

**Министерство образования РФ
Камский государственный политехнический институт**

Ш.Х.Нетфуллов

ИСКУССТВЕННЫЕ ОСНОВАНИЯ

*Учебное пособие по изучению дисциплины
«Искусственные основания»
для студентов – заочников специальности 290300*

**Набережные Челны
2003**

УДК 624.131+624.15

Нетфуллов Ш.Х.

Искусственные основания: Учебное пособие для студентов–заочников специальности 290300 - Набережные Челны: КамПИ, 2003. – 51с.

Учебное пособие предназначено в помощь студентам заочной формы обучения специальности 290300 «Промышленное и гражданское строительство» в самостоятельной работе над учебниками, учебными пособиями и нормативно - справочной литературой. В пособии приводятся цели и задачи дисциплины «Искусственные основания», объем учебного времени, рабочая программа дисциплины, темы практических занятий, их содержание и объем в часах, список учебно-методической и справочно-нормативной литературы, вопросы самоконтроля, методика выполнения контрольной работы и примеры выполнения контрольных задач, а также приведены тесты и перечень экзаменационных вопросов.

Рис.5, Табл.3, Прил.3.

Рецензент: доцент, к.т.н. *A.B. Столбов.*

Печатается по решению научно-методического совета Камского государственного политехнического института

Предисловие

Современное строительство всё больше смещается на площадке со сложными грунтовыми и природными условиями, в сторону реконструкции существующих объектов. Кроме этого, накопленный многовековой опыт показывает, что большинство аварий зданий и сооружений сопряжено с различными видами отказов оснований и фундаментов, обусловленных многообразными причинами.

Сказанное подчеркивает особую важность дисциплины «Искусственные основания» в общей системе профессиональной подготовки инженеров строителей по специальности 2903 (ПГС).

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов правильному проектированию искусственных оснований в зависимости от различных инженерно-геологических, гидрогеологических условий строительной площадки и выполнению работ по их устройству.

В результате обучения будущие специалисты приобретают навыки, позволяющие им самостоятельно, на основе правильной оценки сложных инженерно-геологических условий строительной площадки, определять выбор типа основания и оптимального варианта фундамента, применять прогрессивные методы расчета и проектирования оснований и фундаментов, применять новые технические средства и передовые технологии по искусенному улучшению работы грунтов оснований, совершенствовать методы их устройства.

Дисциплина «Искусственные основания» изучается в соответствии с учебным планом на четвертом курсе (7 семестр, срок обучения - 4 года) и на шестом (11 семестр, срок обучения - 6 лет).

Учебное время распределяется следующим образом:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 1. Аудиторные занятия | - 8 часов, в том числе: |
| обзорных лекций | - 8 часов; |
| практических занятий | - нет; |
| лабораторных занятий | - нет. |
| 2. Самостоятельная работа | - 75 часов. |

Изучение дисциплины заканчивается выполнением контрольной работы и сдачей зачета (7 семестр, срок обучения - 4 года) и (11 семестр, срок обучения – 6 лет).

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

| | Наименование тем | Объем работ в часах | | Используемая литература | |
|---|---|---------------------|--------------|-------------------------|---|
| | | Самостоятельные | Практические | Номер лист. | Страницы |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Конструктивные методы улучшения грунтов основания. Классификация конструктивных методов. Устройство грунтовых подушек. Шпунтовые ограждения, боковые пригрузки, армирование грунта. | 16 | - | 1 2 3 4 6 | 296-299 318-321 242-245 85-92 296 |

| | | | | | |
|----|--|----|---|--|--|
| | | | | | |
| 2. | <p>Уплотнение грунтов оснований.</p> <p>Классификация уплотнения грунтов. Поверхностное и глубинное уплотнение грунтов. Уплотнение грунтовыми сваями , ударно-канатного бурения, глубинное виброплотнение, глубинное уплотнение грунтов оснований предварительным замачиванием и водонижением. Уплотнение грунтов статической нагрузкой . Фундаменты в вытрамбованных котлованах . Контроль качества уплотнения грунтов</p> | 25 | | | |
| 3. | <p>Закрепление и укрепление грунтов основания. Классификация способов закрепления и укрепления грунтов. Цементация, известкование, силикатизация, газовая силикатизация , электросиликатизация , смолизация. Термическое закреп-</p> | 15 | - | | |

| | | | | |
|----|--|----|---|---|
| | ление грунтов. | | | |
| 4. | <p>Повышение устойчивости откосов земляных сооружений и выемок в сложных инженерно-геологических условиях</p> <p>Классификация форм деформации откосов и мер по обеспечению устойчивости их способом закрепления грунтов. Расчет устойчивости стабилизированного откоса. Требования к закрепляющим растворам и закрепленным грунтам. Рецептура рабочих закрепляющих растворов. Технология укрепительных работ и подбор нагнетательного оборудования. Контроль качества закрепления грунтов.</p> | 15 | - | 4 7 8 310-324 3-29 86-95 |

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Основным методом изучения курса "Искусственные основания" является самостоятельная работа студента. Чтобы составить представление об объеме курса, студенту необходимо ознакомиться с содержанием программы, методическими указаниями и списком рекомендованной литературы.

Приступая к изучению новой темы, следует прочитать по учебнику соответствующий материал, тщательно в нем разобраться, понять предлагаемые формулировки, важные определения и необходимые закономерности, стараясь избегать чисто механического запоминания. Основательно усвоив теоретические положения темы, можно переходить к решению примеров и задач, относящихся к этой теме.

Рисунки и расчетные схемы должны быть аккуратно выполнены с соблюдением масштаба, так как небрежно сделанный чертёж ведёт к ошибкам.

Для лучшего усвоения изучаемого материала рекомендуется составлять краткий конспект прочитанного, где студент сможет отмечать и все неясные для него вопросы.

После проработки теоретического материала и решения примеров и задач следует ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в настоящих методических указаниях после каждой темы.

Следует иметь в виду, что вопросы для самопроверки не охватывают всего материала программы курса, а лишь конкретизируют ее и помогают студенту усвоить изучаемую дисциплину.

При изучении курса студент может получить индивидуальные устные или письменные консультации у преподавателей кафедры, а также, если представляется возможным, посещать лекции, как установочные, так и тематические и обзорные, читаемые по наиболее сложным вопросам курса в институте.

Для облегчения усвоения теоретического материала весь курс разбивается на отдельные темы в соответствии с программой.

2.1. Искусственno-улучшенные основания.

Общие положения. Классификация методов улучшения работы и строительных свойств грунтов в основании.

В процессе изучения курса необходимо усвоить основные понятия и термины, обратить внимание на особенности данной дисциплины и на взаимосвязь ее с другими строительными дисциплинами, уяснить роль и значение отечественных и зарубежных ученых и научно-исследовательских институтов и развитии вопросов искусственных оснований.

Студент должен четко представлять современное состояние и перспективы дальнейшего развития этой отрасли знаний.

Литература*: (1, с. 294-296).

Вопросы для самопроверки

1. Какие грунты называют структурно неустойчивыми? Перечислите их виды.

2. Что характеризует собой понятие "слабый грунт"?

3. На какие три группы можно подразделить способы преобразования строительных свойств грунтов?

2.2. Конструктивные методы улучшения грунтов основания

Классификация конструктивных методов. Устройство грунтовых подушек. Шпунтовые ограждения, боковые пригрузки, армирование грунта.

В этой теме студент должен усвоить дополнительные понятия и определения, относящиеся к искусственным основаниям, улучшающих их работу конструктивными методами, и хорошо изучить основные данные, от которых зависит проектирование фундаментов. Следует обратить внимание на критическую оценку преимуществ и недостатков, а также на области применения каждого конструктивного метода улучшения работы грунтов основания.

Литература: (1, с. 296-299); (2, с. 318-321), (3, с. 242-245), (4, с. 85-92), (6, с. 296).

Вопросы для самопроверки

1. Что такое грунтовая подушка?
2. Как определяются основные размеры грунтовой подушки?
3. Как производится расчет осадки фундамента, опирающегося на грунтовую подушку.
4. В каких случаях целесообразно применять шпунтовые ограждения?
5. В чем заключается армирование грунта и когда его можно считать эффективным?
6. Какие материалы применяют для армирования грунта?

2.3. Уплотнение грунтов оснований.

Классификация уплотнения грунтов. Поверхностное и глубинное уплотнение грунтов. Уплотнение грунтовыми сваями, ударно-канатного бурения, глубинное виброуплотнение, глубинное уплотнение грунтов оснований предварительным замачиванием и водопонижением. Уплотнение грунтов статической нагрузкой. Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Контроль качества уплотнения грунтов.

В результате проработки этой темы, прежде всего, следует четко представлять условия для проведения искусственно-го уплотнения оснований. Уяснить существенное различие в методах уплотнении грунтов основания. Следует обратить внимание на критическую оценку преимуществ и недостатков, а также на область применения каждого метода искусственного уплотнения оснований.

