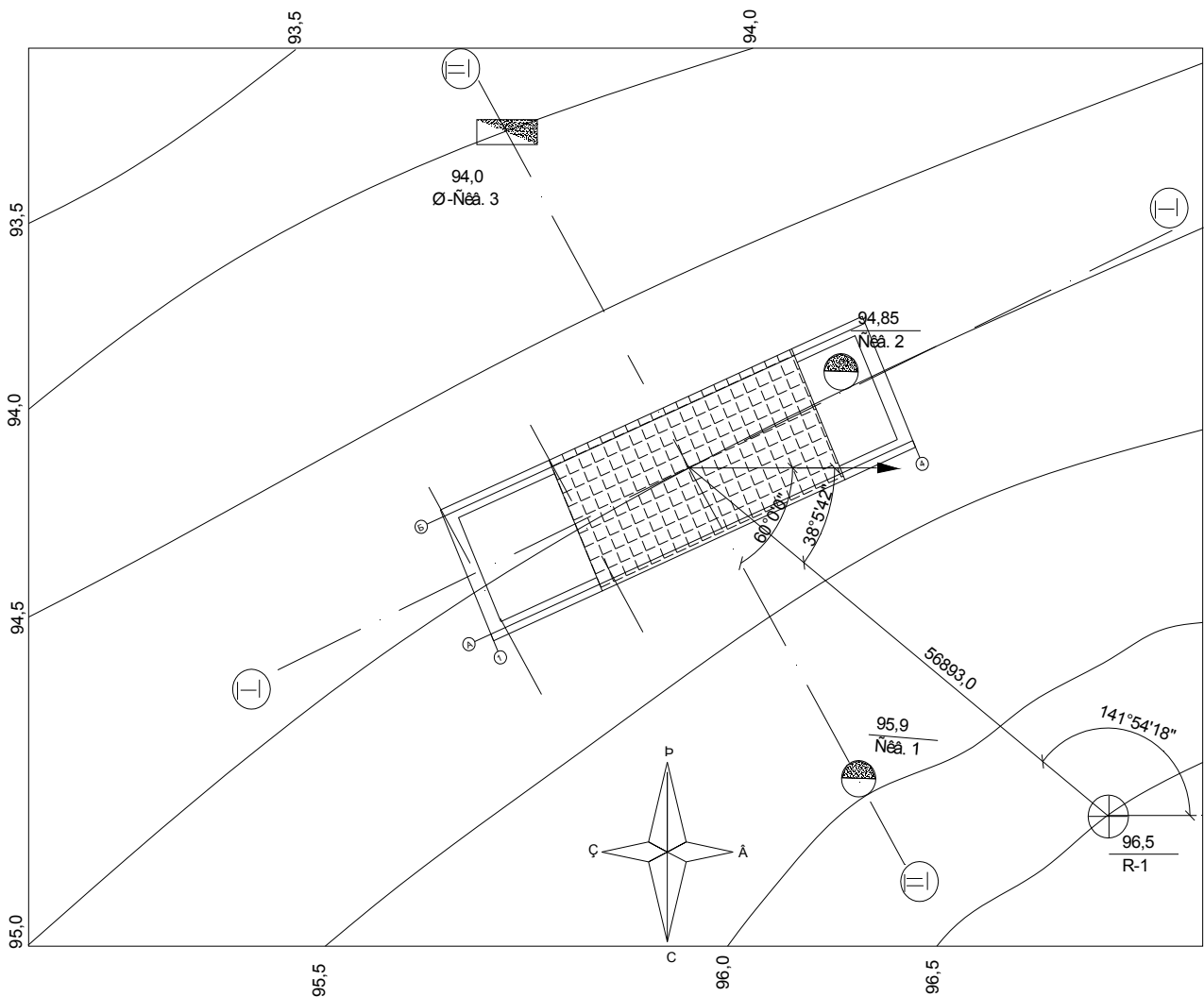


Рисунок 2 – Пример расположения здания насосной станции на плане местности

2.1. Обработка данных инженерно-геологических изысканий

При проектировании оснований и фундаментов здания необходимо оценить свойства грунтов строительной площадки по результатам лабораторных испытаний образцов грунтов, отобранных на различных глубинах в скважинах (Приложение, табл. №2...10). По этим данным для установления разновидности и состояния грунтов необходимо найти численные значения классификационных показателей и в соответствии с ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» дать полное наименование грунта каждого слоя.

Для установления наименования песчаного грунта необходимо определить разновидности его по крупности, по степени водонасыщения и по коэффициенту пористости.

Для установления наименования глинистого грунта необходимо определить его разновидность числу пластичности, по показателю текучести и гранулометрическому составу.

Разновидность глинистого грунта по гранулометрическому составу определяется в зависимости от содержания в нем песчаных частиц ($2 - 0,05$ мм) в % по массе.

По результатам обработки данных инженерно-геологических изысканий студент должен построить инженерно-геологический разрез по продольной I-I оси здания. Построение разреза производится в следующем порядке:

а) на миллиметровой бумаге наносят линию поверхности грунта по горизонталям, через которые проходит продольная ось. Если продольная ось проходит строго параллельно какой-нибудь горизонтали, то линия поверхности будет горизонтальной без уклона. На ней наносят ось скважины и поперечные оси 1,2,3, которые находятся на продольной оси здания. Горизонтальный масштаб рекомендуется принимать 1:500, вертикальный – 1:100;

б) на оси скважины в принятом масштабе наносят абсолютные отметки устья скважины, кровли и подошвы слоев грунта, уровня грунтовых вод (которые указаны в задании по геологии) по данным бурения и проходки скважины;

в) по отметкам, полученным по оси скважины, проводят линии, параллельные линии поверхности, соответствующие границам слоям грунта и УГВ;

г) на разрезе необходимо изобразить в соответствии с условными обозначениями слои грунта и показать их полное наименование;

д) через точку пересечения главной поперечной оси II-II дома с линией поверхности необходимо провести горизонтальную линию, соответствующую поверхности планировки (она может совпасть с линией поверхности грунта) и показать на ней соответствующую ей абсолютную отметку;

е) после определения глубин заложения фундаментов по осям 1, 2, 3 показываются абсолютные отметки их подошв, которые получают путем отложения глубин заложения фундаментов по осям от линии поверхности планировки.

3. Выбор глубины заложения фундаментов

Глубина заложения подошвы фундамента должна определяться с учетом конструктивных особенностей здания, жесткости материала фундаментов, нагрузок на основание, геологических и гидрогеологических условий площадки строительства, глубины сезонного промерзания и возможности пучения грунтов основания при этом.

Для учета возможности пучения грунтов при промерзании необходимо определить расчетную глубину промерзания, составляется расчетная схема к выбору глубины заложения фундаментов (рисунок 3).

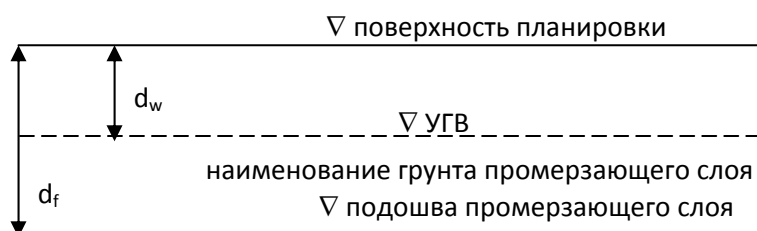


Рисунок 3 – Расчетная схема к выбору глубины заложения фундамента

Наименование грунта промерзающего слоя устанавливается на глубине d_f , которую откладывают по поперечной оси дома на геологическом разрезе.

По таблице 18 Приложения устанавливают в зависимости от условий, показанных на расчетной схеме, необходимо ли учитывать глубину промерзания грунта при назначении глубины заложения фундаментов.

Глубину заложения фундаментов d_n с учетом всех вышеперечисленных факторов назначают в первом приближении следующим образом:

для ленточного фундамента под стену А $d_n = 1,4$ м;

для массивной плиты $d_n = 1,86$ м.

