

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.03.01 Строительство
Проектирование зданий

Форма обучения

очная

Ставрополь

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования и программой дисциплины «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях» для студентов по направлению подготовки 08.03.01 «Проектирование зданий» очной формы обучения и предназначены для выполнения практических работ.

Указания призваны сформировать у студентов навыки практических решений технических задач по оценке сейсмического риска при проектировании, строительстве, реконструкции, обследовании и оценке зданий и сооружений в Северо-Кавказском регионе. Они основываются на материалах, определяющих надежность зданий и сооружений при воздействии на них сейсмической нагрузки.

Даны теоретические основы, необходимые при учете сейсмических воздействий и оценке сейсмического риска.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Практическая работа 1. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов специфических грунтов (по ГОСТ 12071-2014)	5
Практическая работа 2. Определение временного сопротивления при одноосном сжатии	8
Практическая работа 3. Изготовление образцов с заданными значениями влажности и плотности (по ГОСТ 30416-2012)	9
Практическая работа 4. Определение максимальной плотности грунтов (по ГОСТ 22733-2016)	12
Практическая работа 5. Определение плотности грунтов методом замещения объема (по ГОСТ 28514-90).....	14
Практическая работа 6. Определение набухания глинистых грунтов (по ГОСТ 12248-2010)	18
Практическая работа 7. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов (по ГОСТ 25584-2016).....	20
Практическая работа 8. Определение просадочности лессовых грунтов (по ГОСТ 23161-2012)	23
Практическая работа 9. Оценка сейсмических свойств грунтов основания	25
Практическая работа 10. Оценка сейсмических свойств зданий и сооружений	29
Практическая работа 11. Ультразвуковой метод оценки сейсмических свойств грунтов	40
Список рекомендуемой литературы	44

ВВЕДЕНИЕ

На территории Ставропольского края 90% площади занимают опасные в строительном отношении, структурно-неустойчивые, специфические грунты.

К ним относятся **просадочные лессы**, которые занимают около 75% площади края. В восточных районах края их мощность достигает 100 и более метров, просадочная толща может составить 30 – 50 м, а расчетная просадка, подтвержденная практикой строительства, иногда достигает 2 м. Многие жилые дома и промышленные здания, построенные на лессовых грунтах, испытали аварийные деформации. Фундаменты завода ЖБМ треста «Прикумскводстрой» и силоса Буденновского элеватора после замачивания просадочных грунтов провалились на 1,8 – 2,2 м. В аварийном состоянии оказались почти все жилые дома нового военного городка «Северный», построенного в 1995 году для 1003 семей военнослужащих турецкой фирмой «Байтур» по межправительственному соглашению России с Германией.

Рыхлые пылеватые пески форштадского яруса сармата занимают половину территории г. Ставрополя и являются причиной деформаций многих жилых домов и общественных зданий краевого центра. Появились трещины в учебном корпусе инженерно-строительного факультета. С деформированными зданиями г. Ставрополя студенты-строители знакомятся в период летней инженерно-геологической практики.

Набухающе-усадочные золотые глины привели к деформациям 53-х жилых домов в г. Невинномысске. Из аварийного 180-квартирного дома по ул. Дунаевского, 5 на период ремонтно-восстановительных работ были выселены жильцы. Но деформации дома не остановились.

Загипсованные мергелистые глины г. Железноводска в результате суффозионных процессов привели к деформациям 12-этажных жилых домов и всех зданий городской больницы в г. Железноводске. Из 12-этажного дома и 6-этажного общежития в 1996 г. было выселено 1200 жильцов. Аварийный дом восстановили и вновь заселили после укрепления грунтов по проекту проф. Б.Ф.Галая, утвержденному Главгосэкспертизой России. Общежитие строителей после выселения 500 семей решили снести.

Перед началом каждой работы студенту необходимо ознакомиться с ее содержанием и подготовить форму для записей. Исходные данные, результаты опытов и соответствующие расчеты оформляются в тетрадях формата А4. В тетради должны быть приведены цифровые и графические результаты опытов. Отчет по практическим работам рекомендуется дополнить схемами приборов и текстовыми пояснениями.

Практическая работа 1. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов специфических грунтов (по ГОСТ 12071-2014)

1.1. Цель и содержание

Целью работы является обучение студента методике отбора, упаковке, транспортированию и хранению образцов специфических грунтов в соответствии с требованиями действующего ГОСТа.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

1.2. Теоретическое обоснование

Отбор проб грунта для исследований является наиболее важным этапом опробования выделенных инженерно-геологических элементов. От качественного отбора проб зависит получение расчетных значений прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик грунтов. Неконтролируемые ошибки при отборе проб ненарушенного сложения (монолитов грунта) часто являются причиной аварийных деформаций зданий и сооружений, построенных на специфических грунтах Ставропольского края. При выполнении работы преподаватель должен указать студенту на возможные ошибки, связанные с отбором, упаковкой, транспортированием и хранением проб грунта.

1.3. Аппаратура и материалы

1. Монолит лессового грунта или грунтовая паста.
2. Режущее кольцо с заточенной кромкой и крышками.
3. Нож с прямым лезвием длиной более диаметра кольца.
4. Грунтонос.
5. Весы разновесами.
6. Штангенциркуль, линейка.
7. Технический вазелин.
8. Парафин с добавкой 35 - 50% гудрона.
9. Марля.
10. Кастрюля.
11. Песчаная баня с электроплиткой.

1.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы, а также соблюдать правила безопасности при работе с электроприборами.

1.5. Методика и порядок выполнения работы

1.5.1. Методика отбора лессового грунта ненарушенного сложения

1.5.1.1. Отбор грунта с помощью грунтоноса

С технологией отбора проб грунта с помощью грунтоносов разных конструкций студенты знакомятся во время летней инженерно-геологической практики. Поэтому для наглядности демонстрируется грунтонос, заполненный грунтом ненарушенного сложения, и запарафинированные монолиты лессового грунта, отобранные буровиками-изыскателями. Высота монолита должна быть не менее его диаметра. Монолиты просадочных лессовых грунтов отбирают с помощью вдавливаемых тонкостенных цилиндрических грунтоносов с толщиной стенки не более 3 мм, погружаемых со скоростью не более 2 м/мин грунтоносов. После извлечения ненарушенного лессового образца (монолита) из грунтоноса, его оборачивают в два слоя марлей, опускают в расплавленный парафин с температурой 55 – 60⁰С, разглаживают поверхность и парафином приклеивают этикетку с указанием объекта, номер скважины и глубины отбора монолита.

1.5.1.2. Отбор грунта с помощью режущего кольца

1. Измеряют высоту и внутренний диаметр режущего кольца. Смазывают кольцо с внутренней стороны техническим вазелином и взвешивают с точностью до 1,01 г.

2. Режущее кольцо устанавливают на грунт. Кольцо вертикально вдавливают в грунт без перекосов. Одновременно подрезают грунт с наружной стороны.

3. Поверхность грунта зачищают ножом от центра к периметру. Мелкие раковины шпаклюют ножом. Наружную поверхность кольца тщательно протирают.

4. Кольцо с грунтом закрывают крышками и взвешивают.

5. Для сохранения влажности грунта кольцо помещают в полиэтиленовый пакет или парафинируют.

1.5.2. Транспортирование и хранение образцов

2. Монолиты и образцы ненарушенного сложения при транспортировании не должны подвергаться резким динамическим и температурным воздействиям.

3. Упакованные образцы следует хранить при положительной температуре в помещениях или камерах с относительной влажностью воздуха 80 – 90%.

1.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по отбору, упаковке, транспортированию и хранению образцов просадочного грунта. Дополнительные сведения по методике выполняемой работы студент может получить при изучении ГОСТ 12071-2000, комментируя отдельные его положения.

1.6. Вопросы для защиты работы

1. Дать определение понятия «специфический грунт».
2. Какими характеристиками отличаются специфические грунты?
3. Почему очень важно для исследований отобрать пробы ненарушенного сложения?
4. Какие ошибки при отборе проб (монолитов) могут повлиять на надежность зданий и сооружений, построенных на специфических грунтах?
5. Привести примеры и прокомментировать аварийные ситуации зданий и сооружений по месту своего проживания.

Защита проводится в форме собеседования.

1.7. Литература

Основная: [1]

Дополнительная: [2].

Практическая работа 2. Определение временного сопротивления при одноосном сжатии

2.1. Цель и содержание

Целью работы является изучение методики определения временного сопротивления при одноосном сжатии образцов грунта прочностью менее 5 МПа, применяемой при исследовании грунтов для строительства.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

2.2. Теоретическое обоснование

Временное сопротивление грунта одноосному сжатию определяется как отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади его первоначального сечения.

Временное сопротивление грунта одноосному сжатию является его прочностной характеристикой и используется как для классификационных целей, так и для расчета несущей способности оснований.

Для упрощения практической работы временное сопротивление при одноосном сжатии в МПа определяют для образцов в воздушно-сухом состоянии R_c .

2.3. Аппаратура и материалы

1. Образец воздушно-сухого грунта цилиндрической формы высотой 4 см и площадью $12,5 \text{ см}^2$, изготовленный по размеру кольца-пробоотборника полевой лаборатории И. М. Литвинова.
2. Полевая лаборатория И. М. Литвинова.
3. Штангенциркуль.
4. Технические весы.

2.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы.

2.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Образец сухого лессового грунта подготавливают в форме круглого цилиндра с помощью режущего кольца полевой лаборатории И. М. Литвинова в соответствии с указаниями, данными в практической работе 1. Торцовые грани образца грунта, к которым прикладывают сжимающее усилие, должны быть перпендикулярными вертикальной оси образца.

2. Размеры образцов грунта измеряют с точностью до 1 мм.
3. Площадь поперечного сечения образца вычисляют в см^2 с точностью до целых единиц.
4. Образец грунта помещают на нижнюю часть пресса так, чтобы обеспечить центрированное приложение сжимающей нагрузки.
5. На образец грунта прикладывают нагрузку ступенями по 0,05 МПа до его разрушения.
6. Временное сопротивление при одноосном сжатии образца определяют с точностью 0,1 МПа по формуле:

$$R = F/S,$$
 где F – нагрузка в момент разрушения образца в МПа;
 S – площадь поперечного сечения образца в см^2 .

2.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет временного сопротивления при одноосном сжатии.

2.7. Вопросы для защиты работы

1. С какой целью проводится испытание образца на одноосное сжатие?
2. Почему нагрузку следует увеличивать ступенями по 0,05 МПа?
3. Какие ошибки возможны при выполнении данной практической ошибки, и как их исключить?
4. Сравнить сопротивление изученных образцов с сопротивлением скальных и полускальных пород, приведенных в таблице Б.1 ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация».

2.8. Литература

Основная [1].

Дополнительная: [3].

Практическая работа 3. Изготовление образцов с заданными значениями влажности и плотности (по ГОСТ 30416-2012)

3.1. Цель и содержание

Целью работы является изучение методики изготовления образцов грунта с заданными значениями влажности и плотности, которые затем используются для определения просадочных, прочностных, деформационных и фильтрационных свойств лабораторными методами.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.

3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

3.2. Теоретическое обоснование

Необходимость испытания образцов грунта с заданными свойствами возникает при проектировании уплотнения грунтов в насыпях, грунтовых подушках и противифльтрационных экранах.

3.3. Аппаратура и материалы

1. Сухой лессовый грунт в количестве 100 г.
2. Сито с отверстиями 2 мм.
3. Технические весы.
4. Сушильный шкаф.
5. Эксикатор.
6. Стальные кольца объемом 50 см³ из лаборатории И.М. Литвинова.
7. Мензурка объемом 100 см³.

3.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы, а также соблюдать правила безопасности при работе с электроприборами.

3.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Для подготовки образца грунта нарушенного сложения с заданными значениями влажности и плотности необходимо грунт в количестве около 100 г подсушить до воздушно-сухого состояния, растереть пестиком с резиновым наконечником в фарфоровой ступке, просеять через сито с отверстиями 2 мм, определить его влажность в соответствии с практической работой 4.

2. Для получения заданного значения влажности в грунт необходимо добавить расчетное количество воды Q_p см³, определяемое по формуле:

$$Q_p = m_r (W_3 - W) / \rho_w (1 + W),$$

где m_r - масса исследуемого грунта при влажности W , г;

W_3 и W - соответственно заданная и исходная влажность грунта, д.е.;

ρ_w - плотность воды, равная 1 г/см³.

3. После увлажнения грунт следует тщательно перемешать и поместить в эксикатор (для равномерного распределения влаги) не менее чем на 2 часа с последующим контрольным определением влажности.

4. Уплотнение подготовленного до заданной плотности образца следует производить в рабочих кольцах компрессионного прибора послойным трамбованием грунта.

5. Заданную плотность уплотненного грунта (скелет грунта) $\rho_{дз}$ рассчитывают по известной формуле механики грунтов:

$$\rho_{дз} = \rho / [1 + W],$$

где ρ – плотность влажного грунта в кольце прибора, г/см³;

W – влажность грунта, д.е.

3.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет заданной плотности грунта в сухом состоянии (скелета грунта).

3.7. Вопросы для защиты работы

1. Для решения каких проектно-практических задач проводятся испытания грунтов с заданной влажностью и плотностью? Привести примеры.
2. Как на практике выполняются работы по уплотнению трамбованных и грунтовых подушек, устройству противифльтрационных экранов?
3. Какие грунты лучше использовать для указанных целей?

3.8. Литература

Основная: [1].

Дополнительная: [3].

Практическая работа 4. Определение максимальной плотности грунтов (по ГОСТ 22733-2016)

4.1. Цель и содержание

Цель работы – научить студента методике получения максимальной плотности любого специфического грунта Ставропольского края.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

4.2. Теоретическое обоснование

Максимальную плотность грунта можно получить только при его оптимальной влажности. Отклонение от оптимальной влажности не позволяет получить максимальную плотность. Сухой маловлажный суглинок при трамбовании или укатке превращается в рыхлую пыль. Переувлажненный суглинок в мягкопластичном или текучем состоянии также не поддается уплотнению.

Максимально плотный грунт необходимо получить для повышения несущей способности искусственных оснований в теле грунтовых (автодорожных и ж/д) насыпей при устройстве противофильтрационных завес и экранов.

4.3. Аппаратура и материалы

1. Прибор Союздорнии для стандартного уплотнения грунтов.
2. Технические весы.
3. Ступка № 7 с резиновым пестиком.
4. Шкаф сушильный.
5. Сито с отверстиями 10 мм.
6. Цилиндры мерные емкостью 100 мл.
7. Штангенциркуль.
8. Бюксы.
9. Нож лабораторный.
10. Чашки металлические емкостью 5 л.

4.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы, а также соблюдать правила безопасности при работе с электроприборами.

4.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Отбирается проба однородного грунта массой до 10 кг.
2. Из этой пробы выделяются отдельные пробы массой $m_3 = 2,5$ кг.
3. Пробы грунта высушивают на воздухе в лаборатории.
4. Пробы растирают в ступке и просеивают через сито 10 мм.
5. Пробы переносят в чашки и доувлажняют до заданной влажности грунта (W_3). Необходимое для доувлажнения количество воды (Q) определяют по формуле:

$$Q = m_3 W_3$$

6. Вводят в грунт рассчитанное количество воды и одновременно перемешивают грунт лопаточкой-мастерком.

7. Пробы грунта переносят из чашек в эксикаторы и выдерживают их не менее 2 ч при закрытых крышках эксикатора.