Литература: (1, с. 299-307); (2, с. 321-335), (3, с. 238-275), (4, с. 62-75), (6, с. 235-342).

Вопросы для самопроверки

1. Какими методами производится поверхностное уплотнение грунтов.
2. Какая влажность называется оптимальной?
3. Какими механизмами производится уплотнение укаткой?

4. На какую глубину можно уплотнить грунт тяжелыми трамбовками?
5. Для каких грунтов эффективно уплотнение грунтов трамбованием?
6. Какие грунты можно уплотнить песчаными сваями? Каково основное назначение свай?
7. Как рассчитывается фундамент из песчаных свай?
8. Что представляют собой грунтовые сваи и как их изготавливают?
9. Как располагаются в плане песчаные и грунтовые сваи?
10. В каких грунтах применяют известковые сваи?
11. В результате чего происходит уплотнение грунта при применении известковых свай?
12. Для каких грунтов целесообразно применять метод виброплотнений?
13. Каким образом осуществляется уплотнение грунта статической нагрузкой?
14. В каких грунтах возможно их уплотнение с помощью водопонижения?
15. В чем заключается способ вытрамбования котлованов?
16. Как производится вытрамбование котлованов фундаментов?
17. Для фундаментов каких зданий рекомендуется их устройство в вытрамбованных котлованах?

2.4. Закрепление и укрепление грунтов основания

Классификация способов закрепления и укрепления грунтов. Цементация, известкование, силикатизация, газовая силикатизация, электросиликатизация, смолизация. Термическое закрепление грунтов.

В процессе изучения этой темы студент должен четко представлять условия для проведения искусственного упрочнения оснований, усвоить основные наиболее широко распространенные методы искусственного упрочнения оснований. Следует обратить внимание на критическую оценку преимуществ и недостатков, а также на область применения каждого метода искусственного упрочнения оснований.

Литература: (1, с. 307-312); (2, с. 335-341); (4, с. 74-85); (5, с. 46-87); (6, с. 310-324).

Вопросы для самопроверки

1. С какой целью производится закрепление и укрепление грунтов?
2. В каких случаях применяется цементация грунтов?
3. В каких случаях применяется силикатизация и смолизация грунтов?
4. Как выполняется электрозакрепление грунтов?
5. Какие грунты могут быть закреплены термическим способом и как это выполняется?

2.5. Повышение устойчивости откосов земляных сооружений и выемок в сожных инженерно-геологических условиях.

Классификация откосов форм деформации и мер по обеспечению устойчивости их способом закрепления грунтов. Расчет устойчивости стабилизированного откоса. Требования к закрепляющим растворам и закрепленным грунтам. Рецептура рабочих закрепляющих растворов. Технология укрепительных работ и подбор нагнетательного оборудования. Контроль качества закрепления грунтов.

Проработку материала данной темы программы следует начинать с изучения классификации форм деформации откосов и мер по обеспечению устойчивости их способом закрепления грунтов.

Выбор конструкции из закрепленного грунта и материала закрепления осуществляется применительно к инженерно-геологическим условиям строительной площадки, форме деформации откоса. Необходимо уделить внимание критической оценке преимуществ и недостатков различных типов свай-шпон в тех или иных условиях. При этом существенную роль должны играть технико-экономические показатели.

Далее следует разобрать и усвоить основные методы определения сопротивления свай-шпон горизонтальным и вертикальным нагрузкам.

Студент должен получить представление о напряженно-деформированном состоянии грунта вокруг сваи и его влиянии на ее несущую способность; о влиянии свойств грунта на сопротивление свай; о технологии устройства свай-шпон.

Студент должен уметь рассчитывать устойчивость откоса, стабилизированного способом закрепления грунта. Знать требования к закрепляющим растворам и закрепленным грунтам. Уделить внимание к подбору рецептур рабочих закрепляющих растворов. Четко представлять технологию укрепительных работ, подбор нагнетательного оборудования. Знать требования к закрепляющим растворам и закрепленным грунтам.

Литература: (4, с. 310-324);(7, с. 3-29), (8, с. 86-95).

Вопросы для самопроверки.

1. Что такое свая-шпон?
2. Назовите основные группы свай-шпон. Какова область их применения?
3. Назовите формы деформации откосов.
4. Какие требования предъявляются к закрепляющим растворам и закрепленным грунтам?
5. Какое условие устойчивости склонного к оползанию грунта по поверхности скольжения?
6. Назовите способы погружения инъекторов в грунтовый массив и их расположение в массиве?
7. Какие технологические оборудование необходимо для устройства свай-шпон в грунтовом массиве?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Изучением дисциплины «Механика грунтов» завершается выполнением одной контрольной работы, состоящей из пяти задач. Выбор задания производится в

соответствии с шифром студента. Для выполнения задач исходные данные берутся с из приложений 1 и 2. Варианты задания для этих задач соответствуют предпоследней (приложение 1) и последней (приложение 2) цифре зачетной книжки (например, если цифра 18, то вариант исходных данных будет 18.) Работа оформляется от руки разборчивым почёрком или на компьютере на одной стороне стандартного листа писчей бумаги размером 210x298 мм (А-4) с полями: с левой стороны - 30 мм, сверху - 20 мм, справа и снизу - по 10 мм. Контрольная работа начинается с титульного листа по форме, приведенной в приложении 3. Примеры расчета приведены в тексте. Контрольную работу студент выполняет самостоятельно и сдает на кафедру «Строительные конструкции» для проверки преподавателем. Проверенная контрольная работа возвращается студенту с замечаниями и пояснениями к работе . После устранения замечаний работа обратно возвращается на кафедру до экзаменационной сессии.

3.1. ЗАДАЧА 1.Проектирование оснований, уплотненных тяжелыми трамбовками

Уплотнение тяжелыми трамбовками применяется на площадках с грунтовыми условиями: I типа — для устранения просадочных свойств грунтов только в основании фундаментов: II типа — для тех же целей и создания маловодопроницаемого экрана под всем зданием или сооружением.

Уплотнение тяжелыми трамбовками применяется при степени влажности грунтов не более 0,7 и плотности сухого грунта не выше 1,55 т/м³.

Наибольшая эффективность уплотнения достигается при оптимальной влажности грунтов W_o , определяемой по результатам опытного уплотнения, или приближенно принимаемой по формуле

$$W_0 = W_p - (0.01 - 0.03),$$

где W_p — влажность на границе раскатывания.

Глубина уплотнения тяжелыми трамбовками h_s , зависит от плотности и влажности грунтов, диаметра и массы трамбовки, режима уплотнения и при оптимальной влажности приближенно принимается

$$h_s = k * d, \quad (1)$$

где d — диаметр основания трамбовки, м; k — коэффициент, принимаемый по данным экспериментальных исследований для супесей и суглинков равным 1,8, для глин 1,5.

Для создания в основании сплошного маловодопроницаемого экрана размеры уплотняемой площади принимаются не менее чем на 1 м больше размеров здания по наружным граням фундаментов в каждую сторону.

При уплотнении с целью устранения просадочных свойств грунтов ширина b_s , и длина l_s уплотняемой площади принимаются равными:

$$\begin{aligned} b_s &= b + 0,5(b-d); \\ l_s &= l + 0,5(l-d), \end{aligned} \quad (2)$$

где b и l — соответственно ширина и длина фундамента; d — диаметр трамбовки.

Ширина уплотняемой полосы за пределами фундаментов должна быть не менее 0,2 м с каждой стороны.

Глубина уплотнения просадочных грунтов тяжелыми трамбовками в основании фундаментов определяется из условия полного устранения просадочных свойств грунтов в пределах всей деформируемой зоны или только ее верхней части на глубину, при которой суммарные осадки и просадки фундаментов не превышают предельных величин для зданий и сооружений.

Для сплошного маловодопроницаемого экрана глубина уплотнения должна быть не менее 1,5 м.

Плотность грунта назначается исходя из полного устранения просадочных свойств грунта и задается средним значением плотности сухого грунта в уплотненном слое и на его нижней границе.

Для большинства распространенных по территории РФ лесовых грунтов среднее значение плотности сухого грунта в уп-

лотненном слое должно быть не менее $1,65 - 1,7 \text{ т}/\text{м}^3$, а на нижней границе уплотненной зоны — не менее $1,6 \text{ т}/\text{м}^3$.

Величина недобора грунта до проектной отметки заложения фундаментов Δh , принимается равной понижению трамбуемой поверхности и определяется по формуле

$$\Delta h = l_2 h_s (1 - p_d / p_{d,s}), \quad (3)$$

где h_s — толщина уплотненного слоя, м.;

$p_{d,s}$ — среднее значение плотности сухого грунта в пределах уплотненного слоя, $\text{т}/\text{м}^3$;

p_d — среднее значение плотности сухого грунта до уплотнения, $\text{т}/\text{м}^3$.