Приняв соответствующие глубины заложения фундаментов, следует показать положение подошвы фундаментов на геологическом разрезе. По геологическому разрезу видно, что фундаменты опираются на грунты первого слоя. Для вариантов 0 ... 4 это будут пески разной крупности, рыхлые, водонасыщенные; для вариантов 5 ... 9 - разновидности глинистых грунтов текучей консистенции.

3.1. Определение физико-механических характеристик улучшенных грунтов основания

Рыхлые пески и глинистые грунты текучей консистенции являются заведомо слабыми грунтами и их нельзя использовать как естественные основания из-за низких строительных свойств этих грунтов. Требуется проведение мероприятий по повышению прочности и снижению деформируемости этих грунтов. Необходимо определить физико-механические характеристики улучшенных тем или иным способом грунтов с учетом применяемых мероприятий.

Улучшение рыхлых песков

Пески рыхлые необходимо предварительно осушить до оптимальной влажности, а затем уплотнить до состояния средней плотности, приняв коэффициент пористости улучшенного грунта $e_{ул} = 0,60...0,65$. При уплотнении грунта меняются его физико-механические характеристики, которые необходимо пересчитать, принимая при этом его водонасыщенным, т.е. принимать коэффициент водонасыщения $Sr_{ул} = 0,90...1,0$.

Пересчет характеристик производим в следующей последовательности. Сначала определяем плотность сухого уплотненного грунта по формуле:

$$\rho_{d ул} = \rho_s / (1 + e_{ул}) \quad (1)$$

Далее определяем влажность улучшенного грунта из формулы:

$$S_{г\ у\ л} = W_{у\ л} \rho_s / e_{у\ л} \rho_w \rightarrow W_{у\ л} = S_{г\ у\ л} e_{у\ л} \rho_w / \rho_s \quad (2)$$

Наконец, находим плотность улучшенного грунта по формуле:

$\rho_{у\ л} = \rho_{д\ у\ л}(1 + W_{у\ л})$, которая должна быть больше исходной ρ . Если это условие не выполняется, необходимо принятые значения $e_{у\ л}$ или $S_{г\ у\ л}$ изменить так, чтобы условие выполнялось.

Улучшение глинистых грунтов текучей консистенции

Глинистые грунты текучей консистенции необходимо электроосушить до тугопластичного состояния (суглинки и глины) или пластичного (супеси), приняв показатель текучести осушенного грунта $I_{L\ у\ л} = 0,4$ или $0,5$. При осушении глинистых грунтов изменяются физико-механические характеристики, которые пересчитывают. При этом принимают, что грунты остаются водонасыщенными и коэффициент водонасыщения $S_{г\ у\ л} = 0,9 \dots 1,0$.

Вначале определяют влажность улучшенного грунта из формулы:

$$I_{L\ у\ л} = (W_{у\ л} - W_p) / I_p \rightarrow W_{у\ л} = I_{L\ у\ л} I_p + W_p \quad (3)$$

Далее, из формулы $S_{г\ у\ л} = W_{у\ л} \rho_s / e_{у\ л} \rho_w = 1$ определяют коэффициент пористости улучшенного грунта:

$$e_{у\ л} = (W_{у\ л} \rho_s) / (S_{г\ у\ л} \rho_w). \quad (4)$$

Затем определяется плотность сухого улучшенного грунта $\rho_{д\ у\ л}$ и плотность улучшенного грунта $\rho_{у\ л}$ по формулам: $\rho_{д\ у\ л} = \rho_s / (1 + e_{у\ л})$; $\rho_{у\ л} = \rho_{д\ у\ л}(1 + W_{у\ л})$. При этом должно выполняться условие: $\rho_{у\ л} > \rho$. В противном случае надо принять другие значения $I_{L\ у\ л}$ или $S_{г\ у\ л}$.

4. Проектирование тела фундамента

Проектируются ленточные жесткие бетонные центрально нагруженные фундаменты под стены А и Б. Требуемая площадь подошвы таких фундаментов определяется способом последовательных приближений по формуле:

$$A_{гр} = N_1 / (R - \gamma_6 d_n \beta), \text{ м}^2 \quad (5)$$

где N_1 – вертикальная нагрузка, передающаяся на обрез фундамента (нормативное значение), кН /пм. Для определения N_1 необходимо сложить постоянные и временные нагрузки, которые даны в Приложении таблица 1 исходных данных с учетом данных в примечании к ней;

γ_6 – удельный вес бетона, кН/м³;

β - безразмерный коэффициент, учитывающий различие в удельных весах бетона и грунта обратной засыпки, $\beta = 0,85$;

d_n – глубина заложения фундамента от поверхности планировки, м;

R – расчетное сопротивление улучшенных грунтов.

Вначале определяется ориентировочная площадь подошвы фундамента. Для этого в формуле (5) принимают расчетное сопротивление R равным условному расчетному сопротивлению R_o , значение которого принимают по таблицам 19 или 20 Приложения.

При проектировании ленточного фундамента расчет ведется для одного метра его длины, $L = 1,0$ м. Тогда ориентировочная ширина подошвы фундамента будет равна $b = A_{тр}/1$, м. Определенную в первом приближении ширину подошвы фундамента округляют до значения, кратного 100 мм (модуль).

После определения ориентировочной ширины подошвы фундамента вычисляют расчетное сопротивление грунта искусственного основания.

В соответствии со СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» расчетное сопротивление улучшенных грунтов R определяют по формуле:

$$R = (\gamma_{c1} \gamma_{c2} / k) [M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma_{II}' + (M_q - 1) d_b \gamma_{II}' + M_c c_{II}], \quad (6)$$

где γ_{c1} , γ_{c2} – коэффициенты условий работы грунтового основания и здания во взаимодействии с основанием, определяемые по таблице 21 Приложения;

k – коэффициент надежности, принимаемый равным 1,1, так как прочностные характеристики улучшенного грунта ϕ_{II} и c_{II} приняты по справочным таблицам 22 или 23 Приложения, а не по результатам непосредственных испытаний;

M_γ , M_q , M_c – коэффициенты, принимаемые по табл.24 в зависимости от расчетного угла внутреннего трения ϕ_{II} улучшенного грунта, находящегося под подошвой фундамента;

k_z – коэффициент, принимаемый при $b < 10$ м равным 1;

b – ширина подошвы фундамента, м;

d_1 – глубина заложения фундамента бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, м; для фундаментов под стену А или Б (без подвала) $d_1 = d_n$; для фундаментов под стену А или Б (с подвалом) $d_1 = h_s + h_{cf} \gamma_{cf} / \gamma_{II}'$, здесь h_s – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

h_{cf} – толщина конструкции пола подвала, принять $h_{cf} = 0,2$ м;

γ_{cf} – расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, принять $\gamma_{cf} = 20$ кН/м³;

d_b – глубина подвала (расстояние от уровня планировки до пола подвала), м; $d_b = 0$, так как здание насосной станции не имеет подвала.

γ_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента, кН/м³, с учетом взвешивающего действия воды;

$$\gamma_{II} = (\rho_{1ул.взв} + \rho_{2взв})g / 2, \text{ кН/м}^3 \quad (7)$$

где $\rho_{1ул.взв}$ – плотность улучшенного взвешенного грунта 1-го слоя, которая определяется по формуле:

$$\rho_{ул.взв} = (\rho_s - \rho_w) / (1 + e_{ул.}), \text{ т/м}^3, \quad (8)$$

где $e_{ул.}$ – коэффициент пористости улучшенного грунта;

γ_{II}' – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы фундамента, кН/м³,

$$\gamma_{II}' = (\rho_{1ул.} + \rho_{1ул.взв})g / 2, \text{ кН/м}^3; \quad (9)$$

c_{II} – расчетное значение удельного сцепления улучшенного грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа; принимается по таблицам 21 или 22 Приложения;

g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$.

Ширину подошвы фундамента определяют методом постепенного приближения. Для этого величину расчетного сопротивления R подставляют в формулу (6) и находят ширину подошвы фундамента во втором приближении. Если найденная ширина подошвы фундамента более чем на 10 % будет отличаться от ширины, заложенной в формулу при определении расчетного сопротивления на грунт основания, то должно быть найдено расчетное сопротивление во втором приближении. И так до тех пор, пока в двух последующих определениях значения ширины подошвы фундамента будут отличаться друг от друга менее чем на 10 %.