8. Уплотнение каждой пробы грунта проводят в приборе Союздорнии.

9. Испытание по определению максимальной плотности скелета грунта следует считать законченным тогда, когда с повышением влажности пробы при последующих двух-трех испытаниях на уплотнение происходит последовательное уменьшение значений плотности уплотненных образцов или когда грунт перестает уплотняться и начинает при ударах груза выжиматься из прибора.

10. По полученным в результате испытаний значениям плотности и влажности грунта определяют плотность скелета грунта (ρ_d) с погрешностью $0,01 \text{ г/см}^3$ по формуле:

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01 W).$$

4.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, списание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет максимальной плотности грунта в сухом состоянии (скелета грунта).

4.7. Вопросы для защиты работы

1. Для решения каких проектно-практических задач проводится определение максимальной плотности грунта? Привести примеры.
2. Как на практике выполнить работы для получения максимальной плотности грунта?
3. Какие грунты лучше использовать в зависимости от поставленных целей?

4.8. Литература

Основная: [1].

Дополнительная: [4].

Практическая работа 5. Определение плотности грунтов методом замещения объема (по ГОСТ 28514-90)

5.1. Цель и содержание

Цель работы – научить студента определять плотность пылеватых, глинистых, песчаных и крупнообломочных грунтов методом замещения объема.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

5.2. Теоретическое обоснование

Сущность метода заключается в установлении отношения массы пробы грунта к его объему при условии, что из слоя испытываемого грунта отбирают пробу необходимого объема, которую замещают средой (материалом) с известной плотностью.

Необходимость в таких испытаниях возникает, когда невозможно или нет необходимости в определении плотности методом режущего кольца или парафинированием образцов неправильной формы.

5.3. Аппаратура и материалы

1. Пескозагрузочный аппарат с загрузочной камерой и задвижкой для перекрытия.
2. Жесткий лист основания размером не менее 300х300 мм или диаметром 300 мм с отверстием посередине, соответствующим выпускному отверстию пескозагрузочного аппарата.
3. Калиброванный сосуд цилиндрической формы с известным объемом, внутренний диаметр которого соответствует диаметру отверстия в листе основания.
4. Сита с размерами квадратных ячеек: 63; 40; 31,5; 20; 10; 2 и 0,2 мм.
5. Технические весы с пределом взвешивания 5 и 20 кг.
6. Инструменты для выравнивания поверхности грунта и для углубления лунки (например, металлическая линейка, резец, молоток, ложка и кисть).
7. Посуда для отбора пробы грунта.
8. В качестве однородной среды с известной плотностью применяют сыпучий сухой песок, зерновой состав которого отвечает формулам:

$$d_{\max} / d_{\min} < 2; \quad \text{и} \quad 2 \text{ мм} > d > 0.2 \text{ мм},$$

где d – крупность зерен наполняющего песка, мм;

$d_{\max}$ – крупность зерен, выраженная максимальным размером квадратной ячейки верхнего контрольного сита, не более 2 мм;

$d_{\min}$ – крупность зерен, выраженная минимальным размером квадратной ячейки нижнего контрольного сита, не менее 2 мм.

5.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы.

5.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Лист основания помещают на горизонтальной плоской поверхности.
2. Пескобак аппарата с закрытой задвижкой полностью наполняют песком и определяют его массу (m_1).

3. Загрузочную камеру устанавливают на отверстие в металлическом листе. Открывают задвижку, после чего песок высыпается на горизонтальную поверхность. Затем задвижку закрывают, аппарат снимают с листа основания и снова определяют его массу (m'_1).

4. Массу песка, высыпаемого из пескобака в загрузочную камеру конической формы (m_2) вычисляют в граммах с округлением до 1 г по формуле:

$$m_2 = m_1 - m'_1,$$

где m_1 – масса пескозагрузочного аппарата, наполненного песком, г;

m'_1 – масса пескозагрузочного аппарата после наполнения загрузочной камеры, г.

5. Определяют массу пескозагрузочного аппарата, вновь полностью заполненного песком (m_1), и при закрытой задвижке помещают аппарат на лист основания, а лист основания – на отверстие калибровочного сосуда.

6. Открыв задвижку, дают высыпаться песку и, как только прекратится движение песка, вновь закрывают задвижку. После этого, сняв аппарат, измеряют его массу (m_1).

7. Значение массы песка (m_0), наполняющего калибровочный сосуд, определяют в граммах с округлением до 1 г по формуле:

$$m_0 = m_1 - (m_2 + m_3),$$

где m_1 – масса пескозагрузочного аппарата, наполненного песком, г;

m_2 – масса песка, высыпаемого из пескобака в загрузочную камеру конической формы, г;

m_3 – масса пескозагрузочного аппарата после наполнения калибровочного сосуда, г.

8. Значение плотности наполняющего песка ρ , в г/см³ определяют с округлением до 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho_0 = m_0 / V_0 ,$$

где m_0 – масса песка, необходимая для наполнения калибровочного сосуда, г;

V_0 – объем калибровочного сосуда, см³.

9. За результат определения плотности наполняющего песка принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных измерений, если их значения отличаются друг от друга не более, чем на 0,01 г/см³. Если отличие больше, то следует повторить испытание.

10. Проведение испытания. На поверхности подлежащего испытанию слоя разравнивают площадку, соответствующую размерам листа основания, и на эту поверхность помещают лист основания и закрепляют его, исключая возможность смещения.

11. Под круглым отверстием листа выкапывают лунку с примерно вертикальными стенками таким образом, чтобы избежать нарушения естественного сложения. Глубина лунки должна обеспечивать минимальный объем пробы.

12. Извлеченный из лунки грунт тщательно собирают и взвешивают (m).

13. Полностью наполненный песком пескозагрузочный аппарат массой m_1 (при закрытой задвижке) помещают на лист основания, расположенный над лункой, затем, открыв задвижку, высыплют песок в лунку. Как только движение песка прекращается, закрывают задвижку и, сняв аппарат, измеряют его массу (m_4).

14. Значение массы песка, наполняющего лунку (m_5) определяют по формуле:

$$m_5 = m_1 - (m_2 + m_4),$$

где m_1 – масса пескозагрузочного аппарата, наполненного песком, г;

m_2 – масса песка, высыпаемого из пескобака в загрузочную камеру конической формы, г;

m_4 – масса пескозагрузочного аппарата после наполнения лунки, г.

15. Обработка результатов. Значение плотности испытываемого грунта определяют в г/см³ с округлением до 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho = m / m_3 \rho_0 ,$$

где m – масса испытываемого грунта, удаленного из лунки, г;

m_3 – масса песка, наполняющего лунку, г;

ρ_0 – средняя плотность наполняющего песка.

5.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет плотности грунта.

5.7. Вопросы для защиты работы

1. В каких случаях возникает необходимость определять плотность грунта методом замещения объема?
2. Как подготовить песок для опыта?
3. В чем состоит идея опыта?
4. Можно ли заменить песок другим аналогичным материалом или водой?

5.8. Литература

Основная: [1].

Дополнительная: [5].

Практическая работа 6. Определение набухания глинистых грунтов (по ГОСТ 12248-2010)

6.1. Цель и содержание

Цель работы – научить студента методу определения набухания грунта.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

6.2. Теоретическое обоснование

Набухание глинистых грунтов часто приводит к авариям и разрушению зданий и сооружений. Величина набухания зависит от содержания глинистых частиц и минералогии глинистой фракции. Максимальным набуханием обладают монтмориллонитовые глины (до 20% первоначального объема). Минимальное набухание наблюдается в лесах и супесях.

За показатель набухания принимают обычно относительное свободное набухание, выраженное в % или д.е.

6.3. Аппаратура и материалы

1. Прибор для определения свободного набухания грунтов (ПНГ).
2. Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм.

6.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы.

6.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Образец грунта для испытания на набухание вырезают рабочим кольцом.
2. Грунт в кольце следует покрыть с двух сторон фильтрами.
3. Кольцо с грунтом поместить в прибор ПНГ.
4. В ПНГ залить воду и наблюдать за развитием деформаций по индикатору, записывая показания индикатора в журнал.
5. На основании записей в журнале следует определить абсолютную деформацию грунта (Δh мм) и относительную деформацию по формуле:

$$\delta = \Delta h / h ,$$

где h - высота рабочего кольца, мм.

6.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет величины относительного набухания.

6.7. Вопросы для защиты работы

1. В чем причина набухания глинистых грунтов?
2. Какие грунты имеют максимальное набухание?
3. Как бороться с набуханием грунтов при строительстве зданий и сооружений?
4. Привести примеры аварийных ситуаций, связанных с набуханием грунтов.

6.8. Литература

Основная: [1].

Дополнительная: [6]

Практическая работа 7. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов (по ГОСТ 25584-2016)

7.1. Цель и содержание

Цель работы – научить студента определять коэффициент фильтрации рыхлых пылеватых песков форштадского яруса г. Ставрополя.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

7.2. Теоретическое обоснование

Водопроницаемость является важнейшим свойством специфических грунтов, рассмотренных выше. Именно с фильтрацией воды связаны их негативные свойства (просадочность, набухание, суффозия и др.).

7.3. Аппаратура и материалы

1. Прибор КФ-00М.
2. Лабораторные весы.
3. Секундомер.
4. Нож с прямым лезвием.
5. Лопатка.
6. Пресс винтовой.
7. Пластины плоские с гладкой поверхностью (из стекла, плексигласа или металла).

7.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы.

7.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Из корпуса прибора извлекают фильтрационную трубку и разбирают ее. Заполняют цилиндр испытываемым грунтом.

2. В корпус наливают воду и вращением подъемного винта поднимают подставку до совмещения отметки градиента напора на планке с верхним краем корпуса.

3. Устанавливают цилиндр с грунтом на подставку и вращением подъемного винта медленно погружают в воду, содержащуюся в корпусе, до отметки градиента напора 0,8 и оставляют его в таком положении до тех пор, пока грунт не увлажнится. В процессе водонасыщения грунта поддерживается постоянный уровень воды у верхнего края корпуса.

4. Помещают на образец грунта латунную сетку, одевают на цилиндр муфту, вращением подъемного винта опускают фильтрационную трубку в крайнее нижнее положение и оставляют на 15 мин.

5. Коэффициент фильтрации определяют в следующем порядке. Вращением подъемного винта устанавливают цилиндр с грунтом до совмещения отметки необходимого градиента напора на планке с верхним краем крышки корпуса и доливают воды в корпус до верхнего его края. Испытание проводят при поэтапном увеличении значений градиента напора.

6. Заполняют мерный стеклянный баллон водой и, закрывая пальцем его отверстие, опрокидывают отверстием вниз, подносят как можно ближе к цилиндру с грунтом и, отнимая палец, быстро вставляют в муфту фильтрационной трубки так, чтобы его горлышко соприкасалось с латунной сеткой, а в баллон равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха. Если в мерный баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то его необходимо опустить ниже, добившись появления мелких пузырьков.

7. Отмечая время, когда уровень воды достигнет деления шкалы мерного баллона, отмеченного цифрой 10 (или 20) см³, принимают это время за начало фильтрации воды. В дальнейшем фиксируют время, когда уровень воды достигнет соответственно делений 20, 30, 40, 50 см³ или других кратных значений. Производят четыре отсчета.

8. Коэффициент фильтрации K , вычисляют по формуле:

$$K = 864 V / t A T J ,$$

где V – объем профильтровавшейся воды при одном замере, см³;

t – средняя продолжительность фильтрации (по замерам при одинаковых расходах воды), с;

A – площадь поперечного сечения цилиндра фильтрационной трубки, см²;

$T = (0,7 + 0,03 T_{\text{ф}})$ – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10⁰С, где $T_{\text{ф}}$ – фактическая температура воды при испытании;

J – градиент напора;

864 – переводной коэффициент из см/с в м/сут.

7.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет величины коэффициента фильтрации.

7.7. Вопросы для защиты работы.

1. Почему коэффициент фильтрации имеет размерность скорости?
2. Как водопроницаемость грунта зависит от его литологии?

3. Указать примерно величину коэффициента фильтрации гравия, песков разной крупности, супесей, суглинков и глин.
4. Как можно снизить водопроницаемость грунтов в практике строительства различных объектов?

7.8. Литература

Основная: [1].

Дополнительная: [7].

Практическая работа 8. Определение просадочности лессовых грунтов (по ГОСТ 23161-2012)

8.1. Цель и содержание

Цель – научить студента определению характеристик просадочности в соответствии с действующим ГОСТом.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания к практической работе.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

8.2. Теоретическое обоснование

Просадочность – является главнейшим свойством лессовых грунтов, которые широко распространены на территории Северного Кавказа. Природу и механизм этого процесса рассматривают в лекционном курсе.

8.3. Аппаратура и материалы

1. Компрессионные приборы, состоящие из следующих основных узлов и деталей:
 - рабочего кольца с внутренним диаметром 70 – 90 мм и высотой от 20 до 30 мм;
 - цилиндрической обоймы;
 - перфорированного штампа;
 - поддона с емкостью для воды и перфорированной крышкой;
 - индикаторов с ценой деления 0,01 мм для измерения вертикальных деформаций образцов грунта;
 - механизма вертикальной нагрузки образца грунта;
 - образцы просадочных грунтов.

8.4. Указания по технике безопасности

Необходимо осторожно обращаться с инструментами, так как они имеют острые концы.

8.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Образец грунта для испытания на просадочность отобрать из монолита рабочим кольцом компрессионного прибора.
2. Кольцо с грунтом взвесить с точностью до 0,01 г и поместить в компрессионный прибор.
3. Для испытуемого образца необходимо определить физические характеристики: влажность, плотность, пределы пластичности, вычислить

коэффициент пористости, степень водонасыщения, число пластичности по [9].

4. Рабочее кольцо с грунтом поместить на поддон компрессионного прибора острым краем вверх (предварительно торцы образца покрыть бумажными фильтрами), а затем произвести сборку прибора.

5. Испытание произвести по схеме «одной кривой» при заданном давлении $P = 0,3$ МПа.

6. При давлении $P = 0,3$ МПа образец замочить водой снизу вверх через поддон компрессионного прибора.

7. За условную стабилизацию просадки принимается деформация 0,01 мм за 3 часа.

8. После окончания испытаний необходимо слить воду из прибора, разгрузить образец, извлечь рабочее кольцо, взвесить его с образцом для определения плотности скелета после испытаний, отобрать две пробы на влажность.

9. Относительную просадочность грунта ($\delta_{пр}$, д.е.) по схеме «одной кривой» следует определить как дополнительное относительное сжатие образца в результате замачивания по формуле:

$$\delta_{пр} = \Delta h_{пр} / h,$$

где $\Delta h_{пр}$ – дополнительное сжатие (просадка) грунта в результате замачивания, мм;

h – высота образца (кольца), мм.

8.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы, описание последовательности действий по подготовке и испытанию образца, расчет величины относительной просадочности.

8.7. Вопросы для защиты работы

1. Причина и механизм просадочности лессовых грунтов.
2. Почему просадочность выражается в виде коэффициента относительной просадочности?
3. Почему испытание называется методом «одной кривой»?
4. Изложите суть метода «двух кривых».
5. Перечислить методы строительства на просадочных грунтах.

8.8. Литература

Основная: [1].

Дополнительная: [8, 9].