Диаметр и масса трамбовок назначаются в зависимости от глубины уплотнения, формы и размеров уплотняемых площадей и т. п.,

При назначении массы трамбовок следует исходить из того, чтобы статическое давление на грунт составляло не менее 15 кПа.

Пример. Определить основные параметры уплотненного тяжелыми трамбовками основания фундаментов промышленного здания пролетом 24 м и шагом колонн 6 м.

Промышленное здание проектируется на участке, сложенном лессовидными супесями, относящимися к грунтовым условиям I типа по просадочности. Основные физико-механические характеристики грунтов приведены в приложениях 1 и 2. Фундаменты здания имеют размеры $b=3 \text{ м}$, $l=4,2 \text{ м}$, глубину заложения 2 м и давление по подошве 300 кПа.

Определяем необходимый диаметр и массу трамбовки по формуле 1

$$d = h_s \sqrt{k} = 3 / 1,8 = 1,7 \text{ м.}$$

При статическом давлении трамбовки на грунт 20 кПа масса трамбовки составляет

$$m = p * F / g = 20 * 2,26 / 9,81 = 4,62 \text{ т.}$$

Определяем ширину уплотненной зоны для продольной оси промышленного здания (из расчета сплошного уплотнения)

вдоль пролета под каждый ряд фундаментов) по формуле (2)

$$l_s = 4,2 + 0,5(1 - 1,7) = 4,85 \text{ м.}$$

Принимаем уплотнение в 3 следа, а ширину уплотняемой площади $1,7 * 3 = 5,1$ м.

Определяем величину недобора грунта при отрывке из котлована по формуле (3)

$$\Delta h = 3,6(1 - 1,45 / 1,7) = 0,54 \text{ м.}$$

Величину недобора грунта принимаем равной 0,55 м.

3.2. ЗАДАЧА 2. Проектирование грунтовых подушек

При устройстве грунтовых подушек просадочный грунт в пределах всей или части деформируемой зоны заменяется местным глинистым грунтом, укладываемым с заданной плотностью.

Грунтовые подушки применяются при степени влажности просадочных грунтов в основании фундаментов $SG > 0,7$ и для создания в основании фундаментов уплотненного слоя большей толщины, чем при уплотнении тяжелыми трамбовками.

В проекте грунтовых подушек должны быть указаны: толщина и размеры (в пределах отдельных фундаментов или зданий и сооружений в целом); схема планировки котлована; рекомендуемые виды грунтов; значения оптимальной влажности грунтов; требуемая плотность грунта; толщина отсыпаемых слоев; типы грунтоуплотняющих механизмов и ориентировочное количество их проходок для уплотнения грунтов до требуемой плотности; условное расчетное сопротивление уплотненного грунта подушки.

Толщина грунтовой подушки определяется из условия полного устранения просадочных свойств грунтов в пределах деформируемой зоны. При значительной толщине грунтовой подушки допускается выполнять ее только в пределах верхней части деформируемой зоны.

При частичном устранении просадочных свойств грунтов в пределах деформируемой зоны толщина грунтовой подушки определяется расчетом по деформациям, исходя из условия,

чтобы суммарные осадки и просадки фундаментов зданий и сооружений не превышали предельно допустимых.

Для малоэтажных зданий с нагрузкой на ленточный фундамент до 150 кН/м и столбчатый фундамент до 600 кН толщина грунтовой подушки h_s , равна

$$h_s = (p - p_{sl})b / p_{sl} , \quad (1)$$

где p —среднее давление по подошве фундамента, кПа; p_{sl} — начальное просадочное давление грунта, залегающего ниже грунтовой подушки, кПа; b - ширина фундамента, см.

Давление P по подошве фундамента на грунтовую подушку толщиной не менее 50 см (при условии, что просадки грунта в пределах деформируемой зоны недопустимы) принимается равным

$$P = P_{sl} (h_s / b + 1) \quad (2)$$

Размеры грунтовых подушек назначаются в зависимости от размеров фундаментов, их конфигурации, действующего давления в грунт, целевого назначения грунтовых подушек с учетом удобства производства земляных работ и т. п.

Для создания сплошного маловодопроницаемого экрана грунтовые подушки устраиваются в пределах всего здания или сооружения с таким расчетом, чтобы они выступали в стороны от наружной грани фундаментов на ширину не менее 1м. Размеры подушек должны обеспечивать отвод аварийных вод за пределы деформируемой зоны грунта в основании фундаментов

Для ликвидации просадочных свойств грунтов в наиболее напряженной зоне основания фундамента ширину грунтовой подушки b_s и длину ее l_s понизу допускается определять по формулам:

$$b_s = b(1+2k_h) ; \quad (3)$$

$$l_s = l + 2bk_h,$$

где b и l —соответственно ширина и длина фундамента или здание см; k_h - коэффициент, учитывающий характер распределения горизонтальных деформаций в основании фундаментов при

просадке грунта, равный при $p=150-200$ кПа - $k_h=0,3$; $p=250-300$ кПа - $k_h=0,35$; $p=350-400$ кПа - $k_h=0,4$. Ширина грунтовой подушки должна быть больше ширины фундамента: поверху не менее чем на 0,6 м, понизу — на 0,4 м.

При возведении подушек для создания сплошного водонепроницаемого экрана необходимо применять лессовидные глины и суглинки, так как они позволяют достичь наибольшей водонепроницаемости.

Дренирующие материалы (песок, щебень, шлак и т. п.) для устройства грунтовых подушек допускается применять при соответствующем обосновании только на площадках с грунтовыми условиями I типа по просадочности.

Подушки следует устраивать из однородных грунтов оптимальной влажности. При уплотнении грунта трамбованием оптимальная влажность принимается по формуле

$$W_o = W_p - (0,01 - 0,03 p), \quad (4)$$

где W_p — равной влажности на границе раскатывания, а W_o — равной влажности на границе раскатывания. При влажности грунта ниже оптимальной более чем на 0,03 должно производиться доувлажнение его до оптимальной влажности.

При устройстве грунтовых подушек с целью ликвидации просадочных свойств основания плотность сухого грунта должна быть не менее $1,6 \text{ т}/\text{м}^3$ но не менее величины, при которой просадка грунта исключается, а при устройстве подушек с целью создания сплошного водонепроницаемого экрана — не менее $1,7 \text{ т}/\text{м}^3$.

Пример. Определить основные размеры грунтовой подушки под фундаменты.

Определить размеры грунтовой подушки под двухэтажное каркасное здание детсада с сеткой колонн ЗХ6 и 6×6 м размером в плане 42×48 м. Фундаменты размером $b=l=1,8$ м, $d=1$ м, имеют глубину заложения 1 м, нагрузки на них 320 и 460 кН. Здание проектируется на участке, сложенном просадочным лессовидным суглинком толщиной 6 м, относящимся к грунтовым условиям I типа по просадочности. Ниже залегают водоно-

щенные непросадочные суглинки. Лессовидные суглинки имеют следующие характеристики: $\rho_d=1,48 \text{ т/м}^3$; $W=0,16$; $p_{sl}=100 \text{ кПа}$.

Определяем собственный вес наиболее нагруженного фундамента

$$G=b*l*d*y=1,8*1,8*1,0*22=71 \text{ кН.}$$

Определяем среднее давление по подошве наиболее нагруженного фундамента $p=(F_v+G)/A=(460+71)/3,24=164 \text{ кПа}$.

Исходя из среднего давления по подошве фундамента определяем необходимую толщину грунтовой подушки по формуле

$$h_s=(p-p_{sl})b/p_{sl}=(164-100)*1,8/100=1,15 \text{ м.},$$

где p —среднее давление по подошве фундамента, кПа;

p_{sl} —начальное просадочное давление грунта, залегающего ниже грунтовой подушки, кПа;

b —ширина фундамента.

Ширину грунтовой подушки b_s и длину ее l_s понизу допускается определять по формулам:

$$b_s=b(1+2k_b), \quad l_s=l+2bk_b,$$

где b и l —соответственно ширина и длина фундамента или здание см; k_b - коэффициент, учитывающий характер распределения горизонтальных деформаций в основании фундаментов при просадке грунта, равный при $p=150-200 \text{ кПа}$ - $k_b=0,3$; $p=250-300 \text{ кПа}$ - $k_b=0,35$; $p=350-400 \text{ кПа}$ - $k_b=0,4$.

Ширина грунтовой подушки должна быть больше ширины фундамента: поверху не менее чем на 0,6 м, понизу—на 0,4 м.

Таким образом ширину грунтовой подушки понизу под отдельный фундамент $b_s=b(1+2k_b)=1,8(1+2*0,3)=2,9 \text{ м}$, т. е. уширение грунтовой подушки в каждую сторону от наружной грани фундамента составит $(2,9-1,8)/2=0,55 \text{ м} > 0,4 \text{ м}$ т.е. соответствует условию.