После определения ширины подошвы фундамента приступают к конструированию поперечного профиля жесткого фундамента, т.е. определяют размеры и количество уступов таким образом, чтобы практическое очертание фундамента не пересекало теоретических линий жесткости, которые проводятся следующим образом. По табл.25 определяют нормативный угол жесткости α^H . Затем проводят из крайних точек ширины подошвы фундамента, отложенной на глубине заложения фундамента, теоретические линии жесткости под углом α^H к вертикали (рисунок 4), которые должны в идеале проходить через точки С и Д или близко к ним, где b_0 – ширина стены, $b_0=0,64 \text{ м}$; α^H – нормативный угол жесткости; b – ширина подошвы фундамента.

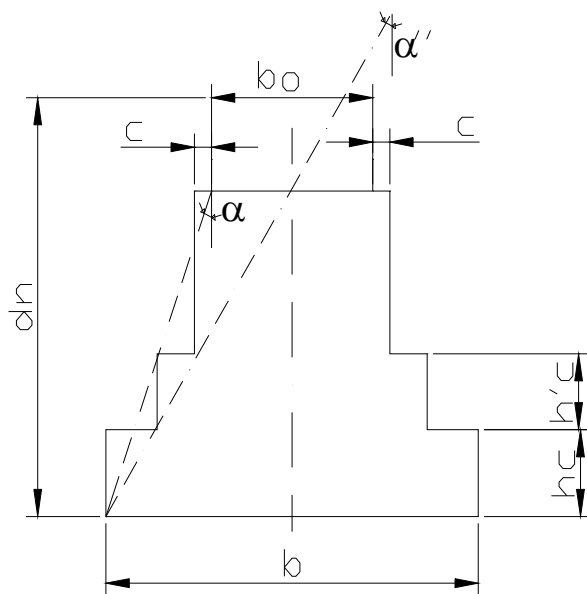


Рисунок 4 – Схема поперечного сечения жесткого фундамента

Если очертание фундамента пересечет эти линии или линии жесткости не будут проходить через точки С и Д, необходимо изменить глубину заложения фундамента и весь расчет по определению требуемой площади подошвы фундамента повторить. При этом высоту ступеней по

конструктивным и технологическим требованиям принимают от 0,3 до 0,5 м. Определив общую высоту уступов, назначают их количество и размеры каждого уступа, которые округляют до величин, кратных 50 мм (полмодуля).

После построения поперечного профиля жесткого фундамента определяют полное фактическое давление под подошвой фундамента с учетом нагрузки от надземной конструкции N_1 , собственного веса фундамента N_2 и грунта на его обрезах N_3 по формуле:

$$p_{\phi} = (N_1 + N_2 + N_3) / A \quad (10)$$

При определении N_3 принять удельный вес грунта обратной засыпки равным $\gamma = 16 \text{ кН/м}^3$.

Полученное значение фактического давления под подошвой фундамента не должно превышать величину расчетного сопротивления, т.е. необходимо проверить выполнение условия: $p_{\phi} \leq R$.

Соблюдение этого условия подтверждает возможность применимости методики расчета основания по деформациям с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства. Считается, что принцип линейной деформируемости для грунтов применим при напряжениях, не превосходящих некоторого предела пропорциональности, называемого расчетным сопротивлением грунта основания R . Если фактическое давление под подошвой фундамента $p_{\phi} = R$, то в грунте основания у граней фундамента уже возникают локальные зоны сдвигов, но их глубина не превышает четверти ширины подошвы фундамента.

С целью более полного использования несущей способности основания и снижения стоимости фундаментов следует стремиться, чтобы полное фактическое давление по подошве фундамента приближалось к величине расчетного сопротивления грунта, т.е. чтобы $p_{\phi} \approx R$. Для курсового проекта допускается недонапряжение или перенапряжение $\pm 10 \%$. Если различие в значениях p_{ϕ} и R превышает 10% , необходимо увеличить или уменьшить размеры подошвы фундамента или изменить глубину заложения фундамента, повторив расчет.

5. Расчет искусственного основания по второй группе предельных состояний

Целью расчета является ограничение деформаций S фундаментов и надфундаментных конструкций такими пределами S_u , при которых гарантируется невозможность достижения состояния, затрудняющего нормальную эксплуатацию здания.

Расчет основания по деформациям производится, исходя из условия:

$$S \leq S_u, \quad (11)$$

где S – ожидаемая величина совместной деформации основания и здания, определяемая расчетом;

S_u – предельно допустимая величина совместной деформации по условиям эксплуатации здания, которую в соответствии с таб. приложения 4 СП 22.13330.2016 можно принять равной 10 см.

Для определения ожидаемой величины деформации, в данном случае абсолютной осадки фундамента под стену А, необходимо знать напряженное состояние грунтов основания до и после строительства здания, то есть знать напряжения от собственного веса грунта и дополнительные нормальные напряжения от веса сооружения, фундамента и грунта на его обрезах.

5.1. Определение вертикальных напряжений от собственного веса грунта

Вертикальные нормальные напряжения от собственного веса грунта называют природными или бытовыми. Их величина возрастает с глубиной и определяется в характерных точках основания (на границах слоев, на УГВ) по вертикальной оси, проходящей через центр тяжести фундамента под стену А, по формуле:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i, \quad (12)$$

где γ_i и h_i – соответственно удельный вес и толщина i – того слоя грунта, $\gamma_i = 9,81 \rho_i$, кН/м^3 , здесь ρ_i – плотность грунта i – того слоя.

При определении плотности грунта, залегающего ниже уровня грунтовых вод (УГВ), необходимо учитывать взвешивающее действие воды и значение плотности взвешенного в воде грунта определять по формуле:

$$\rho_{взв} = (\rho_s - \rho_w)/(1 + e),$$

где e – коэффициент пористости, принимаемый по компрессионной кривой рассматриваемого слоя при природном давлении от вышележащего слоя грунта.

Расчет природных напряжений сводится в таблицу 31 Приложения.

После определения величин природных напряжений строится эпюра природных напряжений слева от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести фундамента (рисунок 5).

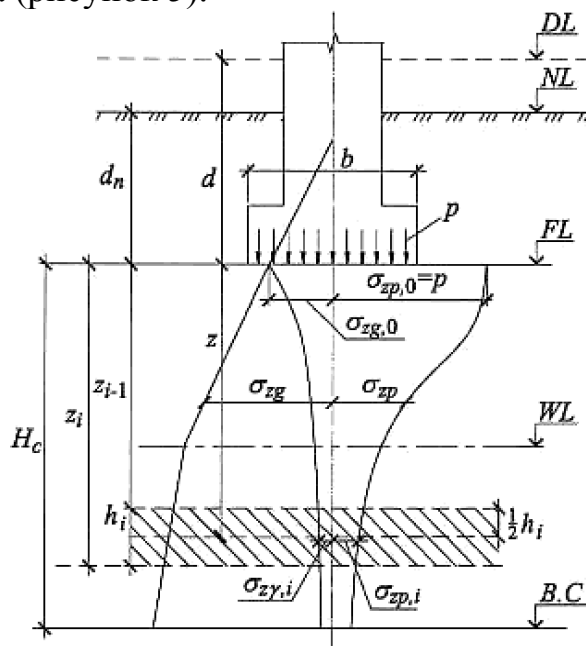


Рисунок 5 – Расчетная схема к определению осадки методом послойного суммирования

5.2. Определение дополнительных (сжимающих) напряжений

В соответствии со СП 22.13330.2016 расчет деформации основания рекомендуется выполнять с применением расчетной схемы основания в виде линейно-деформируемого полупространства с условным ограничением глубины сжимаемой толщи (активной зоны) основания $H_{\text{акт}}$. Ожидаемую осадку основания необходимо определять при этом методом послойного суммирования осадок элементарных слоев в пределах активной зоны. Толщина элементарного слоя h должна быть не более 0,4 ширины подошвы фундамента b . Нижнюю границу активной зоны определяют из условия: $\sigma_{zp} = 0,2 \sigma_{zg}$.