Практическая работа 9. Оценка сейсмических свойств грунтов основания

9.1. Цель и содержание

Цель работы:

Научиться оценивать сейсмичность площадки строительства в зависимости от типа грунтовых условий.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания на практическую работу.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

9.2. Теоретическое обоснование

При проектировании зданий и сооружений для строительства в сейсмических районах следует учитывать:

- а) интенсивность сейсмического воздействия в баллах (сейсмичность);
- б) повторяемость сейсмического воздействия.

Интенсивность и повторяемость следует принимать по картам сейсмического районирования территории РФ, принятым Российской Академией наук. Указанная сейсмичность относится к участкам со средними по сейсмическим свойствам грунтами (II категории согласно табл. 9.1).

Определение сейсмичности площадки строительства производится на основании сейсмического микрорайонирования. В районах, для которых отсутствуют карты сейсмического микрорайонирования, допускается определять сейсмичность площадки строительства согласно табл. 9.1.

Площадки строительства с крутизной склонов более 15° , близостью плоскостей сбросов, сильной нарушенностью пород физико-геологическими процессами, просадочностью грунтов, осыпями, обвалами, плывунами, оползнями, карстом, горными выработками, селями являются неблагоприятными в сейсмическом отношении. При необходимости строительства зданий и сооружений на таких площадках следует принимать дополнительные меры к укреплению их оснований и усилению конструкций.

На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить здания и сооружения, как правило, не допускается. При необходимости строительство на таких площадках допускается по согласованию с Госстроем России.

Отнесение площадки к I категории по сейсмическим свойствам допускается при мощности слоя, соответствующего I категории, более 30 м от черной отметки в случае насыпи или планировочной отметки в случае

выемки. В случае неоднородного состава грунта, площадка строительства относится к более неблагоприятной категории по сейсмическим свойствам, если в пределах 10-метрового слоя грунта (считая от планировочной отметки) слой, относящийся к этой категории, имеет суммарную толщину более 5 м.

Таблица 9.1 – Сейсмичность площадки строительства в зависимости от типа грунтовых условий

Категория групп по сейсмическим свойствам	Грунты	Сейсмичность площадки строительства при сейсмичности района, баллы		
		7	8	9
I	Скальные грунты всех видов (в том числе вечномерзлые и вечномерзлые оттаявшие) неветрелые и слабо-ветрелые: крупнообломочные грунты плотные маловлажные из магматических пород, содержащие до 30% песчано-глинистого заполнителя: ветрелые и сильноветрелые скальные и нескальные твердомерзлые (вечномерзлые) грунты при температуре минус 2°C и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии)	6	7	8
II	Скальные грунты ветрелые и сильноветрелые, в том числе вечномерзлые, кроме отнесенных к I категории; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к I категории; пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности маловлажные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ для глин и суглинков и $e < 0,7$ — для супесей; вечномерзлые нескальные грунты пластичномерзлые или сыпучемерзлые, а также твердо-мерзлые при температуре выше минус 2°C при строительстве и эксплуатации по принципу I	7	8	9
III	Пески рыхлые независимо от влажности и крупности: пески гравелистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности водонасыщенные; пески мелкие и пылеватые плотные и средней плотности, влажные и водонасыщенные; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L > 0,5$; глинистые грунты с показателем консистенции $I_L < 0,5$ при коэффициенте пористости $e > 0,9$ для глин и суглинков и $e > 0,7$ -для супесей; вечномерзлые нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допускается оттаивание грунтов основания)	8	9	>9

При прогнозировании подъема уровня грунтовых вод и обводнения грунтов (в том числе просадочных) в процессе эксплуатации здания и сооружения категории грунта следует определять в зависимости от свойств грунта (влажности, консистенции) в замоченном состоянии.

При строительстве на вечномерзлых нескальных грунтах по принципу II, если зона оттаивания распространяется до подстилающего талого грунта, грунты основания следует рассматривать как невечномерзлые (по фактическому состоянию их после оттаивания).

Для особо ответственных зданий и сооружений, строящихся в районах сейсмичностью 6 баллов на площадках строительства с грунтами III категории по сейсмическим свойствам, расчетную сейсмичность следует принимать равной 7 баллам.

При отсутствии данных о консистенции или влажности глинистые и песчаные грунты при положении уровня грунтовых вод выше 5 м относятся к III категории по сейсмическим свойствам.

9.3. Аппаратура и материалы

1. Образцы грунтов.
2. Приборы для определения физических характеристик грунтов.

9.4. Указания по технике безопасности

1. К выполнению работы допускаются студенты, ознакомленные с правилами техники безопасности и расписавшиеся в журнале по технике безопасности.

2. Рабочая зона, где выполняется практическая работа, должна быть огорожена. Находиться в рабочей зоне студенты могут только вместе с преподавателем. Находиться в рабочей зоне могут только те студенты, которые выполняют данную практическую работу.

3. При работе с приборами и оборудованием студенты должны быть внимательны и осторожны, знать и соблюдать предписания по технике безопасности.

4. Студенты должны четко выполнять инструкции и указания преподавателя и следовать методике выполнения работы, приведенной в методических указаниях.

5. После выполнения практической работы необходимо записать полученные результаты в практические тетради и привести приборы и оборудование в надлежащий вид.

9.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить устройство приборов для определения физических характеристик грунтов.

2. Изучить методику определения физических характеристик грунтов. Научиться измерять плотность грунта, влажность грунта, влажность на

границе текучести и на границе раскатывания, коэффициент пористости, гранулометрический состав грунта.

3. Определить физические характеристики образцов грунта.

4. По таблице 9.1 определить категорию грунта по сейсмическим свойствам.

5. По таблице 9.1 определить сейсмичность площадки строительства с заданным типом грунтовых условий.

9.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется в тетрадях для практических работ и должен содержать: цель работы, описание и принцип работы приборов, последовательность определения физических характеристик образцов грунтов, необходимые таблицы, выводы, список использованной литературы.

9.7. Вопросы для защиты работы

1. Приборы для определения физических характеристик грунтов.

2. Методика определения физических характеристик грунтов.

3. Методика оценки сейсмических свойств грунтов.

4. Факторы, влияющие на сейсмичность площадки строительства.

9.8. Литература

Основная: [1, 2, 3, 4].

Дополнительная: [1, 2].

Практическая работа 10. Оценка сейсмических свойств зданий и сооружений

10.1. Цель и содержание

Цель работы:

Научиться производить оценку сейсмических свойств зданий и сооружений, а также конструкций зданий и сооружений.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания на практическую работу.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

10.2. Теоретическое обоснование

Общие положения по жилым, общественным, производственным зданиям и сооружениям

Здания и сооружения должны быть разделены антисейсмическими швами в случаях, если:

- здание или сооружение имеет сложную форму в плане;
- смежные участки здания или сооружения имеют перепады высот 5 м и более. В одноэтажных зданиях высотой до 10 м при расчетной сейсмичности 7 баллов антисейсмические швы допускается не устраивать.

Антисейсмические швы должны разделять здания и сооружения по всей высоте. Допускается не устраивать шов в фундаменте, за исключением случаев, когда антисейсмический шов совпадает с осадочным.

Расстояния между антисейсмическими швами и высота зданий не должны превышать размеров, указанных в табл. 10.1.

Лестничные клетки должны быть закрытыми, имеющими в наружных стенах оконные проемы. Расположение и количество лестничных клеток должно быть не менее одной между антисейсмическими швами в зданиях высотой более трех этажей.

Антисейсмические швы должны быть выполнены путем возведения парных стен или рам, а также возведения рамы и стены.

При высоте здания или сооружения до 5 м ширина такого шва должна быть не менее 30 мм. Ширина антисейсмического шва здания или сооружения большей высоты должна быть увеличена на 20 мм на каждые 5 м высоты.

Таблица 10.1 – Расстояние между антисейсмическими швами

Несущие конструкции зданий	Размер по длине (ширине), м	Высота, м (число этажей)
	Расчетная сейсмичность, баллы	

	7	8	9	7	8	9
1. Металлический или железобетонный каркас или стены железобетонные монолитные	По требованиям для несейсмических районов, но не более 150 м			По требованиям для несейсмических районов		
2. Стены крупнопанельные	80	80	60	45(14)	39(12)	30(9)
3. Стены комплексной конструкции, в которых:						
а) железобетонные включения и железобетонные пояса образуют четкую каркасную систему:						
при ручной кладке I категории	80	80	60	30(9)	23(7)	17(5)
то же, II категории	80	80	60	23(7)	20(6)	14(4)
б) вертикальные железобетонные включения, усиливающие стены или простенки, не образуют четкий каркас						
при ручной кладке I категории	80	80	60	20(6)	17(5)	14(4)
то же, II категории	80	80	60	17(5)	14(4)	11(3)
4. Стены из вибрированных кирпичных панелей или блоков; стены из бетонных блоков	80	80	60	23(7)	20(6)	14(4)
5. Стены из кирпичной или каменной кладки, кроме указанных в поз. 3 и 4:						
при кладке I категории	80	80	60	17(5)	14(4)	11(3)
то же, II категории	80	80	60	14(4)	11(3)	8(2)

За высоту здания принимается разность отметок низшего уровня отмостки или спланированной поверхности земли, примыкающей к зданию и верха наружных стен.

Высота зданий больниц и школ при сейсмичности площадки строительства 8 и 9 баллов ограничивается тремя надземными этажами.

Заполнение антисейсмических швов не должно препятствовать взаимным горизонтальным перемещениям отсеков здания или сооружения.

Сборные железобетонные перекрытия и покрытия зданий должны быть замоноличенными, жесткими в горизонтальной плоскости и соединенными с вертикальными несущими конструкциями.

Жесткость сборных железобетонных перекрытий и покрытий должна быть обеспечена путем:

- соединения панелей (плит) перекрытий и покрытий и заливки швов между панелями (плитами) цементным раствором;
- устройства связей между панелями (плитами) и элементами каркаса или стенами, воспринимающих усилия растяжения и сдвига, возникающие в

швах.

Боковые грани панелей (плит) перекрытий и покрытий должны иметь шпоночную или рифленую поверхность.

В кирпичных и каменных зданиях длина части панелей перекрытий (покрытий), опирающихся на несущие стены, выполненные вручную, должна быть не менее 120 мм, а на вибрированные кирпичные панели и блоки – не менее 90 мм.

Ненесущие элементы типа перегородок и заполнений каркаса должны быть легкими, как правило, крупнопанельной или каркасной конструкции и соединяться со стенами, колоннами, а при длине более 3 м – и с перекрытиями. В зданиях выше пяти этажей не допускается применение перегородок из кирпичной кладки, выполненной вручную.

Перегородки из кирпича или камня должны быть армированы на всю длину не реже, чем через 700 мм по высоте стержнями общим сечением в шве не менее 0,2 см. Допускается выполнять перегородки подвесными с ограничителями перемещения из плоскости панелей.

Вынос балконов в зданиях с каменными стенами не должен превышать 1,5 м.

По верху сборных ленточных фундаментов должен быть уложен слой раствора марки 100 толщиной не менее 40 мм и продольная арматура диаметром 10 мм в количестве: три, четыре и шесть стержней при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно. Через каждые 300 – 400 мм продольные стержни должны быть соединены поперечными стержнями диаметром 6 мм.

В фундаментах и стенах подвалов из крупных блоков должна быть обеспечена перевязка кладки в каждом ряду, а также во всех углах и пересечениях на глубину не менее $1/3$ высоты блока; фундаментные блоки должны быть уложены в виде непрерывной ленты.

Раствор для заполнения швов между блоками должен быть не ниже 25 марки.

В зданиях при расчетной сейсмичности 9 баллов должна быть предусмотрена укладка в горизонтальные швы в углах и пересечениях стен подвалов арматурных сеток длиной 2 м с продольной арматурой общей площадью сечения не менее 1 см.

В зданиях до трех этажей включительно и сооружениях соответствующей высоты при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается применение для кладки стен подвалов блоков пустотностью до 50%.

Гидроизоляционные слои в зданиях должны быть выполнены из цементного раствора.

Каркасные здания

В каркасных зданиях конструкцией, воспринимающей горизонтальную сейсмическую нагрузку, служит: каркас, каркас с заполнением, каркас с

вертикальными связями, диафрагмами или ядрами жесткости.

Для каркасных зданий при расчетной сейсмичности 7 – 8 баллов допускается применение наружных каменных стен и внутренних железобетонных или металлических рам (стоек), при этом должны выполняться требования, установленные для каменных зданий. Высота таких зданий не должна превышать 7 м.

Жесткие узлы железобетонных каркасов зданий должны быть усилены применением сварных сеток, спирали или замкнутых хомутов.

Участки ригелей и колонн, примыкающие к жестким узлам рам на расстоянии, равном полуторной высоте их сечения, должны армироваться замкнутой поперечной арматурой (хомутами), устанавливаемой по расчету, но не реже чем через 100 мм, а для рамных систем с несущими диафрагмами — не реже чем через 200 мм.

Диафрагмы, связи и ядра жесткости, воспринимающие горизонтальную нагрузку, должны быть непрерывными по всей высоте здания и располагаться в обоих направлениях равномерно и симметрично относительно центра тяжести здания.

Ограждающими стеновыми конструкциями каркасных зданий должны быть легкие навесные панели. Допускается использование кирпичных и каменных стен, если они выполнены из кирпичных или каменных панелей или блоков, изготавливаемых в заводских условиях с применением вибрации, или из кирпичной или каменной кладки на растворах со специальными добавками, повышающими сцепление раствора с кирпичом или камнем.

При расчетной сейсмичности 7 баллов допускается возведение несущих стен зданий из кладки на растворах с пластификаторами без применения специальных добавок, повышающих прочность сцепления раствора с кирпичом или камнем.

Применение самонесущих стен из каменной кладки допускается:

- при шаге пристенных колонн каркаса не более 6м;
- при высоте стен зданий, возводимых на площадках сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, соответственно не более 18, 16 и 9 м.

Кладка самонесущих стен в каркасных зданиях должна быть I или II категории, иметь гибкие связи с каркасом, не препятствующие горизонтальным смещениям каркаса вдоль стен. Кладки в зависимости от их сопротивляемости сейсмическим воздействиям подразделяются на категории.

Категория кирпичной или каменной кладки определяется временным сопротивлением осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление), значение которого должно быть в пределах:

для кладки I категории – $R_p^b \geq 180 \text{ кПа (1,8 кгс/см}^2\text{)}$;

для кладки II категории – $180 \text{ кПа} > R_p^b \geq 120 \text{ кПа (1,2 кгс/см}^2\text{)}$.

Для повышения нормального сцепления R_p^b должны применяться растворы со специальными добавками.

Применение кирпичной или каменной кладки с $R^b_p < 120$ кПа (1,2 кгс/см²) не допускается.

Между поверхностями стен и колонн каркаса должен предусматриваться зазор не менее 20 мм. По всей длине стены в уровне плит покрытия и верха оконных проемов должны устраиваться антисейсмические пояса, соединенные с каркасом здания.

В местах пересечения торцовых и поперечных стен с продольными стенами должны устраиваться антисейсмические швы на всю высоту стен.

Лестничные и лифтовые шахты каркасных зданий должны быть предусмотрены как встроенные конструкции с поэтажной разрезкой, не влияющие на жесткость каркаса, или как жесткое ядро, воспринимающее сейсмическую нагрузку.

Для каркасных зданий высотой до 5 этажей при расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается устраивать лестничные клетки и лифтовые шахты в пределах плана здания в виде конструкций, отделенных от каркаса здания. Устройство лестничных клеток в виде отдельно стоящих сооружений не допускается.