Учитывая частое расположение фундаментов, грунтовую подушку следует делать сплошной под все здание. Размеры ее равны:

$$b_s=42+2*0,55=43,1 \text{ м};$$

$$l_s=48+2*0,55=49,1 \text{ м.}$$

3.3. ЗАДАЧА 3. Проектирование фундаментов в вытрамбованных котлованах

Фундаменты в вытрамбованных котлованах применяются на просадочных грунтах с числом пластичности $I_p > 0,03$, плотности сухого грунта $\rho_d < 1,6 \text{ т/м}^3$; степени влажности $S_r < 0,75$ для фундаментов неглубокого заложения и $S_r < 0,65$ —для удлиненных фундаментов.

Целесообразно применять следующие виды фундаментов в вытрамбованных котлованах;

столбчатые—для каркасных промышленных, гражданских а сельскохозяйственных зданий при вертикальной нагрузке на них до 2000 кН;

ленточные прерывистые и столбчатые—для бескаркасных жилых и промышленных зданий при нагрузке до 300 кН/м.

Фундаменты с уширенным основанием рекомендуется применять при нагрузках выше 500—800 кН.

Толщина уплотненного слоя h_s , под фундаментами в вытрамбованных котлованах без уширения основания (см. рис. 1, а) приближенно принимается $h_s = 1,5b_m$, а ширина уплотненной зоны на глубине (0,15-0,25) b_m —равной 2 b_m .

Расчет оснований фундаментов в вытрамбованных котлованах по деформациям производится с учетом сжимаемости уплотненного слоя, толщины его, а также величины начального просадочного давления грунта, залегающего ниже уплотненного слоя.

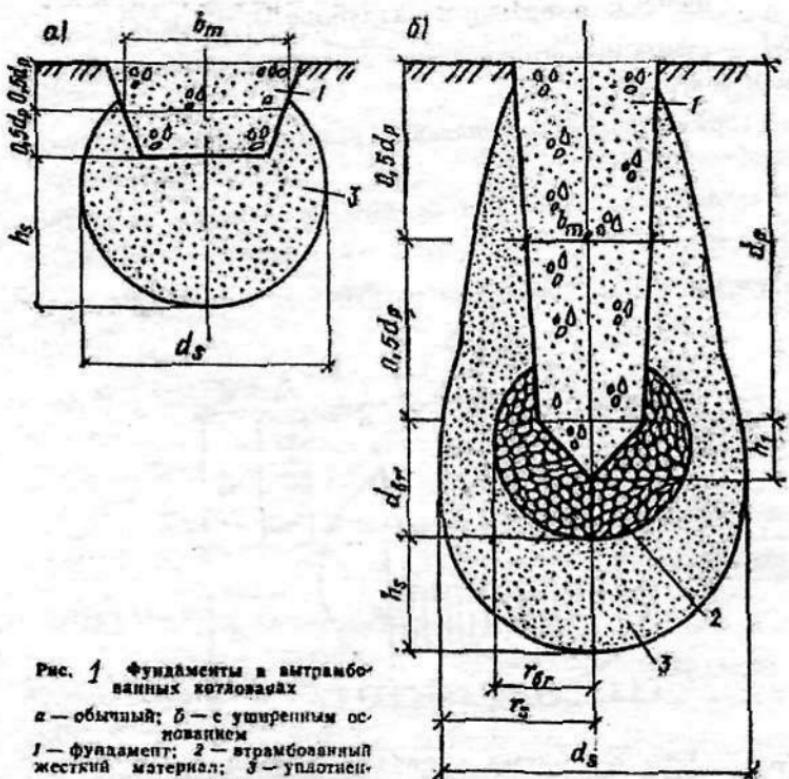


Рис. 1 Фундаменты в вытрамбованных котлованах

а — обычный; б — с уширенным основанием

1 — фундамент; 2 — вытрамбованный жесткий материал; 3 — уплотненная зона

При расчете столбчатых и ленточных прерывистых фундаментов в вытрамбованных котлованах краевые давления под подошвой фундаментов определяются по формуле (рис. 2).

$$\sigma_{\max/min} = (Fv + G)/A_m \pm (\sum M - 0.5f_h \cdot b_m \cdot d_p^2) / W \quad (1)$$

при этом должны выполняться условия:

$$\sigma_{\max} \leq 1.2 R_{1(2)}, \quad \sigma_{\min} \geq 0, \quad (2)$$

где Fv — вертикальная составляющая равнодействующей сил, действующих на фундамент, кН;

G — собственный вес фундамента, кН;

A_m — площадь фундамента на глубине $0,5d_p$, м²;

ΣM — сумма моментов всех сил относительно подошвы фундамента, кН·м;

f_h — горизонтальная составляющая реактивного отпора грунта, кПа;

W — момент сопротивления сечения фундамента на глубине $0,5d_p$, м³;

$R_{1(2)}$ — расчетное сопротивление грунта основания, кПа.

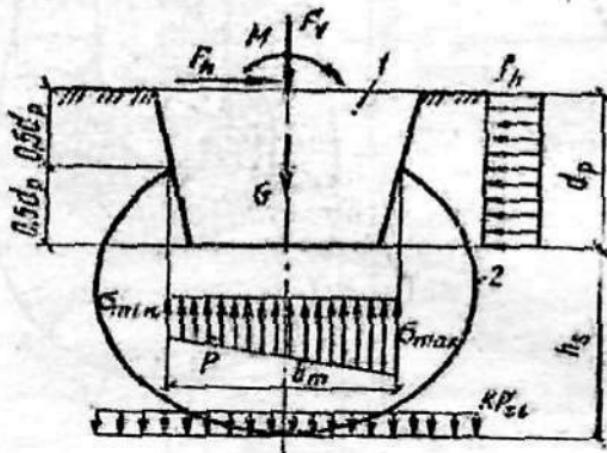


Рис. 2. Схема к расчету столбчатого фундамента в вытрамбованном котловане

1 — столбчатый фундамент; 2 — граница уплотненной зоны

Составляющая реактивного отпора грунта f_h по уплотненным боковым стенкам вытрамбованных котлованов для монолитных фундаментов, бетонируемых враспор, принимается равной:

$$f_h = a + b * \sigma_m \quad , \quad (3)$$

где a и b — коэффициенты соответственно равные: $a=60$ кПа; $b=0,4$; σ_m — среднее вертикальное напряжение в сечении фундамента на глубине $0,5d_p$, кПа.

За расчетное сопротивление грунта основания фундамента в вытрамбованном котловане принимается минимальное значение, получаемое из расчетного сопротивления уплотненного грунта:

R_1 , определяемого с использованием прочностных характеристик ϕ_u и c_u уплотненных грунтов в водонасыщенном состоянии;

R_2 , расчетное сопротивление уплотненного грунта при условии недопущения просадки подстилающего слоя определяется по формуле

$$R_2 = R_s = (P_{sl} - 6 \cdot z_g + \alpha * 6 \cdot z_{g.o}) / \alpha \quad , \quad (4)$$

где $6 \cdot z_g$ и $6 \cdot z_{g.o}$ - напряжения от собственного веса грунта соответственно на кровле подстилающего слоя и на отметке заложения фундамента;

α - коэффициент уменьшения дополнительного давления от фундамента на кровле неуплотненного слоя, определяемый по табл.1 прил. [9].

При этом максимальная величина расчетного сопротивления грунта основания фундамента в вытрамбованном котловане не должна превышать при ширине фундамента на глубине 0,5 d_f :

$$b_m <= 0,8 \text{ м} - R_{1(2)} = 0,5 \text{ МПа}; b_m <= 1,4 \text{ м} - R_{1(2)} = 0,6 \text{ МПа}.$$

Для промежуточных значений b_m от 0,8 до 1,4 м $R_{1(2)}$ определяется интерполяцией.

Осадки столбчатых и ленточных прерывистых фундаментов в вытрамбованных котлованах определяются по схеме двухслойного основания, состоящего из уплотненного слоя грунта толщиной $h_s = 1,5 b_m$ и подстилающего просадочного грунта.

Пример. Определить размеры фундамента в вытрамбованном котловане под наиболее нагруженную колонну промышленного здания.

Здание возводится на участке, сложенном лессовидными суглинками и супесями, относящимися к грунтовым условиям I типа по просадочности.

Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик грунтов, уплотненных до $P_d = 1,75 \text{ т}/\text{м}^3$, в водона-

сыщенным состоянием по результатам испытаний составляют:
удельное сцепление $C=45\text{ кПа}$; $\phi=26^\circ$; $E=21 \text{ МПа}$, $P_{sl}=115 \text{ кПа}$.

Нагрузки от колонны в уровне, верха фундамента составляют: вертикальная $F_v=500 \text{ кН}$, момент $M=190 \text{ кНм}$; горизонтальная $F_h=15 \text{ кН}$. Отметка верха фундамента — минус 0,2 м, глубина заложения — не менее 1,2 м.