Дополнительное давление под подошвой фундамента равно разности среднего фактического давления, действующего по подошве фундамента, и природного давления на уровне заложения подошвы фундамента:

$$\sigma_{zp0} = p_{\phi} - \sigma_{zgd}, \text{ кПа} \quad (13)$$

Дополнительное напряжение рассеивается с глубиной. Интенсивность уменьшения с глубиной тем больше, чем меньше размеры подошвы фундамента. Если подошва фундамента имеет форму прямоугольника, величина дополнительного напряжения в любой точке основания, соответствующей середине i – того элементарного слоя, по вертикальной оси фундамента определяется по формуле:

$$\sigma_{zpi} = \alpha \sigma_{zp0} = \alpha (p_{\phi} - \sigma_{zgd}), \text{ кПа}, \quad (14)$$

где p_{ϕ} и σ_{zgd} – соответственно среднее фактическое давление по подошве фундамента и природное давление на глубине заложения фундамента, кПа;

α – коэффициент, учитывающий изменение по глубине дополнительного напряжения в грунте и принимаемый по таблице 27 Приложение в зависимости от относительной глубины $\zeta_i = 2z_i / b$ и от отношения сторон подошвы фундамента $\eta = l/b$, где z_i – расстояние от подошвы фундамента до середины i – того элементарного слоя.

Для ленточных фундаментов отношение l/b больше 10.

Расчет сжимающих напряжений сводится в таблицу 31 Приложение.

По полученным величинам дополнительных вертикальных напряжений по серединам элементарных слоев строится эпюра дополнительных (сжимающих) напряжений справа от вертикальной оси, проходящей через центр фундамента (рисунок 6). Масштаб напряжений (природных и дополнительных) выбирается в зависимости от абсолютного значения среднего фактического давления p_{ϕ} по подошве фундамента: в 1 см 20 кПа или 1 см 40 кПа. Вертикальный линейный масштаб примите 1:100.

5.3. Определение ожидаемой величины осадки

При расчете осадки оснований методом послойного суммирования считают, что сжатие каждого элементарного слоя грунта основания происходит под воздействием среднего значения только дополнительного

напряжения в этом слое, так как осадка основания от собственного веса грунта уже произошла до постройки здания.

Общую осадку основания определяют суммированием осадок элементарных слоев в пределах активной зоны по формуле:

$$S = \sum S_i = \beta \sum_{i=1}^n \sigma_{zpi} h_i / E_i, \text{ см} \quad (15)$$

где S_i – осадка i – того элементарного слоя грунта, см;

n – число слоев, на которые разбита по глубине сжимаемая толща основания $H_{\text{акт}}$;

β – безразмерный коэффициент, учитывающий упрощенную схему расчета, равный 0,8;

σ_{zpi} – дополнительное (сжимающее) напряжение в середине i – того элементарного слоя грунта, кПа;

h_i – толщина i – того элементарного слоя, см;

E_i , - модуль деформации i – того слоя грунта, кПа, определяется по таблицам 23 или 26 Приложения.

Результаты расчетов по пунктам А, Б и В оформляются в виде таблицы № 31 Приложения.

Полученную расчетом величину суммарной ожидаемой осадки необходимо сравнить с предельно допустимой для данного типа здания, т. е. необходимо проверить выполнение условия (15).

Если расчетная величина осадки основания превышает предельно допустимую, необходимо предусмотреть мероприятия, уменьшающие деформативность грунтов основания, или применить другой тип фундамента, например, свайный фундамент. Выбор оптимального мероприятия производят на основе технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

6. Проектирование котлована

Завершающим разделом проекта оснований и фундаментов мелкого заложения является проектирование котлована.

Котлованом называется выемка в грунте, в которой устраивается фундамент или производится монтаж подземных конструкций, прокладка туннелей и т.д.

При выборе способов производства работ по устройству котлованов и фундаментов в нем необходимо учитывать следующие основные требования: не допускать затопления котлована поверхностными и грунтовыми водами, обвалов грунта в котлован, возможности выпучивания дна отрытого котлована, промерзания дна котлована на большую глубину и др.

При проектировании котлованов определяют размеры котлованов с учетом размеров фундаментов, способа производства работ и необходимости крепления откосов котлованов в зависимости от инженерно-геологических, гидрогеологических условий, технологических условий. Необходимо

назначить его размеры по низу и по верху с учетом возможной крутизны его откосов; определить глубину котлована и абсолютную отметку его дна; дать вертикальную и горизонтальную его привязку к местности. Прежде всего, назначается глубина котлована, которая определяется глубиной заложения фундамента от поверхности планировки за вычетом ожидаемой осадки сооружения: $d_k = d_n - S$.

Размеры котлована по дну назначаются с учетом габаритных размеров подошв фундаментов, необходимости оставления по периметру котлована запаса для водоотводных канав, водосборных колодцев, инженерных коммуникаций, складирования необходимых строительных материалов, размещения механизмов, съезда и выезда из котлована.

Размеры котлована по верху определяются путем суммирования его размеров по дну и заложений откосов с каждой стороны.

При высоком уровне грунтовых вод выбирают способ защиты котлована от воды: открытый водоотлив (для осушения водонасыщенных песков средней крупности и крупных), глубинное понижение уровня грунтовых вод при помощи иглофильтров (для осушения водонасыщенных пылеватых и мелких песков) или электроосушение (для осушения текучих глинистых грунтов), шпунтовое ограждение. В завершение необходимо дать чертежи котлована (план котлована, продольный и поперечные разрезы котлована) с указанием всех размеров, отметок и способа осушения котлована в случае необходимости.

7. Выбор типа свай и глубины заложения подошвы ростверка свайного фундамента

При выборе типа свай и свайного фундамента исходят из назначения и конструкции сооружения, действующих нагрузок и инженерно-геологических условий строительной площадки.

На местности, непокрытой водой, обычно применяют свайные фундаменты с низким ростверком, т.е. фундаменты, в которых сваи полностью погружены в грунт и подошва ростверка находится ниже поверхности грунта.

Если на небольшой или практически достигаемой глубине (15-30 м) залегает прочный грунт (скальные грунты, крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем или твердые глинистые грунты с $R \geq 20$ МПа) применяют сваи-стойки, опирающиеся нижним концом на этот практически несжимаемый грунт. Если сваи заглублены в сжимаемые грунты, они работают как висячие, т.е. передают нагрузку на грунт нижним концом и трением по боковой поверхности.

Ввиду большой несущей способности, устойчивости против коррозии и возможности использования даже в агрессивной среде широкое применение в мелиоративном строительстве получили железобетонные сваи. Существует номенклатура типовых железобетонных забивных свай.

В курсовом проекте во всех вариантах рекомендуется применять железобетонные висячие сваи квадратного поперечного сечения. Глубину погружения свай в первом приближении принять равной 7-8 м ниже подошвы ростверка. Учитывая, что при погружении головы (верхние концы) свай разрушаются и их срубают, а также то, что головы свай заделываются в ростверк, общую длину свай можно принять на 1 м больше, т.е. соответственно 8-9 м. По длине сваи выбирается стандартный размер поперечного сечения по таблице 28 Приложение.

Ростверки, объединяющие сваи в свайные фундаменты, как правило, выполняют монолитными из железобетона. Глубину заложения подошвы ростверка назначают, в основном, исходя из условий возможности пучения грунтов при промерзании и с учетом конструктивных особенностей здания. Если под подошвой ростверка залегают грунты, склонные к морозному пучению, глубина заложения подошвы ростверка должна быть не менее расчетной глубины промерзания грунта (см. раздел 4-1). Если же промерзают непучинистые грунты, то глубину заложения ростверка назначают из условия минимально возможной толщины ростверка, т.е. $d_p = 0,7 \dots 0,8$ м.

7.1. Определение несущей способности одиночной сваи

Несущая способность висячей забивной сваи, работающей на сжимающую нагрузку, определяется как сумма расчетных сопротивлений грунтов под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} R A + u \sum \gamma_{cf} h_i f_i), \text{ кН}, \quad (16)$$

где A – площадь опирания на грунт сваи, м^2 ;

u – наружный периметр поперечного сечения сваи, м;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа, определяемое по таблице 29 Приложение;

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

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта по боковой поверхности сваи, кПа, определяемое по таблице 30 Приложение;

γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, $\gamma_c = 1$;

γ_{cR} и γ_{cf} – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи, принимаемые по таблицам СП. В курсовом проекте принимать γ_{cR} и γ_{cf} равными 1.