В качестве несущих конструкций высоких зданий (более 16 этажей) должны использоваться каркасы с диафрагмами, связями или ядрами жесткости.

На площадках, сложенных грунтами III категории по сейсмическим свойствам, строительство высоких зданий, а также зданий с одним или несколькими каркасными нижними этажами и вышележащими этажами с несущими стенами, диафрагмами или каркасом с заполнением, если заполнение в нижних этажах отсутствует или незначительно влияет на их жесткость, не допускается.

Фундаменты высоких зданий на нескальных грунтах должны быть свайными или в виде сплошной фундаментной плиты.

Крупнопанельные здания

Крупнопанельные здания должны иметь продольные и поперечные стены, объединенные между собой, а также с перекрытиями и покрытиями в единую пространственную систему, воспринимающую сейсмические нагрузки.

В крупнопанельных зданиях:

- панели стен и перекрытий должны быть размером на комнату;
- панели стен должны быть соединены с перекрытиями путем сварки выпусков арматуры, анкерных стержней и закладных деталей; вертикальные колодцы и участки стыков по горизонтальным швам должны быть монолитизированы мелкозернистым бетоном с пониженной усадкой;
- при опирании перекрытий на наружные стены здания и на стены у температурных швов выпуски арматуры из панелей перекрытий должны быть соединены сварными соединениями с вертикальной арматурой стеновых панелей.

Армирование стеновых панелей должно быть выполнено в виде пространственных каркасов или сварных арматурных сеток. В случае применения трехслойных наружных стеновых панелей толщина внутреннего несущего бетонного слоя должна быть не менее 100 мм.

Сечение металлических связей в швах между панелями не должно быть меньше 1 см^2 на 1 м длины шва, а для зданий высотой 5 этажей и менее при сейсмичности площадки 7 и 8 баллов не менее $0,5 \text{ см}^2$ на 1 м длины шва. Допускается не более 65% вертикальной расчетной арматуры размещать в местах пересечений стен.

Стены по всей длине и ширине здания должны быть непрерывными.

Лоджии должны быть встроенными, длиной, равной расстоянию между соседними стенами. В местах размещения лоджий в плоскости наружных стен должны быть расположены железобетонные рамы.

Устройство эркеров не допускается.

2.4 Здания с несущими стенами из кирпича или каменной кладки

Кладка несущих и самонесущих стен или заполнение каркаса должно быть выполнено из следующих изделий и материалов:

- кирпич полнотелый или пустотелый марки не ниже 75 с отверстиями размером до 14 мм; при расчетной сейсмичности 7 баллов допускается применение керамических камней марки не ниже 75;

- бетонные камни, сплошные и пустотелые блоки (а том числе из легкого бетона плотностью не менее 1200 кг/м^3) марки 50 и выше;

- камни или блоки из ракушечников, известняков марки не менее 35 или туфов (кроме фельзитового) марки 50 и выше.

В зависимости от сопротивляемости сейсмическим воздействиям кирпичная кладка разделяется на 2 категории.

Категория кирпичной или каменной кладки определяется временным сопротивлением осевому растяжению по неперевязанным швам (нормальное сцепление), значение которого должно быть в пределах:

для кладки I категории — $R^b_p \geq 180 \text{ кПа}$ ($1,8 \text{ кгс/см}^2$);

для кладки II категории — $180 \text{ кПа} \leq R^b_p < 120 \text{ кПа}$ ($1,2 \text{ кгс/см}^2$).

При расчетной сейсмичности 7 баллов допускается применение кладки из естественного камня при R^b_p менее 120 кПа ($1,2 \text{ кгс/см}^2$), но не менее 60 кПа ($0,6 \text{ кгс/см}^2$). При этом высота здания должна быть не более трех этажей, ширина простенков не менее 0,9 м, ширина проемов не более 2 м, а расстояния между осями стен – не более 12 м.

Высота этажа зданий с несущими стенами из кирпичной или каменной кладки, не усиленной армированием или железобетонными включениями, не должна превышать при расчетной сейсмичности 7, 8 и 9 баллов соответственно 5, 4 и 3,5 м.

При усилении кладки армированием или железобетонными включениями высота этажа может быть соответственно равной 6,5 и 4,5 м.

При этом отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не

более 12.

В зданиях с несущими стенами, кроме наружных продольных стен должно быть не менее одной внутренней продольной стены. Расстояния между осями поперечных стен или заменяющих их рам должны проверяться расчетом и быть не более приведенных в табл. 10.2.

Таблица 10.2 – Минимальные расстояния между осями поперечных стен в каменных зданиях

Категория кладки	Расстояния, м, при расчетной сейсмичности, баллы		
	7	8	9
I	18	15	12
II	15	12	9

В уровне перекрытий и покрытий должны быть выполнены антисейсмические пояса по всем продольным и поперечным стенам, выполняемые из монолитного железобетона или сборными с замоноличиванием стыков и непрерывным армированием. Антисейсмические пояса верхнего этажа должны быть связаны с кладкой вертикальными выпусками арматуры.

В зданиях с монолитными железобетонными перекрытиями, заделанными по контуру в стены, антисейсмические пояса в уровне этих перекрытий допускается не устраивать.

Антисейсмический пояс (с опорным участком перекрытия) должен устраиваться на всю ширину стены; в наружных стенах толщиной 500 мм и более ширина пояса может быть меньше на 100 – 150 мм. Высота пояса должна быть не менее 150 мм, марка бетона – не ниже 150.

Антисейсмические пояса должны иметь продольную арматуру 4Ø10 при расчетной сейсмичности 7 – 8 баллов и не менее 4Ø12 – при 9 баллах.

В сопряжениях стен в кладку должны быть уложены арматурные сетки сечением продольной арматуры общей площадью не менее 1 см², длиной 1,5 м через 700 мм по высоте при расчетной сейсмичности 7 – 8 баллов и через 500 мм – при 9 баллах.

Участки стен и столбы над чердачным перекрытием, имеющие высоту более 400 мм, должны быть армированы или усилены монолитными железобетонными включениями, заанкеренными в антисейсмический пояс.

Кирпичные столбы допускаются только при расчетной сейсмичности 7 баллов. При этом марка раствора должна быть не ниже 50, а высота столбов – не более 4 м. В двух направлениях столбы должны быть связаны заанкеренными в стены балками.

Вертикальные железобетонные элементы (сердечники) должны соединяться с антисейсмическими поясами.

Железобетонные включения в кладку комплексных конструкций должны быть выполнены открытыми не менее чем с одной стороны.

Предусмотренные для бетонирования стоек пазы должны быть открытыми не менее чем с двух сторон. Если комплексные конструкции выполняются с железобетонными включениями по торцам простенков, продольная арматура должна быть надежно соединена хомутами, уложенными в горизонтальных швах кладки. Бетон включений должен быть не ниже марки 150, каталка должна выполняться на растворе марки не ниже 50, а количество продольной арматуры не должно превышать 0,8% площади сечения бетона простенков.

Таблица 10.3 – Размеры элементов стены, выполненной из кирпичной кладки

Элемент стены	Размер элемента стены, м, при расчетной сейсмичности, баллы			Примечания
	7	8	9	
Простенки шириной, не менее, м, при кладке:				Ширину угловых простенков следует принимать на 25 см больше указанной в таблице. Простенки меньшей ширины необходимо усилить железобетонным обрамлением или армированием
I категории	0,64	0,9	1,16	
II категории	0,77	1,16	1,55	Проемы большей ширины следует окаймлять железобетонной рамкой
2. Проемы шириной, не более, м, при кладке I или II категории.	3,5	3	2,5	
3. Отношение ширины простенка к ширине проема, не менее	0,33	0,5	0,75	
4. Выступ стен в плане, не более, м	2	1	-	Вынос деревянных неоштукатуренных карнизов допускается до 1 м
5. Вынос карнизов, не более, м:				
из материала стен	0,2	0,2	0,2	
из железобетонных элементов, связанных с антисейсмическими поясами	0,4	0,4	0,4	
деревянных, оштукатуренных по металлической сетке	0,75	0,75	0,75	

В зданиях с несущими стенами первые этажи, используемые под магазины и другие помещения, требующие большой свободной площади, должны быть выполнены из железобетонных конструкций.

Перемычки должны устраиваться на всю толщину стены и заделываться в кладку на глубину не менее 350 мм. При ширине проема до 1,5 м заделка перемычек допускается на 250 мм.

Балки лестничных площадок должны быть заделаны в кладку на глубину не менее 250 мм и заанкерены.

Лестничные площадки должны быть соединены с перекрытиями. Устройство консольных ступеней, заделанных в кладку, не допускается. Дверные и оконные проемы в камерных стенах лестничных клеток при расчетной сейсмичности 8-9 баллов должны иметь железобетонное обрамление.

В зданиях высотой три и более этажей с несущими стенами из кирпича или каменной кладки при расчетной сейсмичности 9 баллов выходы из лестничных клеток должны быть по обе стороны здания.

Железобетонные конструкции

Расстояния между хомутами внецентренно сжатых элементов в местах стыкования рабочей арматуры внахлестку без сварки должны быть не более $8d$.

Если общее насыщение внецентренно сжатого элемента продольной арматурой превышает 3%, хомуты должны быть установлены на расстоянии не более $8d$ и не более 250 мм.

В колоннах рамных каркасов многоэтажных зданий при расчетной сейсмичности 8 и 9 баллов шаг хомутов не должен превышать $1/2h$, а для каркасов с несущими диафрагмами – не более h , где h – наименьший размер стороны колонн прямоугольного или двутаврового сечения. Диаметр хомутов в этом случае должен быть не менее 8 мм.

В вязаных каркасах концы хомутов должны быть загнуты вокруг стержня продольной арматуры и заходить внутрь бетонного ядра не менее чем на $6d$ хомута.

Элементы сборных колонн многоэтажных каркасных зданий должны быть укрупнены на несколько этажей. Стыки сборных колонн должны быть расположены в зоне с меньшими изгибающими моментами. Стыкование продольной арматуры колонн внахлестку без сварки не допускается.

В предварительно напряженных конструкциях не допускается применять арматуру, для которой относительное удлинение после разрыва ниже 2%.

В зданиях и сооружениях расчетной сейсмичностью 9 баллов без специальных анкеров не допускается применять арматурные канаты и стержневую арматуру периодического профиля диаметром более 28 мм.

В предварительно напряженных конструкциях с натяжением арматуры на бетон напрягаемая арматура должна быть расположена в закрытых каналах, замоноличенных в дальнейшем бетоном или раствором.

10.3. Аппаратура и материалы

1. Электромагнитные приборы для измерения защитного слоя бетона.
2. Штангенциркуль.
3. Молоток Кашкарова.
4. Эталонный стержень.
5. Электронный измеритель прочности бетона.
6. Прибор для определения прочности бетона.
7. Металлическая линейка.

10.4. Указания по технике безопасности

1. К выполнению работы допускаются студенты, ознакомленные с правилами техники безопасности и расписавшиеся в журнале по технике безопасности.

2. Рабочая зона, где выполняется Практическая работа, должна быть огорожена. Находиться в рабочей зоне студенты могут только вместе с преподавателем. Находиться в рабочей зоне могут только те студенты, которые выполняют данную практическую работу.

3. При работе с приборами и оборудованием студенты должны быть внимательны и осторожны, знать и соблюдать предписания по технике безопасности.

4. Студенты должны четко выполнять инструкции и указания преподавателя и следовать методике выполнения работы, приведенной в методических указаниях.

5. После выполнения практической работы необходимо записать полученные результаты в практические тетради и привести приборы и оборудование в надлежащий вид.

10.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Изучить проектную документацию на обследуемое здание.

2. Провести обследование здания.

3. При помощи электромагнитного прибора произвести измерение защитного слоя и диаметра арматуры в железобетонных конструкциях обследуемого здания без разрушения бетона.

4. При помощи молотка Кашкарова измерить прочность бетона и кирпичной кладки.

5. Определить несоответствия прочностных, конструктивных характеристик обследуемого здания и отдельных конструкций с требованиями строительных норм и правил.

10.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется в тетрадях для практических работ и должен содержать: цель работы, методику проведения обследования, результаты обследования, описание и принцип работы приборов, схемы проведения испытаний, необходимые графики и таблицы,

расчеты, перечень выявленных отклонений от норм, выводы, список использованной литературы.

10.7. Вопросы для защиты работы

1. Методика обследования здания.
2. Сейсмические требования, предъявляемые к жилым и общественным зданиям.
3. Сейсмические требования, предъявляемые к каркасным зданиям.
4. Описание и принцип работы приборов.
5. Схемы проведения испытаний.

10.8. Литература

Основная: [1, 2, 3, 4].

Дополнительная: [1, 2].

Практическая работа 11. Ультразвуковой метод оценки сейсмических свойств грунтов

11.1. Цель и содержание

Цель работы:

1. Практическое знакомство с ультразвуковым импульсным акустическим методом испытания грунтов основания.
2. Изучение методики определения сейсмических характеристик грунтов основания.

Содержание работы:

1. Изучение теоретического обоснования.
2. Изучение задания на практическую работу.
3. Выполнение работы согласно заданию.
4. Оформление работы и представление к защите.
5. Защита практической работы.

11.2. Теоретическое обоснование

Для определения сейсмических характеристик грунтов в лабораторных условиях широкое распространение получил импульсный ультразвуковой метод.

Импульсный ультразвуковой метод обеспечивает сравнительно малые затраты времени для проведения испытаний, дает возможность определять интересующие характеристики как образцов в лаборатории, так и грунтов в любой доступной точке массива основания в полевых условиях.

Также импульсный ультразвуковой метод позволяет вести непрерывный контроль при замачивании образца и при уплотнении его под нагрузкой.

На одних и тех же образцах испытания импульсным методом могут быть повторены многократно без разрушения или повреждения последних и не требуют специальной подготовки.

Приборы, работа которых основана на импульсном ультразвуковом методе, используются для измерения времени и скорости распространения ультразвуковых волн при поверхностном и сквозном прозвучивании.

Определение скорости распространения волн в образце

Для определения сейсмических характеристик грунтов, производят измерение времени распространения ультразвука в образце грунта (t) и базы прозвучивания (b). По измеренным величинам определяют скорость (v).

Скорость распространения волн в образце определяют по формуле:

$$v = \frac{b}{t - t_0}, \quad (11.1)$$

где V – скорость распространения ультразвука, м/с;

b – акустическая база измерения, равная размеру исследуемого элемента в направлении прозвучивания, см;

t – время распространения ультразвука, с;

t_0 – постоянная поправка ультразвукового прибора, определяемая при сомкнутых датчиках прибора, с.

По скорости распространения ультразвука в грунте можно определить сейсмическую интенсивность грунта.