Определяем предварительные размеры фундамента при глубине трамбования 1,2 м и напряжениях в среднем сечении (рис. 2) $\sigma=500 \text{ кПа}$;

$$A=F'/\sigma=500/500=1 \text{ м}^2.$$

Принимаем фундамент с размерами: среднего сечения 1x1 м, поверху — 1,3x1,3 м, понизу 0,7x0,7 м.

Расчетное сопротивление грунта основания определяем по формуле (7) [9] при $C=45\text{ кПа}$ и $\phi=26^\circ$

$$R_s=1,2*1/1[0,84*1*20,2+4,37*1,4*1,82+(4,37-1)*1,82+6,9*4,5]=526 \text{ кПа}$$

Определяем расчетное сопротивление уплотненного грунта исходя из недопустимости просадки подстилающего грунта по формуле (4) с учетом $k=1,5$ и $h_s=1,5b_m=1,5*1=1,5 \text{ м}$

$$R_2=[115-(1,4*18,2+1,5*20,2)+0,18*1,4*18,2]/0,18=690 \text{ кПа.}$$

В соответствии с формулой (4) для $b_m=1 \text{ м}$ R_2 должно быть не более 533 кПа.

Определяем момент сопротивления среднего сечения фундамента W и собственный вес фундамента

$$W=0,167 \text{ м}^3; G=1^2 1,2*24=25 \text{ кН.}$$

Давление по среднему сечению фундамента с учетом собственного веса фундамента равно:

$$p=(500+25)/1^2=525 \text{ кПа.}$$

Определяем по формуле (3) реактивный отпор грунта

$$f_h=60+0,4*525=270 \text{ кПа.}$$

По формуле (1) определяем краевые напряжения по подошве фундамента

$$\sigma_{\min}^{\max} = (500 + 28,8) / 1 \pm [(190 + 15 \cdot 1,2) - 0,5 \cdot 2,70 \cdot 1 \cdot 1,2^2] / 0,167 = (528,8 \pm 78) \text{ кПа};$$

$$\sigma_{\max} = 606,8 \text{ кПа } (6,1 \text{ кгс/см}^2) < 1,2 R_{1(2)} = 640 \text{ кПа}.$$

$$\sigma_{\min} = 450,8 \text{ кПа} > 0.$$

Все условия выполняются.

4.4. ЗАДАЧА 4. Проектирование оснований, уплотненных грунтовыми сваями

Способ глубинного уплотнения просадочных грунтов грунтовыми сваями заключаются в пробивке скважин, которые заполняют грунтом, создавая вокруг них уплотненные зоны.

Скважины располагают на определенных расстояниях l , обеспечивающих смыкание зон и образование массива уплотненного грунта толщиной, превышающей на $2,5 d$ (d — диаметр скважин) глубину проходки скважин (рис.1). Расстояние между центрами скважин грунтовых свай l определяется по формуле

$$l = 0,95d \sqrt{\rho_{ds} / (\rho_{ds} - \rho_d)},$$

где ρ_d — плотность сухого грунта природного сложения, $\text{т}/\text{м}^3$;

ρ_{ds} — средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве, $\text{т}/\text{м}^3$.

Способ уплотнения грунтов сваями целесообразно применять при толщине слоя просадочного грунта от 10 до 24 м, влажности грунтов, близкой к оптимальной, степени водонасыщения грунтов $Sr < 0,75$, отсутствии слоев и прослоек пылевато-глинистых грунтов, песков, линз переувлажненного грунта, верховодки.

Размеры уплотняемого основания должны превышать размеры подошвы фундамента на величину, равную при грунтовых условиях по просадочности:

I типа — $0,2b$, но не менее 0,8 м, а для отдельно стоящих сооружений с высоким расположением центра тяжести (дымовые

трубы, водонапорные башни и т. п.) не менее 0,3 б (где b — ширина прямоугольного или диаметр круглого фундамента, м);

II типа — 0,2 величины просадочной толщины грунта, м. Ширина уплотняемой площади должна быть на площадках с грунтовыми условиями по просадочности I типа не менее 0,2 глубины уплотнения, II типа — не менее 0,5 величины просадочной толщины.

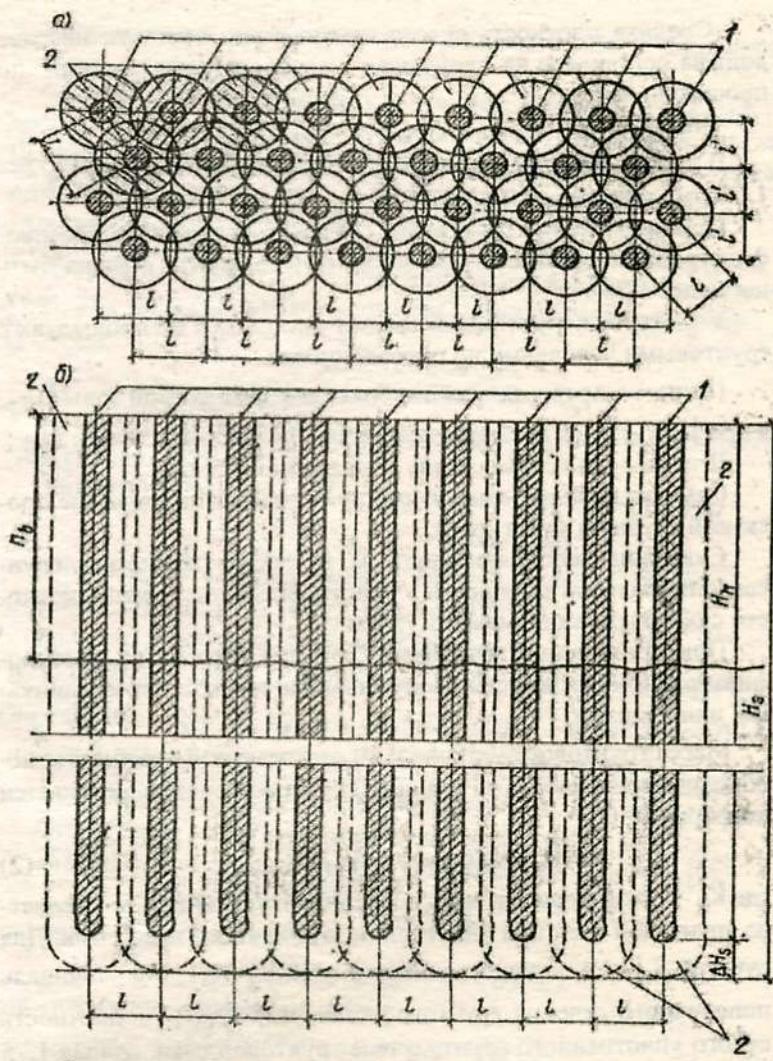


Рис. 3. План расположения грунтовых свай (а) и поперечный разрез уплотненного массива (б)
 1 — грунтовые сваи; 2 — уплотненные зоны вокруг грунтовых свай

Средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве должна составлять на площадках с грунтовыми условиями по просадочности:

I типа — $1,65 \text{ т}/\text{м}^3$;

II типа — в пределах верхнего слоя на глубину до $H_s/2$ — $1,65 \text{ т}/\text{м}^3$, а ниже — $1,7 \text{ т}/\text{м}^3$.

При применении грунтовых свай для устройства противофильтрационной завесы плотность сухого грунта должна быть не менее $1,75 \text{ т}/\text{м}^3$.

Уплотнение грунтовыми сваями выполняют на площадках с грунтовыми условиями по просадочности:

I типа — в пределах всей глубины деформируемой зоны $h_{d,p}$, а при $h_{d,p} > H_s$ в пределах величины просадочной толщины H_s ;

II типа — на всю величину просадочной толщины.

Отметка низа грунтовых свай принимается на 1 м выше проектной глубины уплотнения.

Скважины заполняют местным пылевато-глинистым грунтом оптимальной влажности с уплотнением до средней плотности сухого грунта не менее $1,75 \text{ т}/\text{м}^3$.

При применении грунтовых свай для устройства противофильтрационных завес засыпку скважин выполняют суглинками или глинами.

Масса грунтового материала III оптимальной влажности, необходимая для набивки 1 м длины грунтовой сваи, определяется по формуле

$$m = k_g \cdot A_b \cdot \rho_{ds} \cdot (1 + W_s), \quad (2)$$

где k_g — коэффициент, обусловленный увеличением диаметра грунтовой сваи при уплотнении засыпанного материала. Для супесей $k_g = 1,4$, а для суглинков и глин $k_g = 1,1$; A_b — площадь поперечного сечения грунтовой сваи, м^2 ; ρ_{ds} — плотность сухого уплотненного грунта в теле грунтовой сваи, равная $1,75 \text{ т}/\text{м}^3$; W_s — влажность грунта, засыпаемого в скважину.

Пример. Определить основные параметры уплотненного грунтовыми сваями основания 12-этажного жилого дома,

возводимого на сплошной железобетонной плате размером в плане 13x46 м.