Расчет несущей способности сваи необходимо иллюстрировать расчетной схемой сваи с разделением геологических слоев основания на расчетные слои толщиной $h_i \leq 2$ м в пределах каждого геологического слоя отдельно. Для каждого расчетного слоя указать расстояние от поверхности планировки до его середины. Слева от расчетной схемы необходимо показать напластование грунтов по длине сваи с указанием их физических характеристик. Образец оформления расчетной схемы показан на рисунке 6.

7.2. Конструирование свайного фундамента»

Конструкция и размеры ростверка в уровне верхнего обреза определяются конструкцией и размерами надземной части здания.

Размеры подошвы ростверка назначаются из условия равномерной передачи нагрузки на все сваи фундамента и зависят от количества и расположения свай.

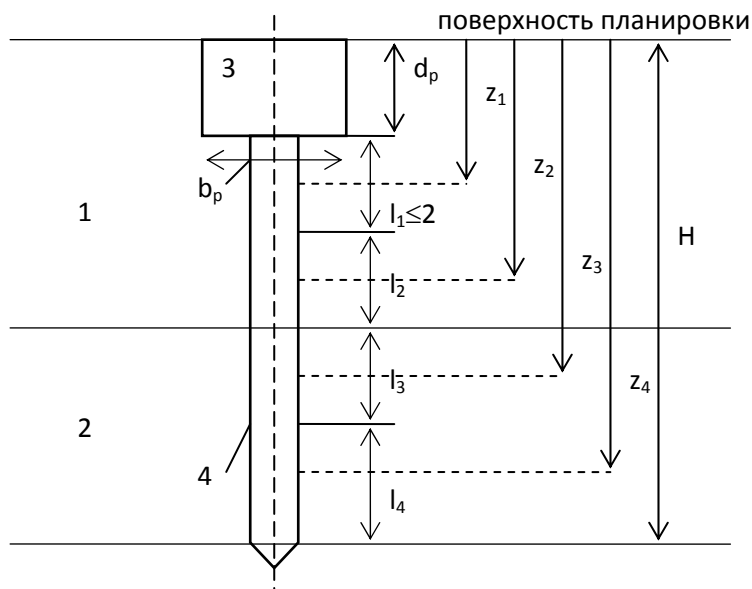


Рисунок 6 – Расчетная схема к определению несущей способности одиночной висячей сваи:

1, 2 – номера геологических слоев; 3 – ростверк; 4 – свая;

l_1, l_2, l_3, l_4 – толшины расчетных слоев грунта, соприкасающихся с боковой поверхностью свай, м; z_1, z_2, z_3, z_4 – средние глубины расположения расчетных слоев грунта, м; H – глубина погружения нижнего конца свай, м;

b_p – ширина подошвы ростверка; d_p – глубина заложения ростверка от поверхности планировки

В случае действия на фундамент центральной вертикальной нагрузки усилия в сваях принимаются одинаковыми. Число свай под всю длину стены при этом определяется из выражения:

$$n = (N_1 + N_2)L / N_{св}, \quad (17)$$

где N_1 – центральная вертикальная нагрузка на фундамент от сооружения, кН/пм;

N_2 – вес ростверка, кН/пм;

$N_{св} = F_d / \gamma_k$ – расчетная нагрузка на сваю;

$\gamma_k = 1,4$ – коэффициент надежности;

L – длина стены, под которую проектируется свайный фундамент.

Для определения требуемого количества свай необходимо в первом приближении ширину ростверка в плане принять равной ширине стены с учетом запасов по обрезу фундамента по 5 см, т.е. $b_p = b_0 + 2 \times 0,05$ (м).

После определения числа свай их размещают по подошве ростверка равномерно в рядовом порядке. Расстояние между осями забивных висячих свай должно быть не менее $3a$ (где a - сторона квадратного поперечного сечения ствола сваи), а между осями свай-стоек - не менее $1,5a$.

Расстояние от оси сваи до наружной грани ростверка обычно принимают 100-150 мм. В расчетно-графической работе расстояние от оси крайней сваи до наружной грани ростверка следует принимать равным a .

После размещения свай в плане уточняют размеры плиты ростверка и ее вес. Затем определяют фактическую нагрузку, приходящуюся на одну сваю p_{ϕ} , и сравнивают с допускаемой F_d , т.е.

$$p_{\phi} = (N_1 + N_2) / n \leq F_d. \quad (18)$$

Если условие не выполняется, т.е. сваи перегружены, необходимо изменить количество свай, их сечение или длину.

8. Определение осадки ленточного свайного фундамента

Расчет осадки ленточного свайного фундамента производится как для условного массивного жесткого фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями СП 24.13330.2021 «Свайные фундаменты».

Границы условного фундамента, заменяющего свайный, определяют следующим образом:

сверху - поверхностью планировки;

с боков – вертикальными плоскостями, проходящими по наружным граням крайних рядов свай; если сваи расположены в один ряд, то вертикальные плоскости проходят по торцам ростверка;

снизу – плоскостью, проходящей через нижние концы свай.

Осадка i - того слоя в пределах сжимаемой толщи под подошвой условного массивного ленточного свайного фундамента определяется по формуле:

$$S_i = [\Sigma N(1-v^2)/\pi E_i] \delta_0, \quad (19)$$

где $\Sigma N = N_1 + N_2 + N_3$, кН/пм,

N_1 – вес надфундаментной части здания, кН/пм;

$(N_2 + N_3)$ – вес условного массивного фундамента в виде массива грунта со сваями, $N_2 + N_3 = b_p d_p \gamma_{жб} + L_{св} a^2 \gamma_{жб} + (h_1 \gamma_{1взв} + h_2 \gamma_{2взв}) b_p$, кН/пм;

E_i – значения модуля деформации грунта в пределах сжимаемой толщи, определяемые по таблицам 23 или 26 Приложение, кПа;

v – коэффициент Пуассона, в курсовом проекте принять $v=0,35$;

δ_0 – коэффициент, принимаемый по номограмме [4] в зависимости от значения v и отношения N_c/N .

При подсчете объема грунта условного массивного фундамента объем, занятый забивными сваями, не вычитается, т.к. грунт из этого объема не удален, а уплотнен.

Для определения толщины сжимаемой толщи N_c под условно массивным свайным фундаментом необходимо, как и при определении сжимаемой толщи для обычного фундамента, построить эпюры природных

σ_g и дополнительных (сжимающих) σ_{pz} напряжений и эпюру $0,2\sigma_g$. Нижняя граница активной (сжимаемой) зоны находится там, где выполняется условие $\sigma_{pz} = 0,2\sigma_g$. Дополнительное напряжение σ_{pzi} в середине i -того элементарного слоя, на которые разбивается грунт основания в пределах сжимаемой толщи под подошвой условного фундамента, определяется по формуле:

$$\sigma_{pzi} = \alpha_i (p_\phi - \sigma_{gH}), \text{ кПа}, \quad (20)$$

где $p_\phi = (N_1 + N_2 + N_3) / (b_p \times 1)$, кПа;

σ_{gH} – природное напряжение на глубине заложения условного фундамента H от поверхности планировки, кПа;

α_i – коэффициент, учитывающий изменение по глубине дополнительного напряжения в грунте и принимаемый по таблице 27 Приложение в зависимости от относительной глубины $\zeta_i = 2z_i / b_p$ и $\eta > 10$, здесь z_i – расстояние от подошвы условного фундамента до середины i -того элементарного слоя.

Полученная по расчету суммарная величина осадки $S = \sum S_i$ основания свайного фундамента не должна превышать предельно допустимого значения S_u .

ПРИЛОЖЕНИЕ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Здание насосной станции, несущие конструкции которого – наружные кирпичные стены и монолитная плита под насосы. Толщина наружных стен А и Б – 64 см. Перекрытия из сборного железобетонного настила. Крыша односкатная, совмещенная из сборных железобетонных настилов.

Схема конструкции здания насосной станции показана на рисунке 1.