Таблица 11.1 – Корреляция максимальных ускорений, скоростей, смещений и остаточных смещений грунта с балльностью J

Балльность, J	Максимальное ускорение, см/с ²	Скорость, см/с	Смещение, см	Остаточное смещение, см
	Интервал (медиана)	Интервал (медиана)	Интервал (медиана)	Интервал (медиана)
2	0,7–1,7 (1,1)	0,029–0,086 (0,05)	0,0006–0,0028 (0,0013)	
3	1,7–4,3 (2,8)	0,086–0,025 (0,15)	0,0028–0,014 (0,0062)	
4	4,3–11 (6,9)	0,25–0,75 (0,44)	0,014–0,065 (0,03)	
5	11–27 (18)	0,75–2,2 (1,3)	0,065–0,31 (0,14)	≤0,025
6	27–70 (44)	2,2–6,5 (3,8)	0,31–1,5 (0,68)	0,026–0,4 (0,1)
7	70–180 (110)	6,5–19 (11)	1,5–7,1 (3,3)	0,4–4 (1,2)
8	180–440 (280)	19–57 (33)	7,1–34 (16)	4–30 (11)
9	440–1090 (690)	57–170 (98)	34–164 (75)	30–160 (70)
10				160–600 (300)
11				600–1600 (1000)
12				>1600

11.3. Аппаратура и материалы

1. Импульсный ультразвуковой прибор.
2. Линейка.
3. Образцы грунта.

11.4. Указания по технике безопасности

1. К выполнению работы допускаются студенты, ознакомленные с правилами техники безопасности и расписавшиеся в журнале по технике безопасности.

2. Рабочая зона, где выполняется Практическая работа, должна быть огорожена. Находиться в рабочей зоне студенты могут только вместе с преподавателем. Находиться в рабочей зоне могут только те студенты,

которые выполняют данную практическую работу.

3. При работе с приборами и оборудованием студенты должны быть внимательны и осторожны, знать и соблюдать предписания по технике безопасности.

4. Студенты должны четко выполнять инструкции и указания преподавателя или студента и следовать методике выполнения работы, приведенной в методических указаниях.

5. После выполнения практической работы необходимо записать полученные результаты в тетради и привести приборы и оборудование в надлежащий вид.

11.5. Методика и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципом работы приборов.

2. Ознакомиться с физико-механическими свойствами образцов и распределить их по категориям.

3. Определить расчетную сейсмичность площадки, откуда был взят образец.

4. Многократно измерить, а затем определить среднее время прохождения ультразвука через образец. Обработку результатов производить в табличной форме (табл. 11.2).

5. Вычислить по формуле (11.1) скорость распространения ультразвука в образце.

6. Используя полученные значения, по таблице 11.1 определить сейсмическую интенсивность грунта в баллах.

7. Скорректировать расчетную сейсмичность площадки в соответствии с полученными значениями сейсмической интенсивности грунта.

8. Выполнить анализ полученного материала с последующим обобщением и выводами.

Таблица 11.2 – Обработка результатов

№ обр.	Кол-во измерений, n	Измер. время t, мкс	Среднее время, с $t_{cp} = \frac{\sum t}{n} \cdot 10^{-6}$	Скорость, см/с $v = \frac{b}{t_{cp}}$
I	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
II	1			
	2			
	3			
	4			
	5			

11.6. Содержание отчета и его форма

Отчет по практической работе оформляется в тетрадях для практических работ и должен содержать: цель работы, описание ультразвукового метода испытания грунта, необходимые таблицы, расчеты, выводы, список использованной литературы.

11.7. Вопросы для защиты работы

1. Ультразвуковой метод испытания грунта.
2. Скорость распространения волн в образце.
3. Определение сейсмической интенсивности.

11.8. Литература

Основная: [1, 2, 3, 4].

Дополнительная: [1, 2].

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Платов Н.А. Инженерно-геологические изыскания в сложных условиях Электронный ресурс: Монография / Н. А. Платов, А. Д. Потапов, Н. А. Лаврова. - Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. – 130 с.

Дополнительная литература

1. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.

2. ГОСТ 30416-2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.

3. ГОСТ 22733-2016. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности (с Поправкой).

4. ГОСТ 28514-90. Строительная геотехника. Определение плотности грунтов методом замещения объема. – М.: Госстандарт СССР, 1990.

5. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

6. ГОСТ 25584-2016. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.

7. ГОСТ 23161-2012. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.

8. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.03.01 Строительство
Проектирование зданий

Квалификация
Форма обучения

бакалавр
очная

Ставрополь

Методические указания составлены в соответствии с требованиями государственного стандарта высшего профессионального образования и программой дисциплины «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях» для студентов по направлению подготовки 08.03.01 Проектирование зданий

В методических указаниях приведены положения нормативного метода расчета оснований фундаментов при сейсмических воздействиях. Рассмотрены примеры расчета оснований фундаментов мелкого заложения при действии особого сочетания нагрузок.

Составители: доцент, к.т.н. Сербин В.В.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Особенности проектирования и расчета сейсмостойких фундаментов	5
Основные положения расчета основания фундамента при сейсмических воздействиях	6
Примеры расчета	14
Исходные данные по вариантам	20
Список литературы	22

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно на земном шаре проходит свыше 300 тысяч землетрясений, большинство из которых, к счастью, имеет небольшую силу или проявляются в ненаселенных районах. Однако некоторые очаги сильных землетрясений располагаются близко к населенным пунктам. В этом случае происходят большие повреждения и обрушения недостаточно прочных сооружений. Часто следствием землетрясений являются большие пожары, потери от которых могут быть не меньше, чем непосредственно от самих землетрясений.

Число человеческих жертв при землетрясениях может достигать колоссальных размеров. Так, при землетрясении 1556 г. в провинции Шанси (Китай) погибло около 830 тыс. человек; землетрясение в Калькутте (Индия) 11 октября 1737 г. унесло жизни свыше 300 тыс. человек. В числе разрушительных землетрясений последних лет можно отметить землетрясения в Спитаке (1988 г.), на Курилах (1994 г.), в Кобе (Япония, 1995 г.), в Нефтегорске (1995 г.), в городах Измит (Турция, 1999 г.), Бхудж (Индия, 2001 г.), Бам (Иран, 2003 г.), у берегов побережья индонезийской провинции Ачех (Южная Азия, 2004 г.), в Пакистане (2005 г.), в провинции Сычуань (Китай, 2008 г.), на о. Гаити (2010 г.), у берегов Японии (2011 г.)

В России более 30% территории являются сейсмоопасными с расчетной интенсивностью землетрясений 7 – 9 баллов. К сейсмоопасным районам относятся территории в Забайкалье, в районах Северного Кавказа, на Сахалине, у побережья Черного моря и др. Проблема коснулась и Татарстана. Согласно карте ОСР-97 она составляет 6-7 баллов. Главная причина повышения сейсмической опасности на территории Татарстана связана с активной разработкой месторождений нефти и развитием карстовых процессов. В связи с этим весьма актуальным является разработка антисейсмических мероприятий, в состав которых входит проектирование сооружений, обладающих высокими технико-экономическими показателями и способных воспринимать землетрясения ожидаемой интенсивности с минимальным ущербом. Решение данной задачи невозможно без обеспечения сейсмостойкости оснований и фундаментов. В настоящее время, согласно действующим российским нормам проектирования, обеспечение сейсмостойкости грунтового основания включает определение передающихся на фундамент нагрузок при особом (с учетом сейсмических воздействий) сочетании и последующий расчет на эти нагрузки несущей способности основания и фундамента с учетом сил инерции, возникающих в грунте при сейсмических колебаниях, и их влияния на несущую способность грунта.

В методических указаниях приводятся сведения о нормативном методе расчета оснований фундаментов с учетом сейсмических воздействий.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА СЕЙСМОСТОЙКИХ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Сейсмостойкостью называется способность конструкции не разрушаться, не терять устойчивость формы и не опрокидываться при действии помимо обычных нагрузок сейсмических (инерционных) сил, возникающих при землетрясении.

Фундаменты в этих условиях играют двоякую роль. Во-первых, они передают на сооружение колебания грунта, то есть являются источником колебаний строительных конструкций, а возникающие при этом силы инерции и создают так называемую сейсмическую нагрузку. Во-вторых, фундаменты, являясь частью сооружения, должны воспринимать без разрушения сейсмическую нагрузку и передавать ее на основание, обеспечивая общую устойчивость и прочность системы «сооружение - основание». В соответствие с этим действующие нормы проектирования [1,2] предусматривают при проектировании грунтовых оснований с учетом сейсмических воздействий выполнение расчета на особое сочетание нагрузок. При этом предварительные размеры фундаментов допускается определять расчетом основания по деформациям на обычное основное сочетание нагрузок (без учета сейсмических воздействий).

Расчет оснований по несущей способности производится для обеспечения прочности скальных и устойчивости нескальных грунтов, а также для исключения сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания. Выполнение этого расчета обеспечивает сохранность строительных конструкций, выход которых из строя угрожает обрушением здания или его частей. В то же время допускаются повреждения элементов конструкции, не угрожающие безопасности людей и сохранности оборудования. Поэтому деформации основания могут превышать предельные значения и при особом сочетании нагрузок с учетом сейсмических воздействий не рассчитываются.

Расчет оснований с учетом сейсмических воздействий должен выполняться для площадок с расчетной сейсмичностью 7,8,9 баллов. В районах сейсмичностью менее 7 баллов основания следует проектировать без учета сейсмических воздействий.

Глубина заложения фундаментов в грунтах I и II категории по сейсмическим свойствам принимают такой же, как и для несейсмоопасных районов. При грунтах III категории рекомендуется предусматривать мероприятия по улучшению строительных свойств грунтов основания до начала строительства. Нельзя использовать в качестве оснований сейсмостойких сооружений без проведения предпостроечных мероприятий водонасыщенные грунты, способные к виброразжижению. Для зданий высотой более пяти этажей рекомендуется устройство подвальных этажей.

При строительстве в сейсмических районах применяются как фундаменты мелкого заложения на естественном или искусственном основании, так и свайные фундаменты. Ниже рассматриваются основные положения расчета фундаментов мелкого заложения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ОСНОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Расчет основания фундамента с учетом сейсмических воздействий включает в себя:

- 1) расчет несущей способности основания по I группе предельных состояний на действие вертикальной составляющей внецентренной нагрузки, передаваемой фундаментом на грунт при особом сочетании нагрузок;
- 2) расчет фундамента на сдвиг по подошве от действия горизонтальной нагрузки при особом сочетании нагрузок.

1. Расчет несущей способности основания выполняют на действие вертикальной составляющей внецентренной нагрузки, передаваемой фундаментом на грунт, исходя из условия:

$$N_a \leq \gamma_{c,eq} \frac{N_{u,eq}}{\gamma_n}, \quad (1)$$

где N_a — вертикальная составляющая расчетной внецентренной нагрузки в особом сочетании;

$\gamma_{c,eq}$ — сейсмический коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0; 0,8; 0,6 соответственно для грунтов I, II и III категорий по сейсмическим свойствам;

γ_n — коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности;

$N_{u,eq}$ — вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания при одностороннем выпоре грунта вследствие сейсмического воздействия, определяемая в зависимости от соотношения между эксцентриситетами e_a и e_u :

$$\text{при } e_a \leq e_u \quad N_{u,eq} = 0,5bl(p_b + p_o); \quad (2)$$

$$\text{при } e_a > e_u \quad N_{u,eq} = 0,5bl(p_b + p'_o) = \frac{b p_b}{(1 + 6e_a/b)}. \quad (3)$$

Здесь эксцентриситет расчетной нагрузки e_a и эксцентриситет эпюры предельного давления e_u определяются по формулам:

$$e_a = \frac{M_a}{N_a}, \quad e_u = \frac{b(p_b - p_o)}{6(p_b + p_o)}, \quad (4)$$

где N_a и M_a — вертикальная составляющая расчетной нагрузки и момент, приведенные к подошве фундамента при особом сочетании нагрузок (с учетом сейсмических воздействий); определяются по формулам:

$$N_a = N_I^s + N_I^\phi + N_I^{cp} = N_I^s + \gamma_{mt} b l d; \quad (5)$$

$$M_a = M_I^s \pm Q_I^s h, \quad (6)$$

где N_I^s , M_I^s , Q_I^s – вертикальная сила, изгибающий момент и поперечная

сила, передающиеся на обреза фундамента в расчетном направлении при особом сочетании нагрузок;

N_I^{ϕ} – нагрузка от веса фундамента;

N_I^{ep} – нагрузка от веса грунта на уступах фундамента;

γ_{mt} – осредненный удельный вес материала тела фундамента и грунта на уступах фундамента; в расчетах может приниматься равным 20 кН/м³;

b – размер подошвы фундамента в направлении действия момента M_I^s ;

l – размер подошвы фундамента в направлении, перпендикулярном расчетному;

d – глубина заложения подошвы фундамента;

h – высота фундамента;

В формулах (2), (3), (4) p_o и p_b , – ординаты эпюры предельного давления под краями подошвы фундамента (рис. 2), определяемые по формулам:

$$p_o = \xi_q F_1 \gamma'_I d + \xi_c (F_1 - 1) \frac{c_I}{\operatorname{tg} \varphi_I}, \quad (7)$$

$$p_b = p_o + \xi_\gamma \gamma_I b (F_2 - k_{eq} F_3), \quad (8)$$

где ξ_q, ξ_γ, ξ_c – коэффициенты формы, зависящие от соотношения сторон подошвы прямоугольного фундамента; определяются при условии $1 \frac{b}{l} \geq 0,2$ по формулам:

$$\xi_q = 1 + 1,5 b/l, \quad \xi_c = 1 + 0,3 b/l, \quad \xi_\gamma = 1 - 0,25 b/l; \quad (9)$$

при $\frac{b}{l} > 1$ коэффициенты принимаются: $\xi_q = 2,5$, $\xi_c = 1,3$, $\xi_\gamma = 0,75$;

при $\frac{b}{l} < 0,2$ (в случае ленточного фундамента): $\xi_q = \xi_c = \xi_\gamma = 1,0$;

γ'_I и γ_I – соответственно расчетные значения удельного веса грунта, находящегося выше и ниже подошвы фундамента;

φ_I и c_I – расчетные значения угла внутреннего трения и удельного сцепления несущего слоя грунта;

d – глубина заложения фундамента;

k_{eq} – коэффициент сейсмичности, принимаемый равным 0,1; 0,2 и 0,4 при сейсмичности площадок строительства 7, 8 и 9 баллов соответственно;

F_1, F_2, F_3 – коэффициенты, определяемые в зависимости от расчетного угла внутреннего трения φ_I несущего слоя грунта по графику на рисунке 1;

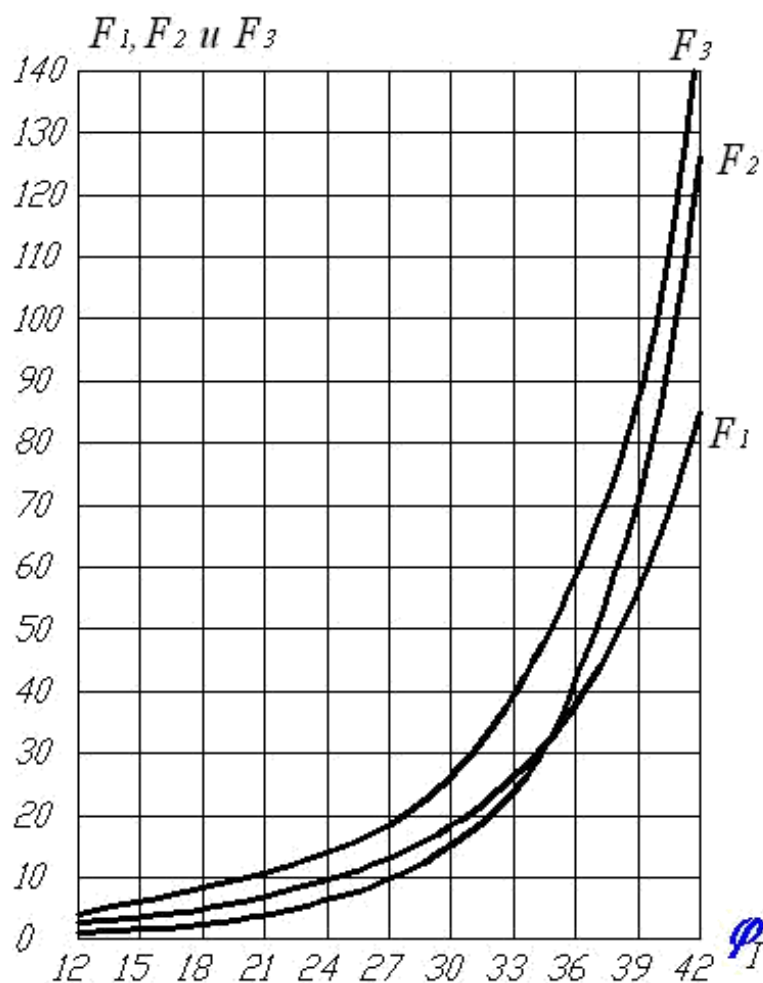


Рис. 1. Графики для определения коэффициентов F_1, F_2, F_3 .