Жилой дом проектируется на участке, сложенном (см. рис.1) лессовидными супесями, относящимися к грунтовым условиям II типа по просадочности. Средние значения физико-механических характеристик грунтов следующие: $\rho_{ds} = 1,65 \text{ т/м}^3$; $H_{sl}=20$.

Определяем расстояние между центрами скважин грунтовых свай для слоя супесей по формуле (1) при диаметре скважин $d = 50\text{cm}$ и $\rho_{ds} = 1,65 \text{ т/м}^3$;

$$l = 0,95 * 0,5 * \sqrt{1,65 / (1,65 - 1,42)} = 1,27 \text{ м.}$$

Принимаем расстояние между центрами скважин грунтовых свай равным 1,25 м.

Определяем расстояние между рядами грунтовых свай

$$l' = l * \sqrt{3/4} = 1,25 * 0,865 = 1,08 \text{ м.}$$

Определяем ширину полосы, выступающей за пределы уплотняемой площади $b' = 0,2 * H_{sl} = 0,2 * 20 = 4 \text{ м.}$

Размеры уплотняемой площади равны:

$$b_s = 13 + 2b' = 13 + 8 = 21 \text{ м} > 0,5H_{sl} = 10 \text{ м}; L_s = 46 + 2b' = 46 + 8 = 54 \text{ м.}$$

Определяем число грунтовых свай в ряду Π' и число рядов Π'' .

$$\Pi' = (54 / 1,25) + 1 = 44,1 \approx 45 \text{ свай}; \Pi'' = (21 / 1,08) + 1 = 20,5 \approx 21 \text{ ряд.}$$

Общее число грунтовых свай равно: $\Pi = 45 * 21 = 945 \text{ шт.}$

Определяем массу грунтового материала:

для набивки 1 м длины грунтовой сваи по формуле (2)

$$m = 1,4 * 1,75 * 0,5^2 * 3,14 (1 + 0,18) / 4 = 0,57 \text{ т};$$

для одной грунтовой сваи

$$m' = m * H_{sl} = 0,57 * 19 = 10,8 \text{ т};$$

для уплотнения основания дома

$$M = m' * n = 10,8 * 945 = 10200 \text{ т.}$$

3.5. ЗАДАЧА 5. Расчет устойчивости закрепленных откосов земляных сооружений способом

Задачей расчета является определение наиболее рациональных размеров зоны распространения закрепляющего раствора и степени закрепления. В результате расчета устанавливаются следующие данные:

-границы неустойчивой зоны, которую необходимо упрочнить;

-величина оползневого давления на упрочняемую зону.

Границы ослабленной зоны находят следующим образом (рис. 1) Пользуясь теорией предельного равновесия, путем последовательного приближения, определяют расположение ряда кривых, для которых фактический коэффициент устойчивости откоса $K_{\text{акт}}$ имеет меньшее значение, чем нормативный коэффициент устойчивости откоса $K_{\text{норм}}$, т.е. $K_{\text{факт}} < K_{\text{норм}}$. Кривые скольжения, для которых $K_{\text{факт}} = K_{\text{норм}}$ ограничивают ту зону, которую необходимо упрочнить, т.е. довести $K_{\text{факт}}$ до $K_{\text{норм}}$, а за пределами этой зоны $K_{\text{факт}} > K_{\text{норм}}$, значит, упрочнение не требуется.

Требуемое дополнительное удерживающее усилие ΔT_{y0} , для увеличения фактического коэффициента устойчивости откоса $K_{\text{факт}}$ до нормативной $K_{\text{норм}}$, создается за счет укрепления.

Область применения различных видов конструкций из закрепленного грунта и их основные параметры приведены в таблице 1.

Принципы расчета устойчивости откоса, стабилизированного закреплением грунта, зависит в основном от формы его деформации.

Условие устойчивости откоса формой деформации со срезом и вращением грунта выражается в виде неравенства (рис.1):

$$\Delta T_{y\delta} \cdot l_u \leq S \quad (1)$$

где $\Delta T_{y\delta}$ - требуемое дополнительное удерживающее усилие для увеличения фактического коэффициента устойчивости $K_{факт}$ до нормативного $K_{норм}$, создающееся за счет закрепления грунта:

$$\Delta T_{y\delta} = (K_{норм} - K_{факт}) \cdot \sum T_{cd}, \quad (2)$$

где $\sum T_{y\delta}$ - сумма сдвигающих усилий;

$K_{норм}$ - нормативный коэффициент устойчивости;

$K_{факт}$ - фактический коэффициент устойчивости, рассчитанный по существующим методам: Fp, Маслова-Берера и др.;

l_u - длина участка или расстояние между осями свай-шпон в продольном ряду, принимаемое 3,5-4,0 исходя из практического опыта;

Таблица 1.

Область применения конструкций из закрепленного грунта и их основные параметры.

| Наименование конструкции из закрепленного грунта | Размеры элементов из закрепленного грунта: Д- диаметр, L-длина, h-толщина, В-ширина, Н-высота | Область применения конструкций из закрепленного грунта |
|--|---|--|
| Сваи-шпоны | Д- от 0,6 до 1,5м; L- от 3 до 5м. | Сплывы |
| Шпоны | Д- от 0,6 до 1,5м; L- от 1 до 1,5м. | Скользжение со срезом и вращением грунта, сплывы, скольжение по фиксированной поверхности, выдавливание со сколом и просадкой |
| Короткие сваи-шпоны | Д- от 0,3 до 1м; L- до 1-2м. | Опливинны (сплывы) местные |
| Монолиты | L- до 10-30м; В- до 10-30м; Н- до 3-5м. | Скользжение со срезом и вращением грунта, скольжение по фиксированной поверхности, выдавливание со сколом и просадкой, суффозионный вынос. |
| Экран | h- до 1м; L- до перелома 25-50м; Н- до 1-1,5м. | Выдавливание со сколом и просадкой, суффозионный вынос. |
| Завеса | h- до 1м; L- до перелома 25-50м; Н- до 1,5-2м. | Выдавливание со сколом и просадкой, суффозионный вынос. |

S - требуемое дополнительное сопротивление сдвигу, создаваемое за счет устройства шпон из закрепленного грунта на участке длиной l

$$S = \sum_{j=1}^{j=n} \pi r^2 [(N_w + N_{zp}) \cdot \operatorname{tg} \Delta \varphi_1 + \Delta C_1] \quad , (3)$$

где r - средний радиус шпон по поверхности возможного среза, принимаемый равным среднему радиусу закрепления;

N_w - удельное нормальное давление в плоскости среза от собственного веса шпонь, находящейся выше плоскости среза, равное:

$$N_w = h_1 \cdot \gamma_1 \cdot \cos \alpha_1 \quad , \quad (4)$$

где h_1 - высота шпон от поверхности возможного среза;

γ_1 - удельный вес закрепленного грунта шпонь;

α_1 - угол между силами P_w и N_w ;

N_{zp} - удельное нормальное давление на шпону от слоев грунта, расположенных выше нее, равное:

$$N_{zp} = \sum_{j=1}^{j=n} h_{zp} \cdot \gamma_{zp} \cdot \cos \alpha_{zp} \quad , \quad (5)$$

где h_{zp} , γ_{zp} - толщина и удельный вес слоя грунта, лежащего над шпонами;

α_{zp} - угол между силами P_{zp} , F_{zp} и N_{zp} ;

$\Delta \varphi_1$, ΔC_1 - соответственно требуемое увеличение угла внутреннего трения и сцепления грунта при его за-

креплении, равное:

$$\Delta\varphi_1 = \varphi_1 - \varphi_{zp}, \Delta c_1 = c_1 - c_{zp}, \quad (6)$$

где h_{zp} , c_1 - соответственно угол внутреннего трения и сцепление закрепленного грунта;

φ_{zp} , c_{zp} - соответственно угол внутреннего трения и сцепления неустойчивого грунта до его закрепления.

Количество шпон на расчетном участке определяется из условия не обтекаемости их неустойчивым грунтом (рис.2). Исходя из этого, расстояние между рядами шпон из закрепленного грунта определяют по формуле:

$$l_p = K \cdot \frac{l_u - d}{2 \cdot \operatorname{tg}(45 - \varphi_{zp} / 2)}, \quad (7)$$

где l_u - длина участка или расстояние между осями свай-шпон в продольном ряду, принимаемое 3,5-4,0 м исходя из практического опыта;

d - средний диаметр шпон по поверхности среза;

φ_{zp} - угол внутреннего трения грунта в зоне закрепления;

K - коэффициент, учитывающий увеличение расстояния между рядами шпон за счет заполнения и закрепления раствором пустот, прожилков и других не плотностей вокруг инъекционных шпон, равный 1,2-1,3. Глубина шпон определяется по формуле:

$$H = h + \Delta h,$$

где h - средняя толщина ослабленного слоя грунта;

Δh - величина заглубления шпон в подстилающий устойчивый массив грунта, принимаемая не менее 0,5-0,8м.