Таблица 1

Нагрузки на фундаменты стен А и Б

№ варианта	Постоянные нагрузки, кН/пм	Временные нагрузки, кН/пм
1	160	25
2	180	28
3	195	29
4	210	30
5	215	32
6	220	34
7	225	35
8	230	40
9	240	45

На рисунке 2 показан план участка местности в месте возведения насосной станции и пример расположения здания насосной станции на плане стройплощадки.

Данные геологической разведки (скважины 1 и 2) показали, что с поверхности залегают:

- для вариантов 0...4 - пески разной крупности, рыхлые, водонасыщенные;

- для вариантов 5...9 - разновидности глинистых грунтов текучей консистенции.

Мощность первого слоя составляет $h_1=4$ м.

Второй слой мощностью $h_2=10$ м представлен:

- для вариантов 0 ... 4 - разновидностями глинистых грунтов

- для вариантов 5 ... 9 - песчаными грунтами.

Уровень грунтовых вод находится на глубине $h_w = 1,0$ м от поверхности земли.

В таблицах 2...9 приведены результаты физико-механических исследований грунтов участка строительства.

Таблица 2

**Основные физические характеристики песчаных грунтов
1-ого слоя**

Характеристики	Номера вариантов				
	0	1	2	3	4
Плотность частиц, ρ_s , г/см ³	2,67	2,66	2,66	2,66	2,66
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1,91	1,89	1,83	1,86	1,90
Природная влажность, W , %	31,0	30,0	26,8	26,9	27,2

Таблица 3

Данные компрессионных испытаний песчаных грунтов 1-ого слоя

P, МПа	Коэффициенты пористости e к варианту				
	0	1	2	3	4
0,0	0,830	0,830	0,845	0,845	0,782
0,05	0,776	0,780	0,769	0,782	0,724
0,1	0,749	0,746	0,742	0,753	0,698
0,2	0,717	0,715	0,718	0,727	0,675
0,3	0,705	0,706	0,703	0,712	0,664
0,4	0,694	0,698	0,694	0,700	0,653

По результатам компрессионных испытаний необходимо построить компрессионные кривые $e = f(p)$ на миллиметровой бумаге формата А 4.

Таблица 4

**Основные физические характеристики и граничные влажности
глинистых грунтов 1-ого слоя**

Характеристики	Номера вариантов				
	5	6	7	8	9
Плотность частиц, ρ_s , г/см ³	2.70	2.71	2.72	2.73	2.74
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1.93	1.92	1.93	1.96	1.98
Природная влажность, W , %	26.0	32.0	34.0	40.0	42.0
Влажность на границе текучести, W_L , %	14.3	16.1	20.8	19.4	31.0
Влажность на границе пластичности, W_p , %	10.3	11.1	8.8	12.0	13.0

Таблица 5

**Основные физические характеристики и граничные влажности
глинистых грунтов 2-го слоя**

Характеристики	Номера вариантов									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность твердых частиц, ρ_s , г/см ³	2,66	2,67	2,68	2,68	2,69	2,70	2,71	2,72	2,73	2,74
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1,80	1,85	1,86	1,91	1,92	1,93	1,92	1,93	1,96	1,98
Влажность, %, W	15,5	19,0	22,0	24,0	23,0	26,0	32,0	34,0	40,0	42,0
Влажность на границе текучести, W_L , %	16,3	20,6	24,1	27,2	27,0	30,8	37,6	40,4	47,2	50,0
Влажность на границе пластичности, W_p , %	14,3	16,6	18,1	19,2	17,0	18,8	23,6	24,4	29,2	30,0

Таблица 6

**Гранулометрический состав песчаных грунтов в % по массе
в воздушно-сухом состоянии 1-го и 2-го слоев**

Номера вариант ов	Размеры частиц, мм				
	> 2	2,0-0,5	0,5-0,25	0,25-1,0	<0,1
0	5	47	13	20	15
1	1	29	21	19	30
2	3	17	29	27	24
3	7	13	18	22	40
4	4	22	24	26	24
5	6	45	15	18	16
6	2	18	31	22	27
7	8	16	25	27	24
8	15	12	22	25	26
9	9	21	21	29	20

Таблица 7

Основные физические характеристики песчаных грунтов 2-го слоя

Характеристики	Номера вариантов									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность твердых частиц, ρ_s , г/см ³	2,58	2,59	2,60	2,61	2,62	2,63	2,64	2,65	2,66	2,67
Плотность грунта, ρ , г/см ³	1,91	1,94	2,08	1,88	1,90	1,93	1,96	1,94	1,89	1,92
Природная влажность, W, %	25	26	28	29	28	25	26	27	29	26

Таблица 8

Данные компрессионных испытаний песчаных грунтов 2-го слоя

P, МПа	Коэффициент пористости e к варианту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,682	0,678	0,735	0,782	0,750	0,694	0,690	0,728	0,800	0,671
0,05	0,669	0,663	0,712	0,756	0,739	0,681	0,672	0,708	0,777	0,656
0,10	0,658	0,650	0,693	0,739	0,730	0,670	0,658	0,690	0,755	0,644
0,20	0,642	0,643	0,658	0,716	0,712	0,554	0,634	0,662	0,721	0,630
0,30	0,631	0,640	0,639	0,702	0,703	0,643	0,624	0,638	0,697	0,619
0,40	0,627	0,638	0,627	0,692	0,696	0,639	0,616	0,621	0,682	0,613

Таблица 9

**Данные компрессионных испытаний глинистых грунтов
1-го или 2-го слоев**

p, МПа	Коэффициент пористости e к варианту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,705	0,712	0,750	0,740	0,724	0,765	0,868	0,888	0,950	0,972
0,05	0,675	0,672	0,720	0,717	0,700	0,740	0,822	0,848	0,911	0,958
0,10	0,656	0,643	0,702	0,698	0,685	0,716	0,790	0,828	0,885	0,932
0,20	0,627	0,606	0,673	0,673	0,665	0,682	0,754	0,791	0,844	0,912
0,30	0,610	0,581	0,655	0,646	0,655	0,660	0,730	0,766	0,825	0,900
0,40	0,579	0,561	0,642	0,632	0,650	0,652	0,712	0,753	0,811	0,892

Таблица 10

**Гранулометрический состав глинистых грунтов
в % по массе в воздушно-сухом состоянии**

№№ вариантов	Размеры частиц, в мм					
	2.0-1.0	1.0-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	<0.05
1	2.0	7.7	10.5	29.8	17.0	33.0
2	5.0	2.0	8.0	19.2	11.8	54.0
3	-	0.9	9.7	11.3	15.4	62.7
4	4.0	2.0	9.0	19.0	27.0	39.0
5	2.0	4.0	10.0	15.0	14.0	55.0
6	5.0	2.0	8.0	18.0	23.0	44.0
7	2.0	8.0	10.0	30.0	32.0	18.0
8	3.0	2.0	12.8	32.2	28.6	21.4
9	2.0	4.0	10.0	15.0	24.0	45.0

Таблицы из СП и ГОСТ

Таблица 11

Разновидность песчаных грунтов по крупности

Разновидность грунта	Содержание частиц в % по массе
Песок гравелистый	Масса частиц $d > 2$ мм составляет $> 25\%$
Песок крупный	Масса частиц $d > 0.5$ мм составляет $> 50\%$
Песок средней крупности	Масса частиц $d > 0.25$ мм составляет $> 50\%$
Песок мелкий	Масса частиц $d > 0.1$ мм составляет $\geq 75\%$
Песок пылеватый	Масса частиц $d > 0.1$ мм составляет $< 75\%$

Таблица 12

Разновидность песчаного грунта по коэффициенту водонасыщения

Разновидность песчаного грунта	Коэффициент водонасыщения S_r
Малой степени водонасыщения	$0 < S_r \leq 0.5$
Средней степени водонасыщения	$0.5 < S_r \leq 0.8$
Насыщенные водой	$0.8 < S_r \leq 1$

Таблица 13

Разновидность песчаных грунтов по плотности сложения

Разновидность песков	Плотность сложения песков		
	плотное	средней плотности	рыхлое
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$e < 0.55$	$0.55 \leq e \leq 0.70$	$e > 0.70$
Пески мелкие	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.75$	$e > 0.75$
Пески пылеватые	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.80$	$e > 0.80$