В формуле (3) при $ea > eu$ учитывается не вся эпюра предельного давления, а лишь усеченная ее часть, показанная на рисунке 2 пунктиром.

Максимальная ордината p_b этой усеченной эпюры совпадает с исходной, а минимальная p'_0 имеет меньшее значение, чем p_0 , и вычисляется по формуле:

$$p'_0 = \frac{(1 - 6e_a / b)}{(1 + 6e_a / b)} p_b \quad (10)$$

В формуле (8) при $F_2 < k_{eq} F_3$ следует принимать $p_b = p_0$. В этом случае эпюра предельного давления принимает прямоугольный вид (рис. 3).

При расчете оснований и фундаментов на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий допускается *частичный отрыв* подошвы фундамента от грунта при выполнении следующих условий:

- эксцентриситет ea расчетной нагрузки не превышает одной трети ширины фундамента b в плоскости действия опрокидывающего момента, то есть выполняется условие:

$$ea \leq \frac{1}{3} b; \quad (11)$$

- максимальное краевое давление под подошвой фундамента, вычисленное с учетом его неполного контакта с грунтом, не превышает краевой ординаты эпюры предельного сопротивления основания. То есть:

$$p_{\max} = \frac{2N_a}{3l(b/2 - e_a)} \leq p_b, \quad (12)$$

где значение p_b определяют по формуле (8), но для фундамента, имеющего условную ширину $b_c = 1,5(b - 2e_a)$.

Критерием отрыва, является выполнение условия $e_a > b/6$. Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления несущего слоя грунта в этом случае определяется по формуле:

$$N_{u,eq} = 0,5b_c l p_b. \quad (13)$$

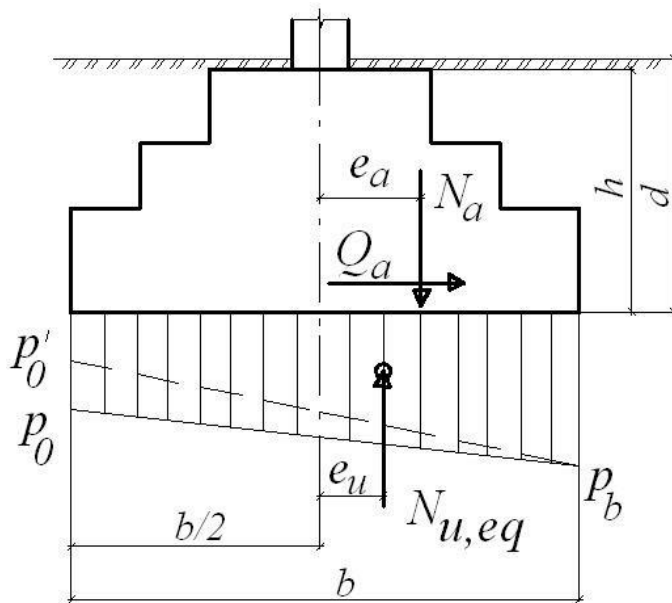


Рис. 2.

Расчетная схема основания и фундамента при полном опирании подошвы фундамента на грунт.

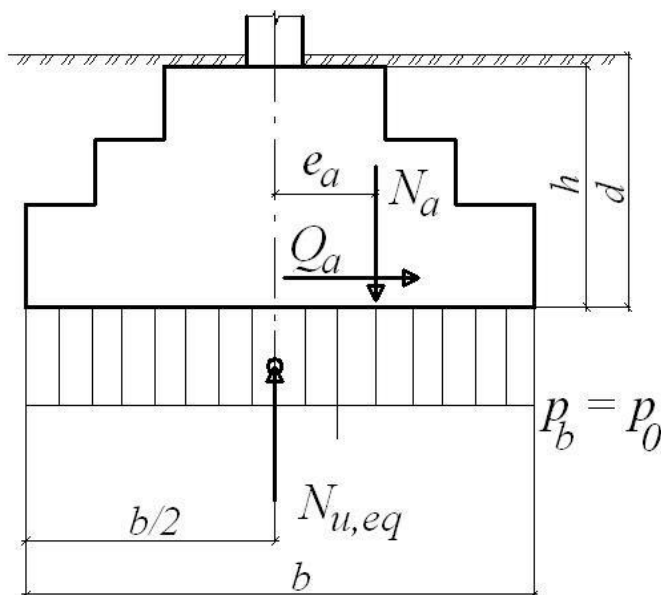


Рис. 3.

Эпюра предельного давления под подошвой фундамента при условии $F_2 < k_{eq}F_3$.

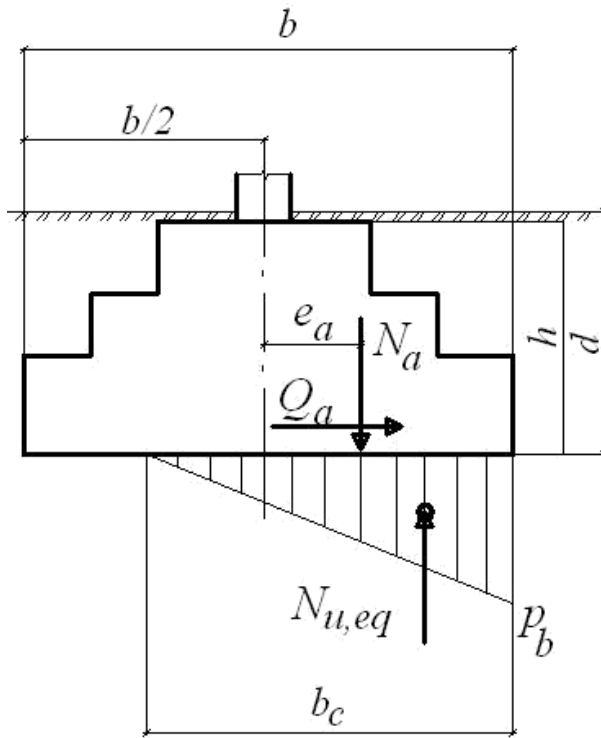


Рис. 4.
Расчетная схема основания и
фундамента при частичном
отрыве.

2. Расчет фундамента на сдвиг при действии сейсмической нагрузки производится исходя из условия:

$$Q_a \leq \frac{\gamma_{c,eq}}{\gamma_n} [N_a \operatorname{tg}(\varphi_I - \Delta\varphi_I) + c_I A], \quad (14)$$

где Q_a – горизонтальная составляющая нагрузки на уровне подошвы фундамента, принимается $Q_a = Q_I^s$;

A – площадь подошвы фундамента;

φ_I – расчетные значения угла внутреннего без учета сеймики;

$\Delta\varphi_I$ – снижение расчетного угла внутреннего трения, принимаемое в зависимости от расчетной сейсмичности строительной площадки. При сейсмичности 7 баллов $\Delta\varphi_I = 2^\circ$; 8 баллов - $\Delta\varphi_I = 4^\circ$; 9 баллов - $\Delta\varphi_I = 7^\circ$.

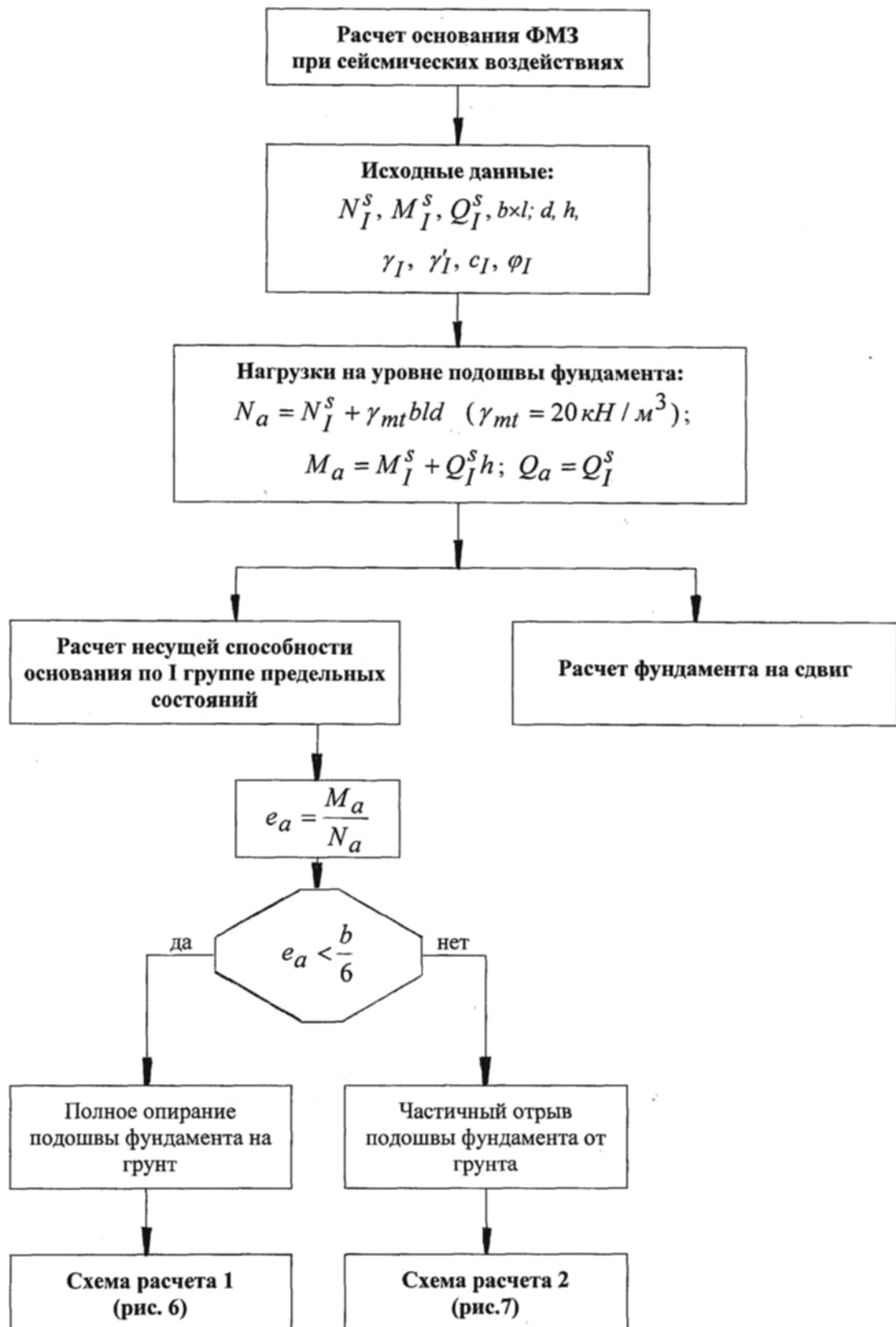


Рис. 5. Укрупненная блок – схема расчета основания фундамента на особое сочетание нагрузок (с учетом сейсмических воздействий)

Схема расчета 1

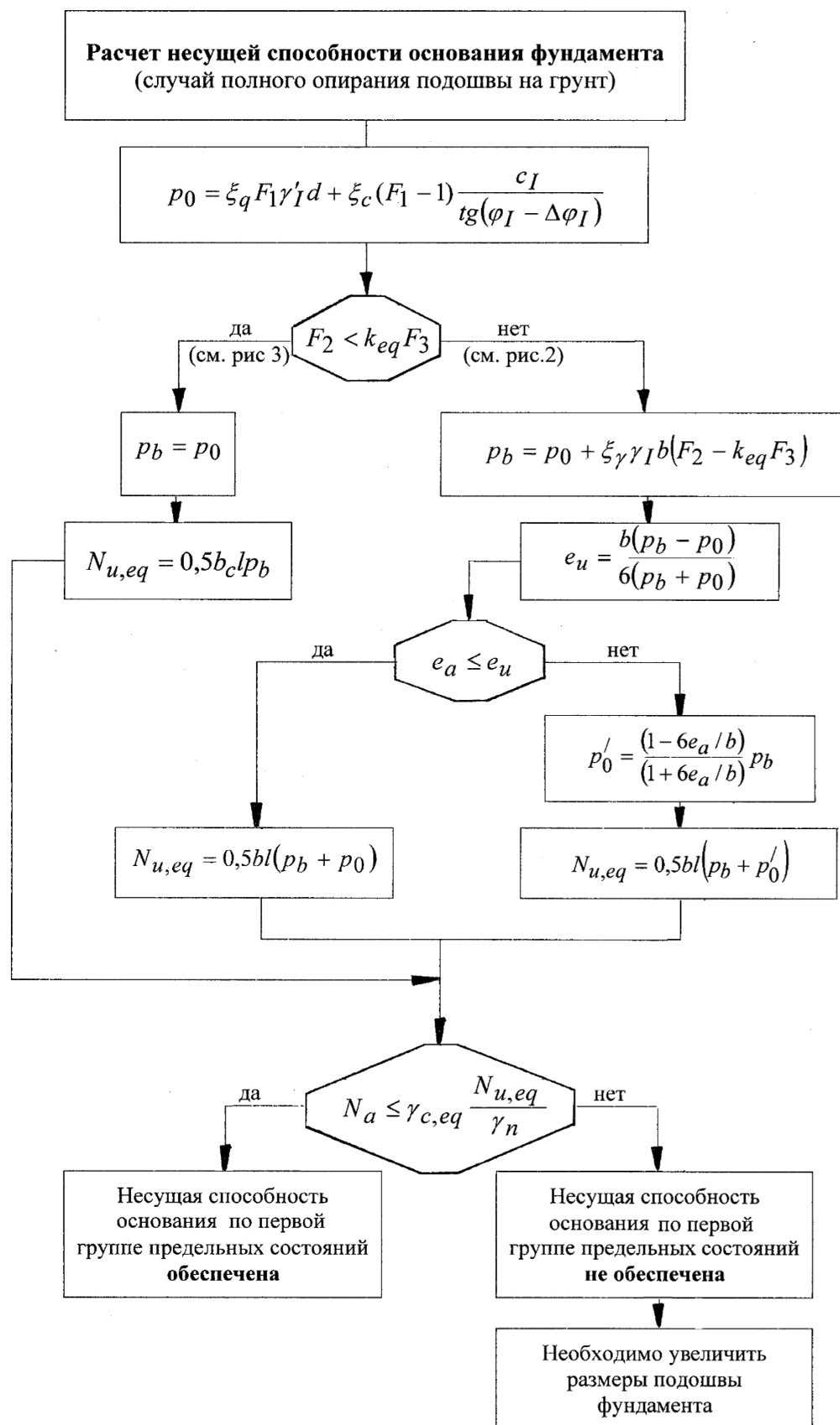


Рис. 6. Блок – схема расчета несущей способности основания фундамента с учетом сейсмических воздействий при полном опирании подошвы на грунт.