Пример: Неустойчивый откос выемки, сложенного из переувлажненного супесчаного грунта, выемки 10м, необходимо стабилизировать.

Исходные данные для расчета приведены в приложении 1.

Требуемое дополнительное удерживающее усилие $\Delta T_{уд}$ для увеличения фактического коэффициента устойчивости $K_{факт}$ до нормативного $K_{норм}$, создающееся за счет укрепления неустойчивого грунта откоса, определяется по формуле:

$$\Delta T_{уд} = (K_{норм} - K_{факт}) \cdot \sum T_{cd},$$

где $K_{норм}$ - нормативный коэффициент устойчивости равный 1.25;

$K_{факт}$ - фактического коэффициента устойчивости, рассчитанный по существующему методу Fp , Маслова-Берера и др.[7];

$\sum T_{cd}$ - сумма сдвигающих усилий, равная 8,61МН;

$$\Delta T_{уд} = (1,25 - 1,17) \cdot 8,61 = 0,7 \text{ МН.}$$

Условие устойчивости откоса на участке длиной 21,5м. выражается в виде неравенства

$$\Delta T_{уд} \cdot l_u \leq S \quad \text{или}$$

$$0.7 \cdot 21.5 = 15.1 \leq S,$$

где S - требуемое дополнительное сопротивление сдвигу, создаваемое за счет устройства шпон из закрепленного грун-

та на участке длиной l_u ,

$$S = \sum_{j=1}^{j=n} \pi r^2 \cdot [(N_w + N_{zp}) \cdot \operatorname{tg} \Delta\varphi_1 + \Delta c_1],$$

где r - средний радиус шпон по поверхности среза, определенной пробной нагнетанием, равен 0,60 м;

N_w - удельное нормальное давление в плоскости среза от собственного веса шпонов, находящейся выше плоскости среза, рассчитывается по формуле:

$$N_w = h_1 \cdot \gamma_1 \cdot \cos \alpha_1,$$

где α_1 - угол между силами P_w и N_w ;

γ_1 - удельный вес закрепленного грунта, шпоны равный 0,0183 МН/м;

h_1 - высота шпон от возможного среза, определяем по чертежу, м.

N_{zp} - удельное нормальное давление на шпон от слоев грунта, расположенных выше нее, определяется по формуле:

$$N_{zp} = \sum_{j=1}^{j=n} h_{zp} \cdot \gamma_{zp} \cdot \cos \alpha_{zp},$$

где h_{zp} , γ_{zp} - толщина и удельный вес слоя грунта, лежащего над шпонами;

α_{zp} - угол между силами P_{zp} и N_{zp} ;

$\Delta\phi_1, \Delta c_1$ - соответственно требуемое увеличение угла внутреннего трения и сцепления грунта при его закреплении:

$$\Delta\phi_1 = \phi_1 - \phi_{zp} = 34^0 - 16^0 = 18^0 00';$$

$$\Delta c_1 = c_1 - c_{zp} = 0,26 - 0,01 = 0,25 \text{ Мпа.}$$

Расстояние между рядами шпон из закрепленного грунта из условия не обтекаемости их неустойчивым грунтом определяется по формуле:

$$l_p = K \cdot \frac{l_u - d}{2 \cdot \operatorname{tg}(45 - \phi_{zp}/2)} = \frac{4.0 - 1.2}{2 \cdot 0.07536} \cdot 1.2 = 2.24 \text{ м.}$$

Намечено для стабилизации данного неустойчивого откоса произвести устройство шпонов в шахматном порядке $4,0 \times 2,0$ м. путем инъекции закрепляющего водного раствора карбамидной смолы УКС с отвердителем - хлористым аммонием в объемном соотношении: вода 30, смола 67, хлористый аммоний 3 части, что составляет разбавление в отверждающем растворе 1 : 0,5.

Всего будет устроено на этом участке 46 шпон. Из таблицы 2 видно, что при устройстве этого количества шпон будет создано дополнительно сопротивление сдвигу грунта на величину 15,25 МН.

$$\Delta T_{yd} \cdot l_u \leq S \text{ или } 15.1 \leq 15.25 \text{ МН}$$

Условие выполняется. Устойчивость откоса обеспечена.

Таблица2.
Расчет дополнительного сопротивления свай грунтов, созданного за счет
устройства шпон из закрепленного грунта на участке

| h_1 | ρ_1 | α_1 | N_{u1} | h_{2p} | a_{2p} | N_{2p} | $\Delta\varphi_1$ | Δc_1 | πr^2 | Число шпон в ряду, Z | S_j | $S_j \cdot z$ | S |
|-------|----------|-----------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|--------------|-----------|------------------------------|-------|---------------|----------------|
| m | T/m^3 | Гра Δ | MН | M | град | MН | град | MН | M | шт | MН | MН | MН |
| 1,0 | 0,018 | 0 | 0,0183 | 0,5 | 0 | 0,0084 | 18 | 0,25 | 1,18 | 7 | 0,305 | 2,137 | |
| 1,3 | 0,018 | 0 | 0,0283 | 2,2 | 0 | 0,0370 | 18 | 0,25 | 1,18 | 6 | 0,305 | 1,829 | |
| 2,0 | 0,018 | 15 | 0,0354 | 3,5 | 15 | 0,0568 | 18 | 0,25 | 1,18 | 7 | 0,316 | 2,215 | |
| 2,5 | 0,018 | 22 | 0,0432 | 3,5 | 22 | 0,0543 | 18 | 0,25 | 1,18 | 6 | 0,332 | 1,993 | |
| 3,0 | 0,018 | 30 | 0,0475 | 3,5 | 30 | 0,0509 | 18 | 0,25 | 1,18 | 7 | 0,347 | 2,428 | |
| 4,0 | 0,018 | 40 | 0,0561 | 2,5 | 40 | 0,0322 | 18 | 0,25 | 1,18 | 6 | 0,357 | 2,140 | |
| 4,5 | 0,018 | 50 | 0,0530 | 0,5 | 50 | 0,0054 | 18 | 0,25 | 1,18 | 7 | 0,358 | 2,505 | |
| | | | | | | | | | | | | | $\sum = 15,25$ |

Тесты для контроля знаний студентов в процессе изучения курса «Основания и фундаменты»

| N | Вопросы | Ответы | |
|---|---|---|---|
| 1 | Укажите область применения силикатизации: | 1.Газовой 2.Однораствор. 3.Двухрастворн. 4.Электросиликатализации | 1.Пески и супеси с $K_f=0,1-20$ м/сут 2.Глинистые 3.Крупно- и среднезернистые пески с $K_f=2-80$ м/сут. 4.Лессовые |
| 2 | Определить оптимальный способ улучшения оснований из: | 1.Глины 2.Ила 3.Лесса 4.Песка | 1.Замораживание 2.Уплотнение взрывом 3.Термоупрочнение 4.Трамбование |
| 3 | Какой способ обеспечивает: | 1.Увеличение прочности грунта 2.Уплотнение просадочных грунтов 3.Уменьшение пористости 4.Ускорение процесса стабилизации, осадок в глинистых грунтах | 1.Предварительное замачивание 2.Трамбовка 3.Силикатизация 4.Водоосушение с электро-осмосом |

| | | | |
|---|--|---|---|
| 4 | Назначьте оптимальный способ улучшения основания представленного | 1.Лессами 2.Водонасыщенными песками 3.Водонасыщенными глинами 4.Трещиноватыми грунтами | 1.Водопонижение 2.Силикатизация 3.Электроосмос 4.Цементизация |
| 5 | Укажите основание характеристики грунтов: | 1.Лессовых 2.Илистых 3.Набухающих 4.Рыхлых песков | 1.Относительная плотность $<1/2$ 2.Показатель просадочности $\geq 0,01$ 3.Консистенция >1 4.Относительное набухание $\geq 0,04$ |
| 6 | По каким показателям классифицируются следующие грунты: | 1.Лессовидные 2.Заторфованные 3.Набухающие 4.Илистые | 1.Влажности, коэф. пористости 2.Относительная просадочность 3.Относительное содержание растительных остатков 4.Величина относительного набухания |

4. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Классификация методов улучшения работы и строительных свойств грунтов в основании.
2. Классификация конструктивных методов улучшения грунтов оснований.
3. Проектирование и устройство грунтовых подушек.
4. Классификация способов армирования оснований.
5. Материалы для армирования основания
6. Классификация уплотнения грунтов оснований, область их применения.
7. Поверхностное уплотнение грунтов. Расчет основных размеров площади уплотнения.
8. Уплотнение грунтов основания тяжелыми трамбовками.
9. Глубинное уплотнение грунтов сваями. Область их применения. Расчет основных параметров уплотнения.
10. Глубинное уплотнение станками ударно-канатного бурения.
11. Глубинное уплотнение оснований предварительным замачиванием.
12. Определение основных параметров уплотнения предварительным замачиванием.
13. Состав проекта производства при уплотнении грунтов основания тяжелыми трамбовками.
14. Состав проекта производства при уплотнении грунтов основания предварительным замачиванием.
15. Контроль качества уплотнения основания.
16. Последовательность проектирования основания на просадочных грунтах.
17. Определение основных размеров фундамента мелкого заложения на просадочных грунтах.
18. Определение несущей способности свай на просадочных грунтах второго типа.
19. Расчет осадки свайных фундаментов на просадочных грунтах.