Таблица 14

Разновидности глинистых грунтов по числу пластичности

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p
Супесь	$1 < I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Таблица 15

Состояние глинистых грунтов по показателю текучести

Разновидность глинистого грунта	Показатель текучести I_L	Разновидность глинистого грунта	Показатель текучести I_L
Супеси: твердые пластичные текучие	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 1$ $I_L > 1$	Суглинки и глины: твердые полутвердые тугопластичные мягкопластичные текучепластичные текучие	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,5$ $0,5 < I_L \leq 0,75$ $0,75 < I_L \leq 1,00$ $I_L > 1,00$

Таблица 16

Разновидность глинистых грунтов по гранулометрическому составу

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p	Содержание песчаных частиц, % по массе
Супесь: песчанистая пылеватая	$1 < I_p < 7$ $1 < I_p < 7$	≥ 50 < 50
Суглинок: легкий песчанистый легкий пылеватый тяжелый песчанистый тяжелый пылеватый	$7 < I_p \leq 12$ $7 < I_p \leq 12$ $12 < I_p \leq 17$ $12 < I_p \leq 17$	≥ 40 < 40 ≥ 40 < 40
Глина: легкая песчанистая легкая пылеватая тяжелая	$17 < I_p \leq 27$ $17 < I_p \leq 27$ $I_p > 27$	≥ 40 < 40 Не регламентируется

Таблица 17

Значения коэффициента k_n

Конструктивные особенности зданий	Коэффициент k_n при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, t^0				
	0	5	10	15	20
Без подвалов с полами, устраиваемыми по грунту	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
На лагах по грунту	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7
По утепленному цокольному перекрытию	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
С подвалом или техническим подпольем					

Таблица 18
Глубина заложения фундамента в зависимости от глубины промерзания

Наименование грунтов под подошвой фундамента	Глубина заложения фундаментов в зависимости от глубины расположения уровня подземных вод d_w , м, при	
	$d_w \leq d_f + 2$	$d_w > d_f + 2$
Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности	Не зависит от d_f	Не зависит от d_f
Пески мелкие и пылеватые	Не менее d_f	Не зависит от d_f
Супеси с показателем текучести $I_L < 0$	Не менее d_f	Не зависит от d_f
Супеси с показателем текучести $I_L \geq 0$	Не менее d_f	Не менее d_f
Суглинки, глины, а также крупнообломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем при показателе текучести грунта или заполнителя $I_L \geq 0,25$	Не менее d_f	Не менее d_f
То же при $I_L < 0,25$	Не менее d_f	Не менее $0,5 d_f$

- ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Глубину заложения фундаментов допускается принимать от расчетной глубины промерзания d_f , если соответствующие грунты, указанные в настоящей таблице, залегают до глубины не менее нормативной глубины промерзания d_{fn} .
2. Положение уровней подземных вод должно приниматься с учетом указаний п.п. 2.17 - 2.21 СП 22.13330.2016.

Таблица 19
Расчетные сопротивления R_0 песчаных грунтов

Пески	Значение R_0 , кПа, в зависимости от плотности сложения грунтов	
	плотные	средней плотности
Крупные	600	500
Средней крупности	500	400
Мелкие:		
маловлажные	400	300
влажные и насыщенные водой	300	200
Пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	200	150
насыщенные водой	150	100

Таблица 20
Расчетные сопротивления R_0 глинистых грунтов

Глинистые грунты	Коэффициент пористости e	Значение R_0 , кПа, при показателе текучести I_L	
		$I_L=0$	$I_L=1$
Супеси	0.5	300	300
	0.7	250	200
Суглинки	0.5	300	250
	0.7	250	180
	1.0	200	100
Глины	0.5	600	400
	0.6	500	300
	0.8	300	200
	1.1	250	100

Таблица 21
Коэффициенты γ_{c1} и γ_{c2}

Наименование грунтов	Коэффициент, γ_{c1}	Коэффициент γ_{c2} для сооружения с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к его высоте L/H , равной	
		4 и более	1,5 и менее
Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и песчаные грунты, кроме мелких и пылеватых	1,4	1,2	1,4
Пески мелкие	1,3	1,1	1,3
Пески пылеватые: маловлажные и влажные насыщенные водой	1,25	1,0	1,2
	1,1	1,0	1,2
Пылевато-глинистые грунты, а также крупнообломочные с глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя $I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
	То же, при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,1
	То же, при $I_L > 0,5$	1,1	1,0

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. При промежуточных значениях L/H коэффициент γ_{c2} определяется по интерполяции.

Таблица 22

**Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа,
угла внутреннего трения φ_n^0 и модуля деформации E , МПа,
песчаных грунтов**

Наименование песчаных грунтов	Обозначение характеристик	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	c_n	2	1	-	-
	φ_n	43	40	38	-
	E	50	40	30	-
Средней крупности	c_n	3	2	1	-
	φ_n	40	38	35	-
	E	50	40	30	-
Мелкие	c_n	6	4	2	-
	φ_n	38	36	32	28
	E	48	37	27	18
Пылеватые	c_n	8	6	4	2
	φ_n	36	34	30	26
	E	39	28	18	11

Таблица 23

**Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа,
угла внутреннего трения φ_n , глинистых грунтов**

Наименование грунтов и пределы их показателя текучести		Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21	17	15	13	-	-	-
		φ_n	30	29	27	24	-	-	-
	$0,25 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	19	15	13	11	9	-	-
		φ_n	28	26	24	21	18	-	-
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	47	37	31	25	22	19	-
		φ_n	26	25	24	23	22	20	-
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	c_n	39	34	28	23	18	15	-
		φ_n	24	23	22	21	19	17	-
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	-	-	25	20	16	14	12
		φ_n	-	-	19	18	16	14	12
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	-	81	68	54	47	41	36
		φ_n	-	21	20	19	18	16	14
	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$	c_n	-	-	57	50	43	37	32
		φ_n	-	-	18	17	16	14	11
	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	-	-	45	41	36	33	29
		φ_n	-	-	15	14	12	10	7

Таблица 24

Коэффициенты M_γ , M_q , M_c

Угол внутреннего трения φ_{II}°	Коэффициенты			Угол внутреннего трения φ_{II}°	Коэффициенты		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1.00	3.14	8	0.14	1.55	3.93
1	0.01	1.06	3.23	9	0.16	1.64	4.05
2	0.03	1.12	3.32	10	0.18	1.73	4.17
3	0.04	1.18	3.41	11	0.21	1.83	4.29
4	0.06	1.25	3.51	12	0.23	1.94	4.42
5	0.08	1.32	3.61	13	0.26	2.05	4.55
6	0.10	1.39	3.71	14	0.29	2.17	4.69
7	0.12	1.47	3.82	15	0.32	2.30	4.84
16	0.36	2.43	4.99	31	1.24	5.95	8.24
17	0.39	2.57	5.15	32	1.34	6.34	8.55
18	0.43	2.73	5.31	33	1.44	6.76	8.88
19	0.47	2.89	5.48	34	1.55	7.22	9.22
20	0.51	3.06	5.66	35	1.68	7.71	9.58
21	0.56	3.24	5.84	36	1.81	8.24	9.97
22	0.61	3.44	6.04	37	1.95	8.81	10.37
23	0.69	3.65	6.24	38	2.11	9.44	10.80
24	0.72	3.87	6.45	39	2.28	10.11	11.25
25	0.78	4.11	6.67	40	2.46	10.85	11.73
26	0.84	4.37	6.90	41	2.66	11.64	12.24
27	0.91	4.64	7.14	42	2.88	12.51	12.79
28	0.98	4.93	7.40	43	3.12	13.46	13.37
29	1.06	5.25	7.67	44	3.38	14.50	13.98
30	1.15	5.59	7.95	45	3.66	15.64	14.64

Таблица 25

Углы жесткости α

Марка бетона	Давление на грунт, р, МПа	Ленточный	Столбчатый
		α	α
≥ 100	≤ 0.15	$36^{\circ}30'$	$33^{\circ}30'$
	> 0.15	$33^{\circ}30'$	$31^{\circ}13'$
< 100	≤ 0.15	$33^{\circ}30'$	$31^{\circ}13'$
	> 0.15	$29^{\circ}44'$	$26^{\circ}30'$