Схема расчета 2

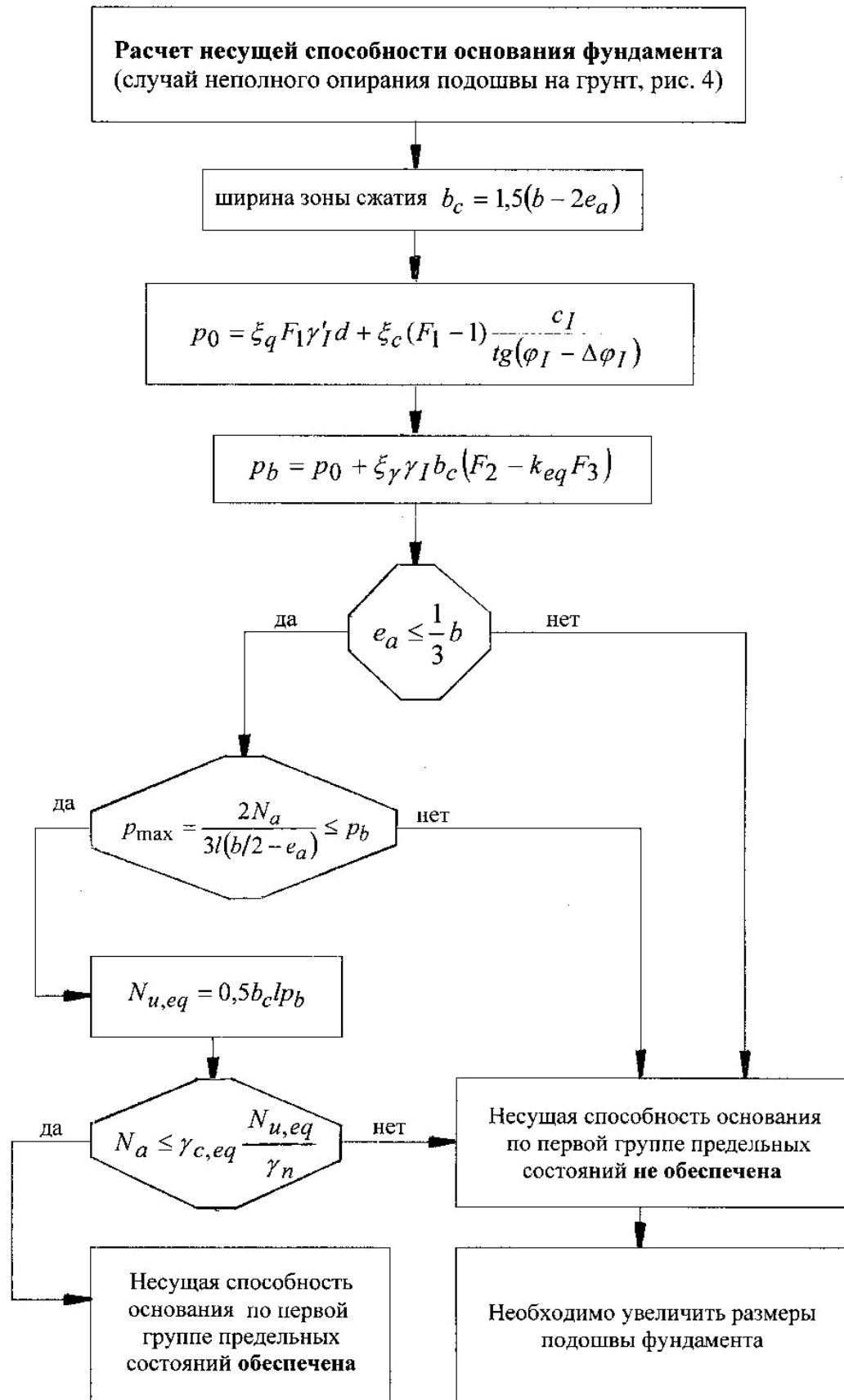


Рис. 7. Блок – схема расчета несущей способности основания фундамента с учетом сейсмических воздействий при частичном отрыве подошвы от грунта.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример 1

Исходные данные:

- расчетная сейсмичность строительной площадки – 9 баллов;
- категория грунта строительной площадки по сейсмическим свойствам – II;
- уровень ответственности здания – II;
- нагрузки, передающиеся на обреза фундамента при особом сочетании:

$$N_I^s = 1800 \text{ кН}; \quad M_I^s = 203 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad Q_I^s = 65 \text{ кН};$$

- размеры подошвы столбчатого фундамента $2,4 \times 3,0$ м, при этом в направлении действия расчетного момента M_I^s фундамент имеет размер подошвы $b = 3,0$ м, в перпендикулярном направлении $l = 2,4$ м.
- высота фундамента $d = 1,5$ м;
- глубина заложения подошвы фундамента $d = 1,8$ м;
- в основании фундамента залегает грунт с характеристиками:

$$\gamma_I = 18 \text{ кН/м}^3; \quad c_I = 9 \text{ кПа}; \quad \varphi_I = 30^\circ;$$

- выше подошвы фундамента залегает грунт с удельным весом: $\gamma'_I = 18 \text{ кН/м}^3$.

Требуется: произвести расчет основания при особом нагрузок.

Решение:

- 1) Проверка несущей способности основания по I группе предельных состояний на действие вертикальной составляющей внецентренной нагрузки, передаваемой фундаментом на грунт при особом сочетании нагрузок.

Нагрузки на уровне подошвы фундамента:

$$N_a = 1800 + 20 \cdot 2,4 \cdot 3,0 \cdot 1,8 = 2059,2 \text{ кН};$$

$$M_a = 203 + 65 \cdot 1,5 = 300,5 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$Q_a = 65 \text{ кН}.$$

$$\text{Эксцентриситет расчетной нагрузки: } e_a = \frac{300,5}{2059,2} = 0,146 \text{ м}.$$

Поскольку $e_a = 0,146 \text{ м} < b/6 = 0,5 \text{ м}$, расчет ведем по схеме 1, как для случая полного опирания подошвы фундамента на грунт (см. блок-схемы на рис.5, 6).

При соотношении размеров подошвы фундамента $b/l = 3,0/2,4 = 1,25 > 1$ принимаем коэффициенты $\xi_q = 2,5$, $\xi_c = 1,3$, $\xi_\gamma = 0,75$.

По графику на рисунке 1 определяем коэффициенты F_1, F_2, F_3 для заданного расчетного угла внутреннего трения $\varphi_I = 30^\circ$: $F_1 = 18$; $F_2 = 15$; $F_3 = 26,5$. Коэффициент k_{eq} принимаем равным 0,4 (при сейсмичности площадки 9 баллов). Так как условие $F_2 < k_{eq} F_3$ не выполняется, ординаты

эпюры предельного давления под краями подошвы фундамента определяем по формулам (7,8):

$$p_o = 2,5 \cdot 18 \cdot 18 \cdot 1,8 + 1,3 \cdot (18 - 1) \frac{9}{\operatorname{tg} 30^\circ} = 1802,5 \text{ кПа};$$

$$p_b = 1802,5 + 0,75 \cdot 18 \cdot 3,0 \cdot (15 - 0,4 \cdot 26,5) = 1980,7 \text{ кПа}.$$

Эксцентриситет эпюры предельного давления:

$$e_u = \frac{3,0(1980,7 - 1802,5)}{6(1980,7 + 1802,5)} = 0,023 \text{ м} < e_a = 0,146 \text{ м}.$$

Поскольку выполняется условие $e_a > e_u$ (случай больших эксцентриситетов), учитывается не вся эпюра предельного давления, а лишь ее усеченная часть. Минимальная ордината усеченной эпюры:

$$p'_o = \frac{(1 - 6 \cdot 0,146/3,0)}{(1 + 6 \cdot 0,146/3,0)} \cdot 1980,7 = 1085,4 \text{ кПа}.$$

Вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания:

$$N_{u,eq} = 0,5 \cdot 3 \cdot 2,4 \cdot (1980,7 + 1085,4) = 11037,96 \text{ кН}.$$

Принимая для грунтов II категории и для здания II уровня ответственности коэффициенты $\gamma_{c,eq} = 0,8$ и $\gamma_n = 1,15$, проверим условие (1):

$$N_a = 2059,2 \text{ кН} < 0,8 \frac{11037,96}{1,15} = 7678,58 \text{ кН}. \text{ Условие выполняется. Размеры}$$

подошвы фундамента со значительным запасом удовлетворяют проверке основания по первому предельному состоянию при особом сочетании нагрузок.

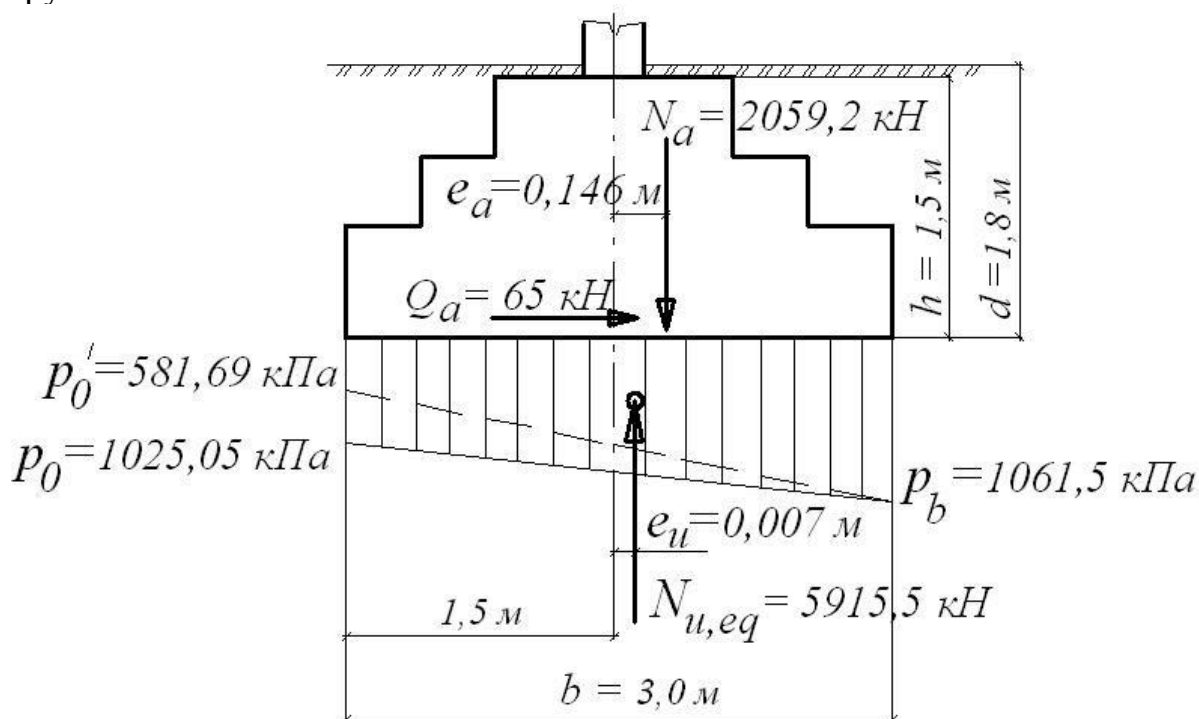


Рис.8. Расчетная схема основания и фундамента

Размеры подошвы фундамента со значительным запасом удовлетворяют проверке основания по первому предельному состоянию при особом сочетании нагрузок.

2) *Расчет фундамента на сдвиг по подошве от действия горизонтальной нагрузки при особом сочетании нагрузок.*

Используем формулу (7):

$$Q_a = 65 \text{ кН} < \frac{0,8}{1,15} \left[2059,2 \cdot \operatorname{tg}(30^0 - 7^0) + 9 \cdot 3,0 \cdot 2,4 \right] = 653,13 \text{ кН.}$$

Условие выполняется. При заданных нагрузках и размерах подошвы фундамента сдвига не происходит.

Пример 2

Исходные данные:

- расчетная сейсмичность строительной площадки – 9 баллов;
- категория грунта строительной
- площадки по сейсмическим свойствам – II;
- уровень ответственности здания – III;
- нагрузки, передающиеся на обрешку фундамента при особом сочетании:

$$N_I^S = 1200 \text{ кН}; \quad M_I^S = 305 \text{ кН}\cdot\text{м}; \quad Q_I^S = 76 \text{ кН};$$

- размеры подошвы столбчатого фундамента $b \times l = 1,5 \times 1,5 \text{ м}$;
- высота фундамента $h = 1,5 \text{ м}$;
- глубина заложения подошвы фундамента $d = 1,65 \text{ м}$;
- в основании фундамента залегает грунт с характеристиками:

$$\gamma_I = 18 \text{ кН/м}^3; \quad c_I = 10 \text{ кПа}; \quad \varphi_I = 24^\circ;$$

- выше подошвы фундамента залегает грунт с удельным весом: $\gamma'_I = 18 \text{ кН/м}^3$.

Требуется: произвести расчет основания при особом сочетании нагрузок.

Решение:

- 1) Проверка несущей способности основания по I группе предельных состояний на действие вертикальной составляющей внецентренной нагрузки, передаваемой фундаментом на грунт при особом сочетании нагрузок.
- 2) м сочетании нагрузок.

Нагрузки на уровне подошвы фундамента:

$$N_a = 1200 + 20 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,65 = 1274,25 \text{ кН};$$

$$M_a = 305 + 76 \cdot 1,5 = 419,0 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$Q_a = 76 \text{ кН}.$$

$$\text{Эксцентриситет расчетной нагрузки } e_a = \frac{419,0}{1274,25} = 0,329 \text{ м} > \frac{b}{6} = 0,25 \text{ м}.$$

Следовательно, имеет место частичный отрыв подошвы фундамента от грунта. Дальнейший расчет ведем по схеме 2 (см. рис. 5,7).

При соотношении размеров подошвы фундамента $b/l = 1,5/1,5 = 1,0$ коэффициенты

$$\xi_q = 1 + 1,5 \cdot 1 = 2,5; \quad \xi_c = 1 + 0,3 \cdot 1 = 1,3; \quad \xi_\gamma = 1 - 0,25 \cdot 1 = 0,75.$$

По графику на рисунке 1 определяем коэффициенты F_1, F_2, F_3 для заданного расчетного угла внутреннего трения $\varphi_I = 24^\circ$: $F_1 = 9,8$; $F_2 = 6,5$; $F_3 = 14$. Коэффициент k_{eq} принимаем равным 0,4.

Ширина зоны сжатия $b_c = 1,5 \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,329) = 1,263 \text{ м}$.