20. Водозащитные и конструктивные мероприятия при возведении фундаментов на просадочных грунтах.
21. Классификация фундаментов в вытрамбованных котлованах.
22. Конструкция фундаментов в вытрамбованных котлованах.
23. Последовательность проектирования фундаментов в вытрамбованных котлованах.
24. Последовательность проектирования фундаментов в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием.
25. Определение основных размеров фундамента в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием.
26. Определение основных размеров фундамента в вытрамбованных котлованах.
27. Расчет осадки фундамента в вытрамбованных котлованах.
28. Расчет осадки фундамента в вытрамбованных котлованах с уширенным основанием.
29. Контроль качества подготовки искусственного основания.
30. Состав проекта фундаментов в вытрамбованных котлованах
31. Классификация форм деформации откоса.
32. Классификация мер по обеспечению устойчивости откосов.
33. Область применения конструкций из закрепленного грунта.
34. Расчет устойчивости стабилизирования откоса при форме деформации скольжения со срезом и вращением.
35. Расчет устойчивости стабилизированного откоса при форме деформации скольжение по фиксированной поверхности.
36. Классификация способов закрепления и укрепления грунтов.
37. Состав проекта производства работ при закреплении грунтов основания просадочных грунтах.
38. Цементация, область их применения.
39. Силикатизация грунтов основания, область их применения

40. Газовая силикатизация грунтов, область их применения
41. Известкование грунтов, область их применения
42. Смолизация грунтов, область их применения
43. Основные требования к инъекционным закрепляющим растворам.
44. Монолитное закрепление слабых слоев грунта основания.
45. Последовательность укрепительных работ и подбор нагнетательного оборудования при закреплении грунтов.
46. Струйная технология закрепления грунтов.
47. Оборудование для укрепительных работ
48. Рецептура рабочих закрепляющих растворов.
49. Последовательность приготовления рабочих растворов для закрепления грунтов.
50. Электрохимический способ закрепления грунтов.
51. Термическое закрепление грунтов основания
52. Контроль качества закрепления грунтов.

4. СПИСОК УЧЕБНОЙ И СПРАВОЧНО-НОРМАТИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты.- Л.: Стройиздат, 1988.
2. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. - М., АСВ., 1994.
3. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений. - М.: Стройиздат. 1986.
4. Штоль Т.М. и др. Технология возведения подземный части зданий и сооружений: Учебное пособие. – М.: Стройиздат . 1990.
5. Ржаницын Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве.- М.: Стройиздат . 1986.
6. Справочник проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения. -М.: Стройиздат. 1985.

7. Нетфуллов Ш.Х. Обеспечение устойчивости откосов земляных сооружений и выемок в сложных инженерно-геологических условиях. Методические указания к выполнению детали курсового и дипломного проектов для студентов специальности 290300 "Промышленное и гражданское строительство". - Набережные Челны: КамГПИ, 1999.

8. СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты. - М.: Стройиздат. 1989.

9. СНиП 2.02.01-83 Основания здания и сооружений. - М.: Стройиздат 1995.

Приложение 1.
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ
ВАРИАНТЫ

| Наименование показателей, условные обозначения | размерность | варианты | | | | | | | | | |
|--|-------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Плотность грунта до уплотнения, ρ | t/m^3 | 1,71 | 1,78 | 1,76 | 1,78 | 1,65 | 1,61 | 1,69 | 1,68 | 1,68 | 1,70 |
| Плотность сухого грунта после уплотнения, ρ_d | t/m^3 | 1,83 | 1,86 | 1,86 | 1,87 | 1,85 | 1,81 | 1,86 | 1,89 | 1,82 | 1,88 |
| Плотность грунта после закрепления, $\rho_{закр.}$ | t/m^3 | 1,84 | 1,83 | 1,84 | 1,82 | 1,85 | 1,79 | 1,86 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Плотность уплотненного грунта в телесваи, P_{ds} | | 1.94 | 1.95 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.97 | 1.94 |
| Влажность грунта, W | % | 16 | 18 | 19 | 20 | 17 | 16 | 18 | 19 | 20 | 17 | 16 | 18 | 19 | 20 | 17 | 16 | 18 | 19 | 20 | 17 |
| Влажность грунта засыпаемого в скважину, W_s | % | 18.5 | 14 | 13 | 17 | 14 | 14 | 13 | 17 | 14 | 13 | 14 | 17 | 14 | 17 | 14 | 13 | 14 | 17 | 14 | 13 |
| Средний диаметр грунтоустановочных свай, d | м | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| Начальное просадочное давление P_{sl} | kPa | 100 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 174 | 185 | 196 | 210 | | | | | | | | | | |

| Угол внутреннего трения незакрепленного / закрепленного, Φ , град | 19/26 | 20/32 | 18/36 | 16/30 | 17/31 | 18/28 | 14/26 | 15/22 | 16/29 | 18/31 |
|--|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Удельное сцепление незакрепленного / закрепленного грунта, C_u | МПа | 0.01/ 0.26 | 0.06/ 0.30 | 0.02/ 0.28 | 0.05/ 0.34 | 0.02/ 0.27 | 0.04/ 0.35 | 0.02/ 0.28 | 0.05/ 0.34 | 0.02/ 0.27 |
| Толщина просадочного слоя H_{sl} | м | 5 | 11 | 12 | 6 | 9 | 7 | 5 | 9 | 8 |
| Коэффициент устойчивости откоса Кфакт / Кном | | 1.17/ 1.25 | 0.99/ 1.25 | 1.1/ 1.25 | 1.1/ 2.0 | 1.4/ 2.5 | 1.6/ 2.5 | 1.2/ 2.5 | 2.02.5 | 0.89/ 1.25 |

Приложение 2.
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА

| Наименование показателей, условные обозначения | Размерность | ВАРИАНТЫ | | | | | | | 15*3 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Размеры здания $B \cdot L$ | м | 12*48 | 18*36 | 24*36 | 36*48 | 48*72 | 18*24 | 12*24 | 18*48 12*36 6 |
| Размеры фундамента $b \cdot l$ | м | 1.4/ 1.4 | 1.6/ 2.0 | 2.0/ 2.4 | 2.4/ 3.0 | 3.0/ 3.6 | 1.2 /2.4 | 1.6/ 3.0 | 2.4/ 3.6 4.0 |
| Глубина загружения фундамента, d | м | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 1.7 | 1.8 1.9 2.0 |
| Вертикальная нагрузка F_v | кН | 469 | 378 | 576 | 470 | 465 | 661 | 519 | 428 326 670 |
| Горизонтальная нагрузка F_h | кН | 15 | 86 | 28 | 18 | 15 | 34 | 25 | 29 45 58 |
| Момент M | кНм | 14 | 18 | 57 | 68 | 15 | 17 | 13 | 11 48 62 |

Приложение 3

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**КАМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

КАФЕДРА: С К

Контрольная работа

По дисциплине: « Искусственное основание »

вариант 13

Выполнил Студент гр. 3606-30

« _____ » 2003 г.

Проверил

« _____ » 2003 г.

Набережные Челны 2003 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Предисловие | 3 |
| 1. Рабочая программа | 4 |
| 2.Общие методические указания по изучению дисциплины..... | 7 |
| 2.1. Искусственново-улучшенные основания..... | 8 |
| 2.2.Конструктивные методы улучшения грунтов основания..... | 8 |
| 2.3. Уплотнение грунтов оснований. | 9 |
| 2.4. Закрепление и укрепление грунтов основания..... | 10 |
| 2.5.Повышение устойчивости откосов земляных сооружений и выемок в сложных инженерно-геологических условиях..... | 11 |
| 3.Методические указания к выполнению контрольных задач..... | 12 |
| 3.1. Задача 1. Проектирование оснований, уплотненных тря-желыми трамбовками..... | 13 |
| 3.2. Задача 2. Проектирование грунтовых подушек | 16 |
| 3.3. Задача 3. Проектирование фундаментов в вытрам-бованных котлованах..... | 20 |
| 3.4. Задача 4. Проектирование оснований, уплотненных грунто- выми сваями..... | 25 |
| 3.5. Задача 5. Расчет устойчивости закрепленных откосов зем- ляных сооружений способом | 30 |
| 4. Экзаменационные вопросы по дисциплинам..... | 41 |
| 5.Список учебной и справочной литературы..... | 43 |
| Приложение 1 | 45 |
| Приложение 2 | 49 |
| Приложение 3 | 50 |