Таблица 26

**Нормативные значения модуля деформации E
глинистых неселесовых грунтов**

Наименование грунтов и их показатели текучести		Модуль деформации грунтов E , МПа, при коэффициенте пористости e , равном						
		0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0.75$	32	24	16	10	7	-	-
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0.25$	34	27	22	17	14	11	-
	$0.25 < I_L \leq 0.5$	32	25	19	14	11	8	-
	$0.5 < I_L \leq 0.75$	-	-	17	12	8	6	5
Глины	$0 \leq I_L \leq 0.25$	-	28	24	21	18	15	12
	$0.25 < I_L \leq 0.5$	-	-	21	18	15	12	9
	$0.5 < I_L \leq 0.75$	-	-	-	15	12	9	7

Таблица 27

Коэффициент α

$\xi=2z_i/b$	Коэффициент α для фундаментов							
	круглы х	прямоугольных с отношением сторон $\eta=l/b$ равным						ленточн ых ($\eta \geq 10$)
		1	1.4	1.8	2.4	3.2	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.000	1.000	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.4	0.949	0.960	0.972	0.975	0.976	0.977	0.977	0.977
0.8	0.756	0.800	0.848	0.866	0.876	0.879	0.881	0.881
1.2	0.547	0.606	0.682	0.717	0.739	0.749	0.754	0.755
1.6	0.390	0.449	0.532	0.578	0.612	0.629	0.639	0.642
2.0	0.285	0.336	0.414	0.463	0.505	0.530	0.545	0.550
2.4	0.214	0.257	0.325	0.374	0.419	0.449	0.470	0.477
2.8	0.165	0.201	0.260	0.304	0.349	0.383	0.410	0.420
3.2	0.130	0.160	0.210	0.251	0.294	0.329	0.360	0.374
3.6	0.106	0.131	0.173	0.209	0.250	0.285	0.319	0.337
4.0	0.087	0.108	0.145	0.176	0.214	0.248	0.285	0.306
4.4	0.073	0.091	0.123	0.150	0.185	0.218	0.255	0.280
4.8	0.062	0.077	0.105	0.130	0.161	0.192	0.230	0.258
5.2	0.053	0.067	0.091	0.113	0.141	0.170	0.208	0.239
5.6	0.046	0.058	0.079	0.099	0.124	0.152	0.189	0.223
6.0	0.040	0.051	0.070	0.087	0.110	0.136	0.173	0.208
6.4	0.036	0.045	0.062	0.077	0.099	0.122	0.158	0.196
6.8	0.031	0.040	0.055	0.064	0.088	0.110	0.145	0.185
7.2	0.028	0.036	0.049	0.062	0.080	0.100	0.133	0.175
7.6	0.024	0.032	0.044	0.056	0.072	0.091	0.123	0.166
8.0	0.022	0.029	0.040	0.051	0.066	0.084	0.113	0.158
8.4	0.021	0.026	0.037	0.046	0.060	0.077	0.105	0.150
8.8	0.019	0.024	0.033	0.042	0.055	0.071	0.098	0.143
9.2	0.017	0.022	0.031	0.039	0.051	0.065	0.091	0.137
9.6	0.016	0.020	0.028	0.036	0.047	0.060	0.085	0.132
10.0	0.015	0.019	0.026	0.033	0.043	0.056	0.079	0.126
10.4	0.014	0.017	0.024	0.031	0.040	0.052	0.074	0.122
10.8	0.013	0.016	0.022	0.029	0.037	0.049	0.069	0.117
11.2	0.012	0.015	0.021	0.027	0.035	0.045	0.65	0.113
11.6	0.011	0.014	0.020	0.025	0.033	0.042	0.061	0.109
12.0	0.010	0.013	0.018	0.023	0.031	0.040	0.058	0.106

Таблица 28

Поперечные сечения стандартных железобетонных свай

Длина свай, м	3 ... 6	6 ... 9	9 ... 13	13 ... 17	17 ... 20
Поперечное сечение свай, см	20x20	25x25	30x30	35x35	40x40
	25x25	30x30	35x35	40x40	45x45

Таблица 29

Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай R, Мпа						
	песчаных грунтов средней плотности						
	гравелистых	крупных	–	средней крупности	мелких	пылеватых	–
	глинистых грунтов при показателе текучести I _L , равном						
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
3	7.50	<u>6.60</u> 4.00	3.00	<u>3.10</u> 2.00	<u>2.00</u> 1.20	1.10	0.60
4	8.30	<u>6.80</u> 5.10	3.80	<u>3.20</u> 2.50	<u>2.10</u> 1.60	1.25	0.70
5	8.80	<u>7.00</u> 6.20	4.00	<u>3.40</u> 2.80	<u>2.20</u> 2.00	1.30	0.80
7	9.70	<u>7.30</u> 6.90	4.30	<u>3.70</u> 3.30	<u>2.40</u> 2.20	1.40	0.85
10	10.50	<u>7.70</u> 7.30	5.00	<u>4.00</u> 3.50	<u>2.60</u> 2.40	1.50	0.90
15	11.70	<u>8.20</u> 7.50	5.60	<u>4.40</u> 4.00	2.90	1.65	1.00
20	12.60	8.50	6.20	<u>4.80</u> 4.50	3.20	1.80	1.10
25	13.40	9.00	6.80	5.20	3.50	1.95	1.20
30	14.20	9.50	7.40	5.60	3.80	2.10	1.30
35	15.00	10.00	8.00	6.00	4.10	2.25	1.40

Таблица 30

Расчетные сопротивления на боковой поверхности свай f

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности свай f, кПа								
	песчаных грунтов средней плотности								
	крупных и ср. крупности	мелких	пылеватых						
	глинистых грунтов при показателе текучести I _L , равном								
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

ПРИМЕЧАНИЕ:1. При определении по таблице 30 расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.

2. Величины расчетного сопротивления плотных песчаных грунтов на боковой поверхности f следует увеличить на 20% против значений, приведенных в таблице 30.

Таблица 31

Определение осадки методом послойного суммирования

№ элемента рного слоя	Толщина элементарного слоя, см	№ геологического слоя	Расстояние от подошвы фундамента а до середины элем.слоя z, см	Определение сжимающих напряжений в серединах эл.слоев σ_{zp}			Природное напряжение в середине эл. слоя, σ_{zg} , кПа	$\sigma_{zp} + \sigma_{zg}$, кПа	e	E, кПа	S, см
				$\xi = 2z/b$	α	σ_{zp} , кПа					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация. Последняя редакция: дата введения 2021-01-01. М.: Стандартинформ, 2023. – 42 с.
2. ГОСТ 20522–2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Последняя редакция: дата введения 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. М.: ГП ЦПП, 2017. – 162 с.
4. СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. М.: Стройиздат, 2023. – 119 с.
5. Определение технологических параметров строительных процессов: методические указания / Ю. С. Приходько, А. Г. Прозоровский, А. П. Смирнов [и др.]; Московский государственный университет природообустройства. – Москва: МГУП, 2009. – 86 с.
6. Коваль, С. Обоснование параметров компенсационного нагнетания инъекционных смесей в грунтовые массивы в процессе защиты от деформаций и восстановления планово-высотного положения зданий, сооружений, опор мостов, тоннелей, метрополитенов и других объектов транспортной инфраструктуры / С. Коваль, И. Харченко, А. Харченко [и др.] // Русский инженер. — 2022. — № 2. — С. 34–39.

Учебно-методическое издание

Савельев Александр Валентинович
Жарницкий Валерий Яковлевич
Смирнов Александр Петрович
Сумин Максим Николаевич

Методические указания
к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине
«Механика грунтов, основания и фундаменты»
для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация»,
направленностей «Проектирование и строительство
гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии
гидромелиоративных работ»

Компьютерная верстка Савельев А.В., Смирнов А.П.

Подписано в печать 20.04. 2023.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Усл.- печ. л. 2,25 Уч.- изд. л. 2,35.
Тираж 40. Заказ № 47-10351.

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
«Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-918-518-04-29, center-op@mail.ru