Ординаты эпюры предельного давления определяем по формулам (7,8):

$$p_o = 2,5 \cdot 9,8 \cdot 18 \cdot 1,65 + 1,3 \cdot (9,8 - 1) \frac{10}{\text{tg } 24^\circ} = 1236,09 \text{ кПа},$$

$$p_b = 1236,09 + 0,75 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot (6,5 - 0,4 \cdot 14) = 1254,315 \text{ кПа}.$$

Проверим условия (11) и (12): $e_a = 0,263 \text{ м} < \frac{1}{3}b = \frac{1}{3} \cdot 1,5 = 0,5 \text{ м}$. Условие

(11) выполняется. Максимальное давление под подошвой фундамента:

$$p_{\max} = \frac{2 \cdot 1274,25}{3 \cdot 1,5(1,5/2 - 0,263)} = 1162,9 \text{ кПа} < p_b = 1254,315 \text{ кПа}. \quad \text{Условие (12)}$$

также удовлетворяется. Следовательно, частичный отрыв допускается. При этом вертикальная составляющая силы предельного сопротивления несущего слоя грунта:

$$N_{u,eq} = 0,5 b_c l p_b = 0,5 \cdot 1,263 \cdot 1,5 \cdot 1254,315 = 1188,15 \text{ кПа}.$$

Принимая для грунтов II категории и для здания III уровня ответственности коэффициенты $\gamma_{c,eq} = 0,8$ и $\gamma_n = 1,1$, проверим условие (1):

$$N_a = 1247,25 \text{ кН} < 0,8 \frac{1188,15}{1,1} = 864,1 \text{ кН}. \quad \text{Условие не выполняется.}$$

Несущая способность основания не обеспечена. Принимаем решение увеличить размеры подошвы фундамента до размеров $1,8 \times 1,8 \text{ м}$. Тогда

$$N_a = 1200 + 20 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \cdot 1,65 = 1306,92 \text{ кН};$$

$$e_a = \frac{419,0}{1306,92} = 0,32 \text{ м};$$

$$b_c = 1,5(1,8 - 2 \cdot 0,32) = 1,74 \text{ м};$$

$$p_o = 1236,09 \text{ кПа};$$

$$p_b = 1236,09 + 0,75 \cdot 18 \cdot 1,8 \cdot (6,5 - 0,4 \cdot 14) = 1238,28 \text{ кПа};$$

$$N_{u,eq} = 0,5 \cdot 1,74 \cdot 1,8 \cdot 1238,28 = 1939,14 \text{ кПа}.$$

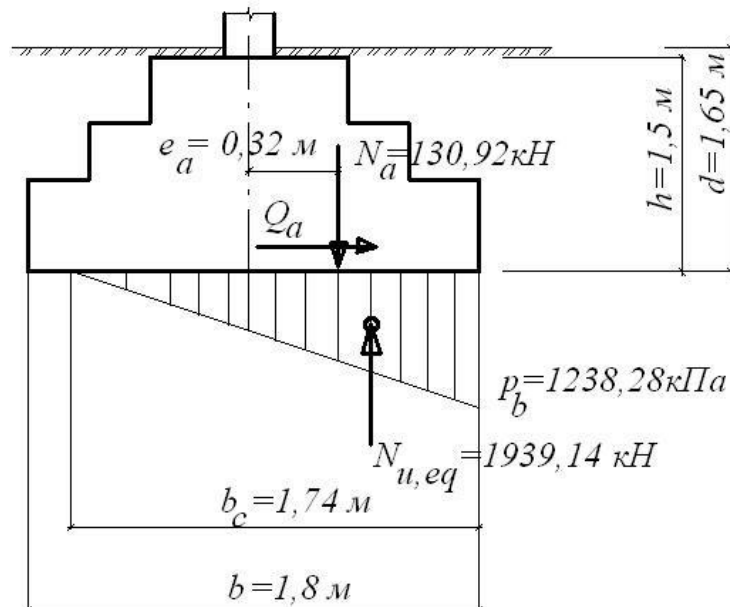


Рис.9. Расчетная схема основания и фундамента.

Проверим условие (1): $N_a = 1306,92 \text{ кН} < 0,8 \frac{1939,14}{1,1} = 1410,29 \text{ кН}$.

Условие выполняется. Несущая способность основания по первой группе предельных состояний при размерах подошвы фундамента 1,8 1,8 м обеспечена.

2) *Расчет фундамента на сдвиг по подошве от действия горизонтальной нагрузки при особом сочетании нагрузок.*

Используем формулу (7):

$$Q_a = 76 \text{ кН} < \frac{0,8}{1,1} \left[1306,92 \cdot \operatorname{tg}(24^0 - 7^0) + 10 \cdot 1,8 \cdot 1,8 \right] = 314,15 \text{ кН}.$$

Условие выполняется. При заданных нагрузках и размерах подошвы фундамента сдвига не происходит.

Исходные данные для решения задачи

Вариант соответствия с номером в списке)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Расчетная сейсмичность площадки	7	8	9	8	9	7	7	8	9	8	7	9	7	9	8	7	8	9	7	8	7	8	7	9	8	9	8	7	8	9	7
Категория грунта	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	II
Нагрузки на обреза при особом сочетании N_f^s, кН	1500	2000	1800	1200	1400	950	800	1250	1900	1550	2050	1850	1250	1450	1000	850	1300	1950	1600	2100	1900	1300	1500	1050	1350	1450	1220	1150	1310	1470	1600
M_f^s , кН*м	150	103	120	75	50	175	90	155	105	125	80	55	180	95	160	110	130	85	60	185	100	165	115	135	90	100	105	110	115	120	125
Q_f^s , кН	50	60	45	70	65	30	66	52	62	47	72	67	32	68	54	64	49	74	69	34	70	56	66	50	75	54	59	64	49	45	60
Глубина заложения фундамента d, м	1,9	1,65	1,95	2,3	2,55	3,2	4,2	1,95	1,7	2,0	2,35	2,6	3,25	4,25	2,0	1,75	2,05	2,4	2,65	3,3	4,3	2,05	1,8	2,1	2,45	2,45	2,30	2,10	4,1	2,4	2,9
Высота фундамента h, м	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	0,9	1,5	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	0,9	1,5	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	0,9	1,5	1,2	1,8	2,1	2,4	2,1	1,8	1,5	2,4	2,1	1,8
Размеры подошвы фундамента в расчетном направлении b, м	1,5	1,8	2,4	2,1	3,0	3,6	2,7	1,6	1,9	2,5	2,2	3,1	3,7	2,8	1,7	2,0	2,3	3,2	3,8	2,9	2,5	3,4	3,5	2,0	2,8	3,2	2,4	2,2	2,5	2,7	3
Размер подошвы фундамента в направлении перпендикулярном расчетному l, м	1,5	1,8	2,4	2,1	3,0	3,6	2,7	1,6	1,9	2,5	2,2	3,1	3,7	2,8	1,7	2,0	2,3	3,2	3,8	2,9	2,5	3,4	3,5	2,0	2,8	3,2	2,4	2,2	2,5	2,7	3
Расчетный угол внутреннего трения несущего слоя грунта, ϕ_l , град	26	19	20	25	30	16	36	27	27	20	21	26	31	17	37	25	22	30	19	29	24	30	23	28	29	25	26	24	28	27	29
Расчетное удельное сцепление грунта C_l , кПа	10	30	18	2	15	11	24	11	31	19	10	16	12	25	12	32	20	11	17	13	26	13	33	21	12	15	21	22	14	18	23
γ_l γ_r кН/м ³	17	18	19	20	19,8	18,5	16,0	17,2	18,2	19,2	20,2	20,0	18,7	16,2	17,5	18,5	19,5	20,5	20,4	19,0	16,8	17,8	18,8	20,0	18,8	18,5	19,2	17,9	19,1	18,8	17,8
Уровень ответственности здания	I	II	III	I	II	III	II	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	I	II	III	I	II	III

Требуется произвести расчет основания фундамента мелкого заложения при особом сочетании нагрузок (с учетом сейсмических воздействий).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Милютин, А.Г. Геология: учебник для СПО / 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд. Юрайт, 2016. — 543 с.
2. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. (Актуализированная редакция СНиП II-7-81).
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений (Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*).
4. СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
5. Основания и фундаменты: Справочник/ Г.И. Швецов, И.В. Носков, А.Д. Слободян, Г.С. Госькова; Под ред. Г.И. Швецова. — М.: Высшая школа, 1991. — 383 с.
6. Основания, фундаменты и подземные сооружения/ М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.; Под. общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.В. Трофименкова. М: - Стройиздат, 1985. — 480 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.03.01 Строительство
Проектирование зданий

Квалификация
Форма обучения

бакалавр
очная

Ставрополь

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях»	3
ЧТЕНИЕ УЧЕБНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ	5
ЛЕКЦИИ	6
КОНСУЛЬТАЦИИ, ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ	7
СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ	7
ЗАЧЕТ С ОЦЕНКОЙ	8
Основная литература	8
Дополнительная литература.....	8
Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине	9

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях»

В результате изучения дисциплины «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях» студенты должны:

знать: современные проблемы науки и техники, формы и методы научного познания; основные физические законы и их использование в области механики, теплотехники в применении к профессиональной деятельности; состав рабочей документации, необходимой для технико-экономического обоснования проектного решения; основные типы фундаментов мелкого заложения, свайных фундаментов и фундаментов глубокого заложения;

уметь: решать задачи инженерной геологии, читать и строить геологическую графику, решать задачи искусственной мелиорации грунтов; проводить анализ и оценку прочности, деформативности, долговечности, надежности и экономичности конструкций на всех стадиях, включая проектирование и эксплуатацию в особых условиях;

владеть: навыками определения физико-механических свойств грунтов, их строительной классификации; навыками использования нормативной литературы для проектирования оснований фундаментов гражданских зданий; способностью к разработке методов оценки надежности, долговечности и безопасности зданий; навыками выполнения технической

документации, оформления проектно-конструкторских работ в виде рабочих чертежей и расчетных схем по проектируемым конструкциям.

В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы следующие компетенции:

ПК-3 – способен выполнять анализ процессов и контроль качества в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения;

ПК-6 – способен выполнять разработку и согласование технических решений и проектной документации в области механики грунтов и фундаментостроения.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, самостоятельное изучение необходимых нормативных материалов, готовность к выполнению практических работ, контрольной работы в течение семестра, а также подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента (СРС), всего 76 час	Разделы дисциплины, часы			
	1-16 раздел, 16 часов	17-27 раздел, 16	28 раздел, 18 часов	29 раздел, 3 часа
Повторение лекционного материала	16	-	-	-
Подготовка к практическим занятиям	-	16	-	-
Выполнение КР	-	-	22	-
Подготовка к зачету	-	-	-	22

Для подготовки к аудиторным занятиям и самостоятельной работе по дисциплине студентам необходимо учитывать следующие рекомендации:

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка

	терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
Практические занятия	Решение предложенных задач или выполнение заданий по вариантам, конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
Контрольная работа	Выполнение выданного задания с использованием предложенных материалов в учебно-методических рекомендациях и источниках
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

Основной формой обучения студента является самостоятельная работа над учебным материалом, которая состоит из следующих элементов:

- изучение материала по методическим указаниям,
- решение задач и самопроверка.

Кроме того, студент может обращаться к преподавателю с вопросами для получения консультации. Указания студенту по текущей работе даются также в процессе анализа самостоятельных работ. Однако студент должен помнить, что только при систематической и упорной самостоятельной работе помощь преподавателя будет достаточно эффективной. Завершающим этапом изучения разделов курса «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях» является экзамен.

ЧТЕНИЕ УЧЕБНЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

1. Изучая материал по учебным методическим указаниям, следует переходить к следующему вопросу только после правильного понимания

предыдущего.

2. Особое внимание следует обращать на определение основных понятий, необходимо подробно разбирать примеры, которые поясняют определения, и уметь приводить аналогичные примеры самостоятельно.

3. При изучении материала по учебным методическим указаниям полезно вести конспект, в который рекомендуется выписывать определения, формулировки и т.п. На полях конспекта следует отмечать вопросы, выделенные студентом для получения консультации преподавателя.

4. Письменное оформление работы студента имеет исключительно важное значение. Записи в конспекте должны быть сделаны чисто, аккуратно и расположены в определенном порядке. Хорошее внешнее оформление конспекта по изученному материалу не только приучит к необходимому в работе порядку, но и позволит избежать многочисленных ошибок, которые происходят из-за небрежных, беспорядочных записей.

5. Выводы рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы при перечитывании конспекта они выделялись и лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает в работе составление листа, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы дисциплины (опорные конспекты, интеллект-карты, информационные карты). Такой лист не только помогает запомнить формулы, но и может служить постоянным справочником для студента.

ЛЕКЦИИ

Во время проведения лекционного занятия все студенты ведут конспект лекций, который ориентирован на одновременную со слушанием мыслительную переработку материала. Цель лекционных занятий – обратить внимание на общую схему построения соответствующего раздела, темы дисциплины, раскрыть их содержание, подчеркнуть важнейшие места, указать главные практические приложения теоретического материала, подробно рассмотреть отдельные вопросы программы, отсутствующие или

недостаточно полно освещенные в рекомендуемых пособиях. При конспектировании лекций необходимо учитывать рекомендации преподавателя по методике конспектирования, правильному оформлению записей.

КОНСУЛЬТАЦИИ, ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАНЯТИЯ

Если в процессе работы над изучением теоретического материала или при решении поставленных задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся (неясность терминов, сомнения в правильности ответов на вопросы для самопроверки и др.), то он может обратиться к преподавателю для получения от него консультации.

С целью более полного усвоения материала проводятся дополнительные занятия.

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Оценочные средства для текущего контроля направлены на проверку знаний и умений, являющихся основой формирования компетенции «владеть методами количественного анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования».

ЗАЧЕТ С ОЦЕНКОЙ

1. На зачете выясняется, прежде всего, отчетливое усвоение всех теоретических и практических вопросов программы и умение применять полученные знания к решению практических задач.

2. Определения, правила должны формулироваться точно и с пониманием существа дела; решение задач в простейших случаях должно выполняться без ошибок и уверенно; всякая письменная и графическая работа должна быть выполнена аккуратно и четко. Только при выполнении этих условий знания могут быть признаны удовлетворяющими требованиям, предъявляемым программой.

3. При подготовке к зачету с оценкой учебный материал рекомендуется повторить по учебнику и конспекту.

В процессе подготовки к занятиям по дисциплине и самостоятельной работе необходимо ориентироваться на следующие учебные пособия, учебники.

Основная литература

1. Мартемьянов, А. И. Проектирование и строительство зданий и сооружений в сейсмических районах : учеб. пособие / А. И. Мартемьянов. - М. : Стройиздат, 1985. - 255 с. : ил. - Гриф: Доп. МО. - Библиогр.: с. 242-251.
2. Платов, Н. А. Инженерно-геологические изыскания в сложных условиях : монография / Н. А. Платов, А. Д. Потапов, Н. А. Лаврова. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. — 130 с. — ISBN 978-5-7264-0519-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/16390.html>.

Дополнительная литература

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
2. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
4. Передельский, Л. В. Инженерная геология: учебник / Л. В. Передельский, О. Е. Приходченко. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 448 с.
5. Ананьев, В. П. Инженерная геология: учебник для вузов / В. П. Ананьев, А. Д. Потапов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2000. – 511 с.
6. Добровольский, В. В. Геология. Минералогия, динамическая геология, петрография: учебник для вузов / В. В. Добровольский. – М.: ВЛАДОС, 2008. – 320 с.
7. Геология: учебник для вузов / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – 5-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 448 с.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине

1. Методические указания к практическим работам по дисциплине

«Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях» для студентов по направлению подготовки 08.03.01 «Проектирование зданий» очной формы обучения.

2. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Обеспечение устойчивости зданий и сооружений в особых условиях» для студентов по направлению подготовки 08.03.01 «Проектирование зданий» очной формы обучения.